



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp

Handelshøyskolen (HH)

Veileder: Joachim Scholderer

Mot datadrevet bærekraftsstyring: En casestudie for å beregne utslipp, identifisere kritiske faktorer og simulere effekten av tiltak i en forsyningskjede

Markus Sparre & Amalie Christine Leiknes

Økonomi og Administrasjon (Siviløkonom), Business Analytics

Sammendrag

Transport av varer er en betydelig bidragsyter til klimagassutslipp på grunn av et stort volum av varer som fraktes med blant annet fly, båt og lastebil. I dette prosjektet fokuseres det på å utvikle mulige tiltak for å redusere utslipp knyttet til denne aktiviteten hos en bedrift, og å vise hvordan metoden som er brukt kan skaleres og generaliseres. Tre forskningsspørsmål undersøkes, som inkluderer om utslippsdata i en nåsituasjon kan beregnes, analyse av utslippsdrivere, og estimering av utslipp i alternative scenarier. I studie 1 er det laget en modell for utregning av CO₂e basert på data direkte fra et ERP-system. ERP-data er videre blitt komplementert med informasjon fra intervjuer med bedriften og standardverdier fra tidligere forskning. Det er i studie 2 laget seks hovedscenarier som undersøker effekten av forskjellige typer drivstoff, transportmikser og distanser. Det er også blitt laget flere delscenarier for å utforske ulike grader av gjennomførelse av tiltak. Resultatene fra scenarioanalysen viser at bedriften har et stort potensiale for karbonreduksjon. Utslipp knyttet til kg CO₂e til bedriften er målt til å være omtrent 117.000 i dagens situasjon. Det scenariet med høyest potensiell reduksjon viser at bedriftens utslipp kan reduseres til omtrent 30.000 kg CO₂e, som tilsvarer 74%. Gjennom dashbord, blir nåsituasjonen til bedriften presentert, i tillegg til scenarier og hvilke utslag disse potensielt vil gi. Dashbordene gjør det også mulig for bedriften å filtrere dataene ned til geografiske områder, produkter, materialer eller transportmetoder for å gjennomføre en detaljert situasjonsanalyse.

Nøkkelord - Forsyningskjede, Karbonregnskap, Scenarioanalyse

Summary

Transport of goods is a major contributor to greenhouse gas emissions due to a large volume of goods that are transported by plane, boat and lorry, among other things. This project focuses on developing possible measures to reduce emissions, and to show how the method used can be scaled and generalized. To solve the problem, three research questions are investigated. This includes if the calculation of emission data in a current situation is possible, analysis of emission drivers and estimation of emissions in alternative scenarios. In study 1, a model has been created for calculating CO₂e based on data directly from an ERP system. ERP data has also been complemented with information from interviews with the company and standard values from previous research. In study 2, six main scenarios have been created. These examine the effect of different types of fuel, transport mixes and distances based on historical data. Multiple sub-scenarios have also been created to explore different degrees of implementation of measures. The results from the scenario analysis show that the company has great potential for carbon reduction. Emissions for the company are measured to be approximately 117,000 kg CO₂e in the current situation. The best scenario shows that the company's emissions can be reduced to approximately 30,000 kg CO₂e, which corresponds to a reduction of 74%. Through dashboards created in Celonis, the current situation of the company is presented, in addition to scenarios and what results these will potentially have. The dashboards also make it possible for the company to filter the data down to geographical areas, products, materials or transport methods in order to carry out a detailed situational analysis.

Keywords - Supply Chain, Carbon Accounting, Scenario Analysis

Forord

Denne oppgaven er skrevet som en del av masterprogrammet i Økonomi og Administrasjon under spesialiseringen Business Analytics, ved Handelshøyskolen ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven har gitt oss bedre forståelse for analyseteknikker innenfor store datasett i en forretningskontekst, beregning av CO₂e og hvordan man kan jobbe for å skape god beslutningsstøtte til strateger.

Oppgaven er utviklet i samarbeid med en bedrift, der vi vil takke nøkkelpersoner som har gitt oss god støtte og veiledning underveis. En stor takk rettes også til bidragsytere til plattformer som OpenStreetMap, OpenRouteService, Graphhopper og OpenRailRouting for å publisere og tilgjengeliggjøre informasjon om multimodale transportnettverk og metoder innenfor rutekartlegging. Deres bidrag til tilgjengeliggjøring av informasjon har inspirert oss, og vi er glade for å ha kunnet ta nytte av deres verktøy i arbeidet vårt.

Vi vil også takke vår veileder, Joachim Scholderer, for kritisk veiledning, støtte og gode innspill hele veien. Joachims innsikt har vært nyttig for å presisere retningen til prosjektet og hvordan vi kunne analysere funnene i en forretningskontekst.

Ås, 15. mai 2023

Markus Sparre

Amalie Christine Leiknes

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	i
Summary	ii
Forord	iii
Liste over figurer	vii
Liste over tabeller	viii
Forkortelser	ix
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Studiens formål og bidrag	3
1.4 Oppgavestruktur	4
2 Tidligere forskning	5
2.1 Av-karbonisering i organisasjoner	5
2.1.1 GHG-protokollen	8
2.1.2 GLEC-rammeverket	12
2.1.3 Utslippsfaktorer	15
2.2 Analyse av lavutslipps-scenarioer	19

3	Forskningsspørsmål og empirisk tilgang	22
3.1	Forskningsspørsmål	22
3.2	Casekontekst	23
3.3	Avgrensninger	23
3.4	Prosjektgjennomføring	24
4	Studie 1: Nåsituasjonen	26
4.1	Metode	26
4.2	Resultater	33
4.2.1	Totalutslipp knyttet til transport	33
4.2.2	Utslippsdrivere	35
5	Studie 2: Lavutslipps-scenarioanalyse	38
5.1	Metode	38
5.1.1	Utarbeidelse av scenarioer	38
5.1.2	Rute- og distanseutregning	40
5.1.3	Statistisk signifikans	50
5.2	Resultat	52
5.2.1	Scenario 1	52
5.2.2	Scenario 2	53
5.2.3	Scenario 3	53
5.2.4	Scenario 4	54
5.2.5	Scenario 5	55
5.2.6	Scenario 6	56
5.2.7	Samlet resultat	57
6	Diskusjon	60
6.1	Tolkning	61
6.1.1	Forskningsspørsmål 1: Beregning av utslipp hos bedriften	61

6.1.2	Forsknings spørsmål 2: Utslippsdrivere	61
6.1.3	Forsknings spørsmål 3: Scenarioanalyse	62
6.2	Implikasjoner	62
6.3	Begrensninger	64
6.3.1	Analyse av data	64
6.3.2	Utslippsfaktorer og metode for beregning	64
6.3.3	Distanseberegning	66
7	Konklusjon og anbefalinger	68
7.1	Konklusjon av prosjektet	68
7.2	Anbefalinger	70
7.3	Videre arbeid	74
 Vedlegg		
A	Standardverdier	85
B	Dokumentasjon av simulering	89
B.1	Oversikt over simuleringer	89
B.2	Datsett	89
B.3	Gjennomføring av simulering	91
C	Underkategorier i Scope 3 - GHG-protokollen	96

Figurer

4.1	Datamodell i Celonis	27
4.2	Oversikt, dashbord visualisering	33
4.3	Organisasjonell oversikt, dashboard visualisering	34
4.4	Geografisk oversikt, dashboard visualisering	36
4.5	Utvikling, dashboard visualisering	36
5.1	Modellsammenligning	43
5.2	Sektordiagram	48
5.3	Leveringer gjort med fly og båt fra Frankrike	49
5.4	Resultat av å endre transportmiks	52
5.5	Resultat av å øke LF med 20%	54
5.6	Resultat av å optimalisere	55
5.7	Resultat av å endre drivstofftype	55
5.8	Resultat av å utnytte nettverk og endre transportmiks	56
5.9	Resultat av å endre drivstofftype	57
5.10	Utvikling i CO2e-utslipp i 2022, per scenario	59
7.1	Case analyse	71
7.2	Organisasjons analyse	71
7.3	Oversikt	72

Tabeller

4.1	Tabeller fra SAP	28
5.1	Utslippsfaktorer med definert LF	42
5.2	Resultattabell: totale utslipp i scenarioer	58
A.1	Veitransport, diesel: utslippsfaktorer	86
A.2	Veitransport, alternative drivstoff: utslippsfaktorer	87
A.3	Skipstransport: utslippsfaktorer	87
A.4	Flytransport: utslippsfaktorer	88
A.5	Jernbanetransport: utslippsfaktorer	88
B.1	Alle leveringer	90
B.2	Alle ruter	90
B.3	Alle alternative ruter	91

Forkortelser

API Application Programming Interface / programmeringsgrensesnitt

CO₂ Karbondioksid

CO_{2e} Karbondioksid ekvivalenter

EU Europeiske Union

GCD Great Circle Distance

LF Load Factor

LSP Logistic Service Provider

tkm Tonnkilometer

WTW Well-to-wheel (= TTW + WTT)

Kapittel 1: Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Det er en generell konsensus blant klimaforskere at det er mennesker som har skapt den nylige globale oppvarmingen siden midten av det 20 århundret (Cook mfl., 2016). Dette er et resultat av blant annet utslipp av karbon som akkumulerer i atmosfæren, som forårsaker konsentrasjonen til å vokse med tiden. I følge Greene (2023) står transport av varer for 8% av totale utslipp. Disse utslippene avhenger av etterspørsel, som vokser i takt med verdensbefolkningen (Bolland & Nord, 2020, s. 7). For å begrense utslippene har blant annet Parisavtalen blitt inngått, der alle land er forpliktet til å kutte utslipp slik at det ikke blir mer enn 2 grader varmere innen år 2100 (FN-sambandet, 2022, 22. desember).

Dette kan ha stor innvirkning på bedriftene som vil måtte tilpasse driften for å sørge for en positiv sosial og miljømessig innvirkning på samfunnet. Med et stadig økende rapporteringskrav må bedrifter beregne og analysere sine klimagassutslipp, slik at de kan kartlegge muligheter for reduksjon og forbli konkurransedyktige. For å gjøre dette, er det nødvendig at selskapene får bedre innsikt om egne karbonutslipp. Dette kan gjøres gjennom utarbeidelse av et karbonregnskap, som fokuserer på evaluering og overvåkning av karbonutslipp på alle nivåer i en verdikjeden, og hvilke effekter utslippene har på økosystemet. Fremveksten av *Big Data* gjør det mulig for ledere å observere, i sanntid, de viktigste faktorene for utslipp i bedriften. Dette legger tilrette for raskere identifisering av problemer og kan hjelpe bedrifter med å

kontinuerlig justere strategien for å møte bærekraftsmålene.

1.2 Problemstilling

Med økt fokus på bærekraft og større bevissthet omkring hvilken påvirkning selskaper har på miljøet, er det blitt stadig viktige for selskaper å implementere målrettede bærekraftsinitiativer. En måte selskaper kan gjøre dette på er å utnytte data for å finne områder som er egnet for forbedringer og å måle effekten av de bærekraftsinitiativene som blir utført. Men til tross for den potensielle gevinsten av datadrevne bærekraftsinitiativer, sliter mange selskaper med å nyttegjøre seg av data for å implementere effektive bærekraftsinitiativer.

Problemstillingen som studiet forsøker å løse er derfor:

"Hvordan kan selskaper ta i bruk data for å forbedre sine bærekraftsinitiativer?"

Behovet for at selskaper gjennomfører bærekraftsinitiativer og har fokus på bærekraft i sitt daglige arbeid har blitt stadig viktige de siste årene, ettersom effektene av klimaendringer har blitt tydeligere. Selskaper som ikke klarer å tilpasse driften etter samfunnets krav om bærekraft risikerer ikke bare å tape kunder, men også at myndigheter innfører reguleringstiltak og økonomiske sanksjoner mot bedriften. På den andre siden kan selskaper som klarer å redusere sin miljøpåvirkning oppnå kostnadsbesparelser, høyere etterspørsel og økt interessentengasjement.

Datadrevne bærekraftsinitiativer gjør det mulig for bedriftene kartlegge hvilke områder forbedringer kan bli utført og å gjennomføre de initiativene

som gir størst verdi. Manglende bevissthet rundt hvordan data kan brukes til å utføre de tiltakene som gir størst verdi innebærer suboptimale løsninger, som gjør at bedriftene ikke når egne bærekraftsmål. Ved å adressere interne utfordringer og utvikle effektive strategier ved å utnytte data kan selskapene realisere betydelige fordeler og dermed bidra til å skape en mer bærekraftig fremtid.

1.3 Studiens formål og bidrag

Formålet med denne studien er å undersøke hvordan selskaper kan bruke data for å forbedre sine bærekraftsinitiativer innenfor forsyningskjeden. I studien vil et selskaps nåværende utslipp bli estimert og det vil gjennomføres simulasjoner for å forstå hvilke utslippsdrivere som har størst potensiale for å redusere selskapets utslipp. Ved å identifisere de mest effektive tiltakene kan selskapet utvikle strategier for å implementere disse i sin forsyningskjede. For å oppnå dette formålet er studien basert på en kvantitativ arbeidsmetodikk. Dette inkluderer beregning av utslipp i selskapets nåsituasjon og gjennomføring av simuleringer.

Funnene fra denne studien vil være nyttig for organisasjoner som bedriver frakt av varer. De vil kunne være nyttige på tvers av industrier, men også for myndigheter og forskere som ønsker å fremme bærekraftsinitiativer. Resultatene fra studien vil kunne brukes for å gi økt forståelse for hvilken innvirkning ulike tiltak har på reduksjon av utslipp.

1.4 Oppgavestruktur

I tråd med problemstillingen har oppgaven blitt strukturert på følgende måte.

- Kapittel 2 gir et overblikk av av-karbonisering, karbonregnskap og estimering av utslipp fra litteraturen.
- Kapittel 3 diskuterer metodikken bak valgt arbeidsmetode og presenterer prosjektbeskrivelsen, herunder forskningsspørsmålene, planlegging av prosjektet og gjennomføring.
- Kapittel 4 presenterer metodikk, rammeverk og resultat fra utregning av karbonutslipp i nåsituasjonen.
- Kapittel 5 presenterer metodikk, rammeverk og resultat fra utregning av karbonutslipp i alternative scenarioer.
- Kapittel 6 diskuterer funn fra nåsituasjonen og scenarioanalysen.
- Kapittel 7 trekker konklusjoner og gir en anbefaling for veien videre.

Videre, gjengir Vedlegg A flere utslippsfaktorer knyttet til lastebil-, fly-, skips- og togtransport, mens vedlegg B gir en oversikt over datatabeller og pseudokode tilknyttet simuleringer. Vedlegg C gir en oversikt over alle underkategorier i *Scope 3* av bærekraftsrapportering.

Kapittel 2 Tidligere forskning

2.1 Av-karbonisering i organisasjoner

EU-reguleringer

Da globale klimaendringer representerer en av de største utfordringene for samfunnet er det et økende press fra interessenter for å iverksette tiltak for reduksjon av klimagassutslipp i organisasjoner (FN, 2023). 'Grønn giv' er en strategi for grønn vekst som skal sikre et mer bærekraftig og konkurransedyktig Europa, og ble lagt frem av EU-kommisjonen i 2019 (Miljødirektoratet, 2021). I grønn giv har EU et mål om at forbruket av ressurser skal være innenfor planetens tåleevne. For å faktisk kunne nå målene som er satt og gjennomføre en overgang til sirkulær økonomi, må ulike virkemidler tas i bruk: blant annet standardisering, nye investeringer, innovasjon og overvåkning. I følge Miljødirektoratet (2022) må da forbrukere få mulighet til å ta miljøriktige valg. For å bidra i arbeidet med å redusere karbonutslipp har det blitt innført flere reguleringer i EU, som medfører strengere krav om kartlegging og rapportering av klimagassutslipp (PWC, 2022). Et nyere vedtatt bærekraftsdirektiv, CSRD, innebærer at flere bedrifter må utarbeide en bærekraftsrapport. Her må det blant annet inkluderes planer for å sikre begrensning av global oppvarming i tråd med Paris-avtalen, utarbeidede mål relatert til bærekraftstyring og viktige faktorer i verdikjeden som kan ha negative påvirkninger på miljøet (PWC, 2022).

Bærekraftsrapportering

Å gjennomføre en bærekraftsrapportering kan hjelpe med å forstå hvilke aktiviteter i en bedrift som er utslippsdrivere og bruke dette som kvantifiserbare mål for å tilrettelegge for av-karbonisering. En viktig del av bærekraftsrapportering er å utføre et karbonregnskap, som er en metode for å kalkulere hvor mye utslipp av karbondioksid en bedrift er ansvarlig for (Delubac, u.å.). Gjennom et karbonregnskap kan man analysere målte karbondata og følge med på utlippene over tid, enten i en bedrift som en helhet, eller i enkelte prosesser. Fremgangsmåten for utregning av karbonutslipp i et karbonregnskap avhenger av hvilke prosesser det er interessant å måle, der det er blitt definert tre typer *Scope* for å kunne avgrense utslippskilder i en bedrift. Disse er utviklet under GHG protokollen. *Scope 1* er direkte utslipp som kommer fra kilder kontrollert eller eid av en bedrift, for eksempel et transportmiddel eller en maskin. *Scope 2* er indirekte utslipp fra blant annet strøm som blir brukt i bedriften, kjølegasser, oljefyring og fjernvarme. *Scope 3* inkluderer alle andre indirekte utslipp, for eksempel gjort gjennom nedstrøms transport i verdikjeden (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2004, s. 25). Det å redusere utslipp i interne operasjoner kan allerede være en utfordring for mange bedrifter og *scope 3* øker kompleksiteten da det krever tett oppfølging mellom kunder, leverandører og andre interessenter (Spiller, 2021). I en rapport fra World Economic Forum (2021) beskrives tiltak gjort i *scope 3* som et vendepunkt i jobben med å redusere en bedrifts klimaavtrykk, da disse utlippene kan stå for en betydelig andel av totale utslipp i en bedrift.

Utfordringer med *Scope 3*-rapportering

Selv om det er et stadig økende behov for å rapportere utslipp av drivhusgasser også i *Scope 3*, er det få bedrifter som faktisk utarbeider og publiserer rapportene sine (CE Delft mfl., 2014, s. 53-55). Dette kan være på grunn av at det er en kompleks og kostbar prosess som ofte inneholder sensitiv informasjon, samt at det fortsatt mangler insentiv og motivasjon til å faktisk gjennomføre rapporteringen. Spesielt for mindre selskaper, kan ekspertisen som kreves for å utarbeide en bærekraftsrapport mangle, som gjør dette til en dyr prosess. Videre kan det være store mangler på data, spesielt på data som gjelder leverandører og kunder, slik at det ikke er mulig å utarbeide en rapport med primærdata (Kaplan & Ramanna, 2022, 12. april; Transporeon Sustainability, 2023). I rapportering av *Scope 3*-aktiviteter er det derfor åpnet opp for at bedriften kan bruke gjennomsnittsverdier fra bransjen istedenfor primærdata. Dette åpner opp for stor frihet og risiko for grønnvasking. Imidlertid kan rapporteringskravene endres i fremtiden, der en felles standard for utregning av *Scope 3*-utslipp kan begrense bedriftens muligheter til å tilpasse rapporten til egne prioriteringer.

Beregningsmetode for karbonutslipp

Ifølge CE Delft mfl. (2014, s. 31-33) finnes det tre grunnleggende metoder å beregne karbonutslipp. Den første metoden er enkel og krever begrenset med data: faktisk vekt på levering, faktisk transportert distanse og spesifikk utslippsfaktor. Data om vekt og distanse kan komme direkte fra transportselskapet sine aktiviteter, mens utslippsfaktorer kan finnes i offentlige og private databaser eller studier. Utslippsfaktoren tilpasses lokale forhold slik at valg av transportmetode brukes for å finne standardverdier. Kvaliteten på det bereg-

nede karbonavtrykket med denne metoden er sterkt avhengig av kvaliteten på den underliggende dataen. Per nå, finnes det ingen fullstendig standardisert database i EU, men selv om dette skulle komme, vil utslippsfaktorer fortsatt måtte baseres på antakelser. I metode 2 kreves i tillegg data om hvor fullt transportmiddelet er lastet og andelen tomkjøring. Selv om denne metoden krever flere inndata, vil dette også kunne gi en mer nøyaktig utregning av utslipp. I metode 3 er det nødvendig å vite antall kilometer, transportklasse, lastekapasitetens LF og energibruken til transportmiddelet, målt i for eksempel liter bensin. Denne metoden måler energieffektiviteten til ulike transportmidler og gir det mest realistiske karbonavtrykket, men krever også et stort datagrunnlag. På grunn av begrenset datatilgang og tidspress vil den første metoden benyttes i denne oppgaven. Videre vil GHG-protokollen, aktivitetsbasert utslippsanalyse og GLEC-rammeverket bli brukt for å utforske av-karbonisering av *scope 3* utslipp.

2.1.1 GHG-protokollen

GHG-protokollen er en standard for rapportering av utslipp i et klimaregnskap og blir brukt for å identifisere og rapportere utslippskilder (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2004, s. 2). De ni stegene for rapportering av karbonutslipp i *Scope 3* inkluderer følgende (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 19).

1. og 2. Definere forretningsmål og planlegge. Før kalkulasjonen av utslipp faktisk starter, bør bedrifter vurdere hvilke forretningsmål de ønsker å oppnå (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 11). Dette er for å styrke forståelsen et firma

har av sin verdikjede som et steg mot å effektivt håndtere utslippsrelatert risiko og muligheter for å redusere utslippene. Videre i steg 2 er det nødvendig å følge enkelte regnskapsprinsipper for å korrekt kunne utføre en bærekraftsrapportering (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 23). For det første bør det prioriteres å rapportere det som er av størst relevans for bedriften, altså bruke tid og ressurser på faktorene som er mest relevant for utslippene. Videre må også rapporten være så fullstendig som mulig. Det innebærer at alle utslippskilder og aktiviteter innenfor avgrensningen blir redegjort for, eller at det er gjort rede for det man har latt være å rapportere på. En konsistent metodologi er nødvendig for å observere faktisk utvikling over tid, derfor bør alle endringer i data, avgrensninger, metoder eller andre faktorer bli dokumentert. For det første må funn presenteres på en transparent måte, der organisasjonen er åpen om relevante utfordringer til analysen. Videre må også kvantifiseringen av utslippene være presis, der usikkerheter i analysen må være redusert så mye som mulig for å gi analysen integritet.

3. og 4. Identifiser aktiviteter i *scope 3* og avgrens. Innenfor *scope 3* deles utslipp inn i 15 underkategorier, gjengitt i vedlegg C. Det fokuseres i dette prosjektet på indirekte utslipp tilknyttet transport og distribusjon av solgte varer (kategori 9) (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 29, s. 32). For å avgrense, kan vesentlighetsprinsippet følges (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 24). Videre må det settes en grense for hvilke utslipp som skal inkluderes, der det er nødvendig å få oversikt over alle aktivitetene som gjøres i verdikjeden (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011,

s. 59).

5. Samle inn data. Etter å ha satt grensene for hva som skal undersøkes, kan det samles inn data (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 65). Når det skal samles inn data er det stor sannsynlighet for at dette krever bred deltakelse både internt i organisasjonen og eksternt hos leverandører. Det finnes to typer data for å kalkulere *scope 3* utslipp: primærdata og sekundærdata (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 70). Primærdata får man direkte fra målinger i prosessene, mens sekundærdata er data som kan være oppdaget gjennom for eksempel forskningsprosjekt eller gjennomsnitt fra industrien (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 78, s. 83). Da det kan være vanskelig å samle inn primærdata fra kunder og transport-selskaper, kan man bruke flere ulike metoder for å regne ut karbonutslipp. 1) Drivstoffbasert metode, som ser på mengde drivstoff brukt sammen med tilhørende utslippsfaktor, 2) distansebasert metode, som involverer massen, distansen og type transport brukt sammen med tilhørende utslippsfaktor, og 3) forbruksbasert metode, som går inn på hvor mye penger som er brukt på transport sammen med tilhørende utslippsfaktorer (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2013, s. 51).

6. Alloker utslipp. Når det blir brukt primærdata til å regne ut utslipp i verdikjeden, kan det være nødvendig å allokere utslipp mellom de ulike produksjonsutbyttene (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 87). Allokering av utslipp bør bli minimert, da det øker usikkerheten i kalkulasjonen, men er nødvendig når en enkelt fasilitet produserer flere produksjonsutbytter, eller utslipp kun er

kvantifisert for et system som helhet, og man trenger detaljert informasjon om et enkelt produkt. I transportsektoren kan dette være når for eksempel et enkelt kjøretøy blir brukt til å transportere flere produkter (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 93).

7. Sett utslippsmål og observer utslipp over tid. Når en bedrift skal sette seg mål må de bestemme seg for en tidshorisont og hvor dynamisk målet skal være (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 100). Om målet er absolutt åpner ikke dette opp for videre økonomisk vekst, men dette kan gjøres ved å sette mål basert på antall ansatte eller omsetning (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 101). Videre må også målet være kvantifiserbart, slik at det senere kan evalueres opp mot faktisk resultat av endringer i en prosess (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 107). I denne evalueringen kan man benytte seg av blant annet inventarmetoden, der endringer i en organisasjons faktiske utslipp blir sammenlignet til et basisår. For å regne ut utslippene i et basisår eller etter at en endring er gjort, kan man bruke den distansebaserte metoden, uttrykt gjennom følgende formel (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2013, s. 61).

$$CO2e = \sum_1^n (m * km * u) \quad (2.1)$$

Der n er antall leveringer gjort, m er massen i volum eller vekt, km er antall kilometer fraktet, og u er utslippsfaktoren for transportmiddelet. Her kan vekten av forsendelsen og distansen den skal transporteres med utslippsfaktoren kombineres for hver levering.

Det er viktig at metodikken for å regne ut et basisår blir videreført til senere år. Dette betyr ikke at et basisår skal rekalkuleres dersom organisasjonen går gjennom organisk vekst eller reduksjon, men heller at basisåret må rekalkuleres dersom metodikken eller datakvaliteten gjør signifikante endringer i utslippsestimatene (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 106). Uansett om ny data-input kan brukes i kalkulasjon for basisåret eller ikke, må det bli diskutert i rapporten for å sikre transparens.

8. og 9. Kvalitetssikring og rapportering. Ved å foreta en kvalitetssikring legger man tilrette for at nøkkelpersoner i organisasjonen vet at resultatene er konsistente, korrekte, relevante, transparente og fullstendige (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s. 113). Dette kan gjøres internt og av de samme som utførte rapporteringen, men bør gjøres av noen som er uavhengig av og ikke har interessekonflikter med rapporteringsprosessen. Etter kvalitetssikring er det klart for rapportering, som er det siste steget. Her skal en rapport inkludere resultater, beskrivelse av metodologier, allokeringsmetoder og antakelser gjort i utregningene (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2013, s. 121-122). I tillegg til dette må organisasjonen rapportere om usikkerheter knyttet til analysen for å sikre transparens og unngå feiltolkning av data.

2.1.2 GLEC-rammeverket

GLEC-rammeverket er presentert i en rapport fra Smart Freight Centre (2019), og viser metodologier for å identifisere alle relevante utslipp i en bedrifts verdikjede. GLEC-rammeverket består av følgende steg.

1. Sett avgrensninger og mål. Det første steget innebærer å identifisere omfanget av aktiviteter som skal være inkludert i karbonrapporteringen (Smart Freight Centre, 2019, s. 21). Dette kan være å avgrense omfanget til å inkludere karbonutslipp kun fra interne aktiviteter eller å se på verdikjeden. Det må da settes mål for hva som skal oppnås med kartleggingen og resultatet, slik at prosjektet kan planlegges basert på mål. Her må man også bestemme seg for databehov, altså hvilke data man trenger for å kunne gjøre analysen. Det skilles her mellom tilgang på primær-, modellert og standard-data. Primærdata er presis eller aggregert informasjon med god kvalitet, og kan være for eksempel spesifikk måling av mengden drivstoff eller total utlippintensitet for et kjøretøy. Modellert data er data basert på utregninger, der det utvikles algoritmer som baserer seg på input variabler. Algoritmene kan brukes til å gi et anslag på mengden drivstoff som har blitt brukt.

2. Kalkuler tonn-kilometer. For å evaluere transportaktiviteter er det viktig å vurdere tonn-kilometer, heretter omtalt som tkm. Tkm er en måleenhet for godstransport som representerer ett tonn last transportert en kilometer. Dette beregnes basert på forsendelsens vekt i tonn og avstanden forsendelsen ble transportert i kilometer (Smart Freight Centre, 2019, s. 24-25), og kan uttrykkes som.

$$tkm = t * km \quad (2.2)$$

Der t er vekt i tonn og km er antall kilometer transportert. Forsendelsens vekt skal inneholde både produktets vekt og forpakningens vekt. Distansen er målt fra det stedet pakningen blir overlevert til transportøren, helt til det er overlevert til en ny transportør eller til sluttbrukeren. Uforutsette hendelser og at transportøren leverer varer fra/til flere varehus på veien kan gjøre at leveringen ikke blir gjort gjennom optimal rute. For å måle distanse kan man

eksempelvis vurdere følgende alternativer.

Alternativ 1. Faktisk distanse. Basert på en kilometerteller i transportmiddelet kan faktisk distanse registreres per rute (Smart Freight Centre, 2019, s. 24). Dette innebærer at sjåførene gir tilgang til primærdata på hver levering som blir foretatt. I mange tilfeller er ikke dette noe som er tilgjengelig for LSP, og videre heller ikke for bedriften som sender varer. Dette er den beste måten å måle distanse på dersom man skal estimere mengde drivstoff brukt (Davydenko mfl., 2021).

Alternativ 2. *Great Circle Distance.* Metoden beregner avstanden mellom to punkter i en rett luftlinje. Denne er mest brukt innenfor lufttransport, da den ikke kan relateres til faktiske transportruter (Smart Freight Centre, 2019, s. 24). Denne avstanden mellom to punkter på en sfære kan beregnes ved hjelp av Haversines formel (Nichat, 2013). Ved å spesifisere lengdegrader og breddegrader fra to GPS-koordinater kan det beregnes en euklidisk avstand mellom punktene. Gjennom en trigonometrisk funksjon kan haversinen uttrykkes som.

$$d = 2r \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2} \right)} \right) \quad (2.3)$$

Hvor d er distansen mellom de to punktene og r er radius på jordkloden. ϕ_1 og ϕ_2 er henholdsvis lengdegradene til startposisjonen og sluttposisjonen. λ_1 og λ_2 er henholdsvis breddegradene til startposisjonen og sluttposisjonen.

Alternativ 3. *Shortest Feasible Distance.* Ved hjelp fra ruteplanleggingsverktøy kan man finne den korteste mulige veien til destinasjonen (Smart

Freight Centre, 2019, s. 25). I dette alternativet tas det ikke hensyn til faktiske operasjonelle utfordringer som fysiske begrensninger med transportmiddel eller veiarbeid. Metoden er et bedre verktøy enn GCD når det skal brukes til å estimere mengde drivstoff brukt (Davydenko mfl., 2021).

3. Finn utslippsfaktor Etter å ha funnet vekt og distanse, er det nødvendig å finne utslippsfaktoren, som er den tredje variabelen nødvendig for å regne ut karbonutslipp (Smart Freight Centre, 2019, s. 26). Dette vil bli nærmere forklart i delkapittel 2.1.3.

4. Kalkuler CO₂e-utslipp Til slutt kan man konvertere aktivitetsdata om til utslippsdata ved å kombinere vekt, distanse og utslippsfaktor (Smart Freight Centre, 2019, s. 26). Dette gjøres ved å bruke følgende formel.

$$CO_2e = tkm * u \quad (2.4)$$

Der u er utslippsfaktoren. Dette gir altså totale utslipp i kilo på én levering, målt i CO₂-ekvivalenter. Ved å summere utslippene tilknyttet alle leveringer, kan den totale mengden utslipp beregnes.

2.1.3 Utslippsfaktorer

Som beskrevet i GHG-protokollen og GLEC-rammeverket er det nødvendig å finne utslippsfaktorene tilhørende aktivitetsdata. I følge United States Environmental Protection Agency (2022) og World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute (2011, s. 68) er en utslippsfaktor en kvantitativ verdi som forsøker å relatere mengden av et forurensende stoff med tilknyttet aktivitet som fører til utslippet. Disse faktorene uttrykkes vanligvis som vekten av det forurensende stoffet, for eksempel CO₂e, delt på vekt, volum eller avstand. For å regne ut dette selv

kreves det egne studier, enten gjennom kjemiske forsøk, empirisk måling eller ekspertintervjuer (Colbert-Sangree, 2022, 31. oktober). Direkte målinger kan produsere mer nøyaktige kalkulasjoner enn standardverdier, men også disse har usikkerheter som følger med utregningen. Mange bedrifter har utfordringer med å finne detaljert informasjon eller mangler ressurser til å kalkulere utslippsfaktorer. Bedriftene kan da bruke standardverdier frem til man har tilstrekkelig kunnskap og primærdata tilgjengelig. Standardverdier er blitt utarbeidet av flere kilder med varierende resultat, der detaljnivå og fullstendighet på data varierer mellom kildene (Smart Freight Centre, 2019, s. 26). Det kan derfor være nødvendig å bruke flere kilder som kan supplere hverandre. En utslippsfaktor vil avhenge av flere attributter som kan påvirke utfallet av utregningen og som kan si noe om usikkerhet i analysen. Slike attributter kan være type drivstoff benyttet, andel total utnyttet lastekapasitet og andel tomkjøring. Tidligere forskning har med både detaljerte og generelle data om attributter. Datagrunnlaget fra forskningen er presentert i tabell A1 til A5 i vedlegg A. Datagrunnlaget er kategorisert innenfor vei-, skips- fly- og jernbanetransport.

Utslippsfaktorer i veitransport For å beregne *scope 3* utslipp fra veitransport anbefaler GLEC rammeverket å samle inn data om kjøretøyet og dens aktivitet (Smart Freight Centre, 2019, s. 42). I henhold til rammeverket er relevant data som kan samles inn om kjøretøyet for eksempel informasjon om vektklasse, motortype, lastekapasitet, årsmodell og drivstofftype. Data om kjøretøyets aktivitet kan være informasjon om topografi, trafikkforhold, kjørerute og turens lengde. Utslipp relatert til produksjon av kjøretøy er ikke inkludert i GLEC rammeverket (Smart Freight Centre, 2019, s. 41). Nevnte data vil være med på å påvirke utslippsfaktoren til transportmiddelet, og der-

for vil det være nyttig å ha så detaljert informasjon som mulig. Dersom deler av dette informasjonsgrunnlaget mangler i primærdata, kan standardverdier fra blant annet GLEC rammeverket benyttes. Utslippsfaktorer er gjengitt i tabell A.1 i Vedlegg A, der et utvalg kilder er benyttet. For transport over 3,5 tonn som krever temperaturkontroll legges det i GLEC rammeverket til en oppjustering av utslippsfaktoren på 12% (Smart Freight Centre, 2019, s. 107).

Utslippsfaktorer i skipstransport For å beregne *scope 3* utslipp fra skipstransport anbefaler GLEC rammeverket å samle inn data om skipet og skipets aktivitet (Smart Freight Centre, 2019, s. 45). I henhold til rammeverket er relevant data som kan samles inn informasjon om skipstype, IMO nummer, dødvekttonn, kapasitet og drivstofftype. Data om kjøretøyets aktivitet kan innebære informasjon om type last, belastningsfaktor, rute, fart og drivstofforbruk. I motsetning til veitransport som i stor grad er fragmentert finnes det informasjon om skipstrafikk hos IMOs GISIS verktøy. Dersom deler av informasjonsgrunnlaget ovenfor mangler kan standardverdier fra rammeverket benyttes. Utslippsfaktorer er gjengitt i tabell A.2 i Vedlegg A, der et utvalg kilder er benyttet.

Utslippsfaktorer i flytransport For å beregne *scope 3* utslipp fra flytransport anbefaler GLEC rammeverket å samle inn data om flytypen og flyets aktivitet (Smart Freight Centre, 2019, s. 34). I henhold til rammeverket er relevant data som kan samles inn informasjon om flytype, flymodell, kapasitet og motortype. Data om flyets aktivitet kan innebære informasjon om deletapper, avreisested, rute og flyturens lengde. Data knyttet til flytype og aktivitet påvirker utslippsintensiteten for reisen og dermed utslippsfaktoren. Ved mangel på deler av informasjonen kan standard utslippsfaktorer benyt-

tes. GLEC rammeverket bruker to ulike metoder for beregning av utslipp fra flytransport, henholdvis IATA RP1678 eller EN16258 (Smart Freight Centre, 2019, s. 96). Ved bruk av EN16258 legges det til en ekstra ditanse på 95 km grunnet flyets behov for manøvrering i start og slutfasen av reisen (Smart Freight Centre, 2019, s. 33). Det er i tillegg definerte utslippsfaktorer fra flere organisasjoner i tabell A.3 i vedlegg A for å kunne sammenligne disse.

Utslippsfaktorer i jernbanetransport For å beregne *scope 3* utslipp fra jernbanetransport anbefaler GLEC rammeverket å samle inn data om togtypen og togets aktivitet (Smart Freight Centre, 2019, s. 40). I henhold til rammeverket er relevant data som kan samles inn informasjon om togstørrelse, motortype, UIC klasse og drivstofftype. Data om togets aktivitet kan innebære informasjon om deletapper, topografi, lasttype og temperaturkontrollutstyr. Ved mangel på deler av informasjonen kan standard utslippsfaktorer benyttes. GLEC rammeverket tar utgangspunkt i utslippsfaktorer fra EcoTransIT (Smart Freight Centre, 2019, s. 39). Tilgangen på energibruk til jernbaneformål er varierende mellom land. Det samme er utslippsintensiteten i energimiksen som benyttes. Utslippsfaktorer for Europa er gjengitt i tabell A.4 i Vedlegg A

Effekten av *Load Factor* Ifølge McKinnon og Piecyk (2010) vil LF påvirke utslippsfaktorene. Definisjonen på LF er andelen av gjennomsnittlig utnyttet last til total lastekapasitet i tonn (Adra mfl., 2004, s. 21). I noen av utslippsfaktorene gjengitt i tabell A.1, er LF definert, men en mangel på standarder fører til at det er krevende å sammenligne utslippsfaktorene i utvalget. Dette diskuteres nærmere i kapittel 4.

2.2 Analyse av lavutslipps-scenarier

Scenarier er alternative bilder av hvordan fremtiden kan utvikle seg og er et passende verktøy for å analysere hvordan ulike faktorer påvirker fremtidige utslipp. Basert på historiske data kan man gjøre predikasjoner på scenarier og presentere de sammen med sannsynlighetsberegninger. Dette muliggjør at beslutningstakere kan iverksette forebyggende tiltak (Reinkemeyer, 2022, s. 410).

Usikkerhet og variabilitet er to faktorer som forverrer vår evne til å predikere en presis fremtid (Vose, 2008, s. 47). Noen typer usikkerhet er enkle å estimere, som feil i utvalg, mens andre typer kan være vanskelig å identifisere og kvantifisere, som partiske overveier (Frey mfl., 2006, s. 3.10). Etter at International Organization for Standardization (2018) inkluderte usikkerhetsanalyse som et krav for bærekraftsrapportering, er det essensielt å gjøre estimater på usikkerheten i utregningen av karbonutslipp. Sannsynligheten for at et enkelt scenario vil skje som beskrevet er høyst usannsynlig (Nakicenovic & Swart, 2000). Dette er fordi fremtidige karbonutslipp er et produkt av kompliserte dynamiske systemer, bestemt av blant annet demografisk, sosioøkonomisk og teknologisk utvikling, og naturlig variasjon. Naturlig variasjon kan innebære eksempelvis dag-til-dag variasjoner i temperatur og vær. Sosioøkonomisk og demografisk utvikling kan avhenge av usikkerhet i kjøpsevne og befolkningsvekst, som igjen gir usikkerhet i etterspørsel. Innenfor teknologisk utvikling vil fremskritt innenfor utvikling av elektriske fly, biodrivstoff og nye former for energi vil kunne ha stor effekt på muligheter for reduksjon av karbonutslipp. I følge Frey mfl. (2006, s. 3.10) kan noen av hovedgruppene knyttet til usikkerhet defineres som følgende.

- Mangel på fullstendige data. Dette er om måledata ikke er tilgjengelige enten fordi prosessen ikke er fullstendig identifisert enda.
- Mangel på representative data. Dette er usikkerhet knyttet til under hvilke forhold data er blitt målt, sammenlignet med forhold der en aktivitet faktisk skjer. Dette betyr at en data fra en aktivitet kan være tilgjengelig fra målinger i et laboratorium, men at det ikke gjenspeiler faktiske situasjoner.
- Målefeil i data. Dette kan være tilfeldige eller systematiske feil i målingen av data, upresise standarder og rutiner for måling eller feil i standarddata brukt i målingen.
- Manglende data. Kan være forsøkte målinger som ikke har resultert i brukbar data, eller en måte å måle dette på ikke finnes. Da kan man være nødt til å bruke standarddata.

For å beregne sannsynligheten for at scenarioene skjer med potensielle tilfeldige variabler og usikkerhet tilstede, kan man videre benytte seg av en Monte Carlo analyse. En slik analyse er passende der usikkerhetene er store, distribusjonen er unormal, algoritmene er komplekse og det er korrelasjoner mellom aktivitetene eller utslippsfaktorene (Frey mfl., 2006, s. 3.32). Ved å kjøre flere simuleringer der inndata kan variere stort, vil man få et gjennomsnittlig resultat. Dette kan bli gjort for flere inndata samtidig for å finne ut hvordan en endring i inndata vil påvirke resultatet på et gjennomsnittlig basis (Course Sidekick, u.å.). En Monte Carlo simulering er en matematisk teknikk som involverer tilfeldige varianter av sannsynlighetsfordelinger for å modellere utfallet av scenarioer (Vose, 2008, s. 45). Prinsippet er å velge tilfeldige verdier av for eksempel en utslippsfaktor eller andre utslippsparametere fra de individuelle tetthetsfunksjonene, og kalkulere tilsvarende utslippsverdier

for aktiviteten (Frey mfl., 2006, s. 3.33–3.34). Dette er repetert mange ganger ved hjelp av en datamaskin, der resultatene fra hver kalkulasjon utgjør distribusjonen for utslippene. Samtidig må det nevnes at den ikke nødvendigvis utgjør den totale distribusjonen, da en simulering kun gir en omtrentlig verdi (Vose, 2008, s. 63).

Kapittel 3 Forskningsspørsmål og empirisk tilgang

3.1 Forskningsspørsmål

Målet med denne oppgaven er å beregne og analysere karbonutslipp i dagens situasjon, for å så estimere hvordan ulike tiltak påvirker utslippene. Når det nevnes karbonutslipp i dette prosjektet, vil det også inkludere CO₂-ekvivalenter. Tiltakene kan oppsummeres gjennom seks hovedscenarier. Ved hjelp av simuleringer er det blitt estimert utslipp tilknyttet hvert scenario, med formål om å tilrettelegge for datadrevet bærekraftstyring. Estimatenes danner et informasjonsgrunnlag som kan benyttes til å utarbeide strategier for reduksjon av CO₂e hos samarbeidsbedriften. Dette innebærer økt bruk av data i bærekraftsarbeidet, som vil gi større transparens og fullstendighet knyttet til selskapets bærekraftsinitiativer. Ved å dokumentere arbeidsmetodikken i prosjektet skal resultatene kunne gjenskapes og danne et grunnlag for gode estimater i andre selskapers bærekraftsinitiativer. Med bakgrunn i problemstillingen vil det bli gjennomført to studier som besvarer tre forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene er blitt utarbeidet for å gi en dypere innsikt i problemstillingen.

Studie 1.

- Kan det nåværende CO₂e-utslippet koblet til transport i selskapet beregnes?

- Hva er de mest signifikante driverne av karbonutslipp i selskapets varetransport?

Studie 2.

- Hvilke tiltak er mest effektive for å redusere CO₂e-utslippene i transport av varer hos bedriften?

Forskningsspørsmålene vil bli besvart i henholdsvis kapittel 4 og 5.

3.2 Casekontekst

Samarbeidsbedriften er en multinasjonal organisasjon som driver med salg av produkter til distributører. Innenfor prosjektets omfang er det tre fokusland, hvor bedriften har inngått avtaler med logistikkjenesteleverandører (Logistics Service Providers, LSP) for transport av varer. Det er dermed ingen transport av varer som skjer direkte fra bedriften. Bedriften har begrenset tilgang på data fra LSP-ene. Ved transport av varer må LSP'en sørge for et temperaturkontrollert miljø for å unngå ødelagte varer. Dette kan begrense bedriftens muligheter til å gjøre endringer i forsyningskjeden.

3.3 Avgrensninger

Omfanget av analysen inkluderer markedene Frankrike, Marokko og Danmark. Disse markedene ble valgt ut da de har unike karakteristikk som kan påvirke karbonutslippene. De valgte markedene er heterogene når det kommer til størrelse, geografiske krav og tilgang til infrastruktur. Ved å analysere karbonutslipp i ulike land skapes det en mer omfattende forståelse av hvilke faktorer som påvirker utslippene og hvilke tiltak som kan redusere dem.

Transportmetodene innenfor oppgavens omfang er fly, bil, tog og skip, da dette er eksisterende transportmetoder eller noe bedriften er villig til å skifte til. Dataene som er analysert er fra perioden Januar 2022 - November 2022. Dette omfatter i overkant av 180.000 leveranser og 620.000 ordredetalj-linjer. Dette gjelder data som kommer fra nedstrøms transport av varer til kunder.

3.4 Prosjektgjennomførelse

Interessenter fra bedriften ble involvert for å inkludere deres tilbakemeldinger i arbeidet med forskningsspørsmålene og for å regelmessig sammenstille forventninger og avgrensninger i analysen. I tillegg ble de involvert i arbeidet med å definere relevante scenarioer for av-karbonisering, som videre var av stor betydning for sluttleveransen. Etter å ha hatt flere møter med interessenter i bedriften har det blitt gradvis bygget opp en forståelse knyttet til hvordan selskapet er driftet. Dette har bidratt til økt forståelse omkring hvordan forskningsspørsmålene skulle besvares. Fra dette har det blitt laget tre prosjektmål. Mål 1 og 2 vil undersøkes i studie 1, og mål 3 vil undersøkes i studie 2.

1. Beregne utslippsdata: Det er avgjørende for utfallet av prosjektet at data som er underliggende for beregningen er fullstendig og konsis, dermed må det gjøres en grundig analyse av mottatt data før beregninger kan skje. Deretter må beregningsmetode velges ut i fra tilgjengelig data, slik at beregningene av karbonavtrykket kan bli så nøyaktige som mulig.

2. Kartlegge utslippsdrivere: Videre kan man kartlegge de ressursene som kan påvirke utslippene av CO₂e. Hver faktor som inngår i målingen av karbonutslipp bør bli kvantifisert for å se hvordan de påvirker karbonut-

slippet. Dette vil gjøre det tydeligere hvilke tiltak som gir størst effekt på karbonutslippet og kan gjøre det enklere å velge hvilke scenarioer man bør analysere videre.

3. Estimere utslipp i scenarioer: For å gi merverdi og faktisk muliggjøre for bedriften å ta datadrevne valg i arbeidet med CO₂e-reduksjon, er et viktig prosjektmål å kvantifisere effekten av ulike tiltak gjennom scenarioanalyse. Det kan da måles estimert effekt ved implementering av scenarioer, målt mot nåsituasjonen.

Kapittel 4 Studie 1: Nåsituasjonen

4.1 Metode

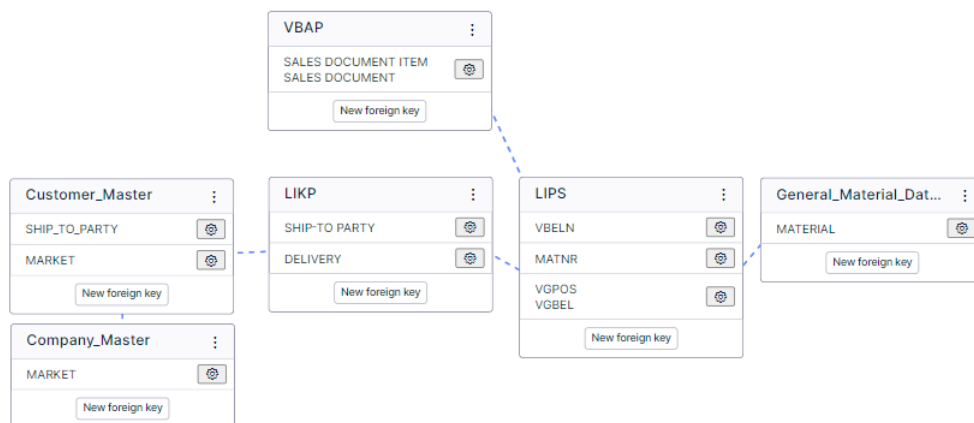
Etter å ha forstått prosjektmålene er neste steg å samle inn data. Det har vært nødvendig å samle inn data inkrementelt. I første omgang ble data hentet fra selskapets ERP-system, for å forstå hvilke data som var tilgjengelig og kvaliteten på denne dataen. Videre måtte det innhentes informasjon fra bedriften og samarbeidspartnere som gikk mer i dybden, eksempelvis informasjon om hvilken klasse lastebil som ble benyttet i leveringene, og tilslutt finne tilhørende utslippsfaktorer. Dette har gjort at datainnsamling har strukket seg over store deler av prosjektet, da det har tatt tid å samle inn nødvendig informasjon.

4.1.1 ERP-data

Data ble hentet ut fra ERP-systemet SAP, som er det mest brukte systemet for kjerneoperasjoner (Ingvaldsen & Gulla, 2008, s. 30). Det ble lastet opp seks datasett direkte i Celonis, som inkluderte i underkant av to millioner rader med selskaps informasjon. Tidsperioden for analysen vår inkluderer data fra 11 måneder, januar-November 2022. Da mottatt data er hentet ut fra det siste året, helt opp til arbeidet med prosjektet startet, anser vi den som svært aktuell.

Datamodell En utfordring om man skal gjøre en analyse av data fra SAP, er at det ikke er definert én måte å lagre alle dokumenter, endringslogger og ressursavhengigheter (Ingvaldsen & Gulla, 2008, s. 33). Dette betyr at flere tabeller må settes sammen basert på ulike nøkler for å kunne lage meningsfulle koblinger. Både relasjoner mellom tabellene og hvilken informasjon tabellene må kartlegges før datamodellen kan konstrueres. Hvilken informasjon som er viktig å ta med er definert gjennom omfanget i prosjektet. Samarbeidsbedriften har gitt tilgang til tabeller fra SAP, som inneholdt selskapets tilgjengelige informasjon tilknyttet ordre og leveringer.

Hver tabell fra SAP inneholder spesifikk informasjon relatert til dokumenter, transaksjoner og ressurser, der kodenavn i de ulike kolonnene gjør at det kan være vanskelig å tolke dataene uten domeneforståelse. Siden SAP er et av de mest brukte ERP-systemene, finnes det en rekke dokumentasjon og hjelpeverktøy på nettet. Ved å undersøke tabellene og de tilhørende parameterne ved hjelp av dokumentasjonen, ble relasjoner mellom tabellene identifisert. En datamodell ble deretter generert. Datamodellen er vist i Figur 4.1.



Figur 4.1: Datamodell i Celonis

Tabell 4.1: Tabeller fra SAP

Tabellnavn	Beskrivelse
LIKP	Levering: oversikt. Inneholder detaljert informasjon om hver levering. Attributter inkluderer totalvekt og -volum for leveransen, dato for plukking og transportmiddel brukt.
LIPS	Levering: objektdata. Inneholder informasjon om hver levering. Attributter inkluderer hvilken levering og hvilke salgsdokumentvarer som hører sammen.
VBAP	Salgsdokument: objektdata. Attributter inkluderer hvilket salgsdokument hver bestilling tilhører, antall varer med på bestillingen og landet bestillingen tilhører.
Customer Master	Adresseinformasjon: kundedata. Inneholder kundeidentifikasjon og kundens adresse beskrevet ned til by og postnummer nivå.
Company Master	Adresseinformasjon: selskapsdata. Inneholder adresser som beskriver lokasjonen til selskapets varehus.
General Material Data Weights	Material: objektdata. Inneholder vekt og volum beskrivelser av materialer.

Følgende informasjon har vi mottatt som primærdata fra bedriften, som er relevant dette prosjektet.

- **Leverings-ID.** Gir en identifikator på hver levering.

- **Tidsstempel.** Viser tidspunktet for når hver levering forlater selskaps varehus.
- **Totalvekt.** Gir total vekt på forsendelsen, oppgitt i kilo, gram eller pund. Brukes direkte i utregningen av utslipp.
- **Leveringsadresse.** Gir postnummer og by leveringen skal til. Brukes for å regne ut distanse og modellere ruter i utregningen av utslipp.
- **Opprinnelsesland.** Gir landet som leveringen skal sendes fra.
- **Transportmiddel.** Gir type transportmiddel: lastebil, skip eller fly.

4.1.2 Innsamling og vurdering av utslippsfaktorer

I tillegg til å ha mottatt data direkte fra SAP har det også vært nødvendig å ha flere samtaler med nøkkelpersoner i bedriften for å øke forståelsen av forsyningskjeden som en helhet, samt fylle hullene i datasettet fra ERP-systemet. Dette inkluderer å skaffe informasjon om transportflåten som har blitt brukt i de ulike markedene, noe som ble gjort ved å kontakte logistikkleverandørene til samarbeidsbedriften. For å kartlegge utslippsfaktorer som vil gi et mest mulig nøyaktig resultat i beregningen, er det nødvendig å vite nøyaktig hvilke transportmidler som er benyttet, helst ned på detaljnivå.

Standardverdier for utslippsfaktorer har blitt gjengitt i vedlegg A, der en vurdering av hver utslippsfaktor per transportmetode var nødvendig. Det er gjengitt flere kilder for å vise at det ikke er en universell standardverdi, men at dette stadig blir vurdert av ulike organisasjoner. Det må her understrekes at variasjonen mellom utslippsfaktorene er stor, som bidrar til økt usikkerhet i beregningen av karbonutslipp. Utslippsfaktorer blir i tillegg oppgitt i hele gram for lettvinthet og for å redusere risiko for avrundingsfeil. Manglende desimaltegn bør derfor ikke ansees som en indikator på nøyaktighet.

Valgte utslippsfaktorer Det er blitt spesifisert fra samarbeidsbedriften at de bruker trailere for veitransport. Samarbeidsbedriftens vanligste trailer er en artikulert tungtransports-trailer mellom 34-40 tonn, med Euro III standard eller bedre på motoren. Her vil Diesel settes som standard drivstoff, da dette er det mest brukte drivstoffet i varetransport via trailer (Parts, 2018). Denne typen trailer har derfor blitt brukt som basis for tabell A.1 og A.2 i vedlegg A. I tabellen er det blitt tatt med faktorer som presiserer CO₂, og faktorer som presiserer CO₂-ekvivalenter. CO₂e beskriver potensialet for global oppvarming for alle drivhusgasser samlet, mens CO₂ kun tar for seg karbondioksid (Klima, 2021, 5. juli). Disse faktorene varierer fra 52 til 109 g CO₂/tkm, der noen er definert som CO₂ og noen som CO₂e. Noe av faktorenes variasjon kan forklares gjennom forskjellige definisjoner av kjøretøyets vektklasse samt ulike belastningsfaktorer.

Grunnet manglende standarder har det blitt valgt ut en utslippsfaktor basert på GLEC-rammeverket for biltransport, da dette er et anerkjent rammeverk som inkluderer detaljerte målinger for flere transportmetoder. I tillegg er det få kilder som nevner hva effekten av nedkjølingen av varer under transport har på utslippsfaktoren, der GLEC-rammeverket som nevnt har foreslått en oppjustering på 12% for kjølelagring. Gjennomsnittet fra de to utslippsfaktoren i GLEC-rammeverket, på 75 og 80 g CO₂e/tkm, har blitt brukt i estimeringen av nåsituasjonen. Oppjustert for kjølelagring er den brukte utslippsfaktor på veitransport i nåsituasjonen 86.8 g CO₂e/tkm . Det gjøres altså en forutsetning om at alle varer som transporteres behøver kjølelagring og at alle leveringer gjøres med samme type lastebil.

For skipstransport vil utslippsfaktor avhenge av type skip, der det ikke har blitt spesifisert hvilket type skip som er benyttet fra samarbeidsbedriften. I Vedlegg A, tabell A.3, vises utslippsfaktorene for sjøtransport. Variasjonen

i utslippsfaktorene er i likhet med utslippsfaktorene for veitransport stor. Grunnet manglende data omkring brukte skipstyper i samarbeidsbedriften er den estimerte utslippsfaktoren gjennomsnittet av alle faktorene i tabell A.3.

Utslippsfaktorer knyttet til flyreiser er gjengitt i Vedlegg A, tabell A.4. I utslippsberegningene for fly har den europeiske standarden EN16258 blitt benyttet. Videre velges utslippsfaktoren for flytransport på bakgrunn av distanse på hver levering, gjengitt i vedlegg A, der gjennomsnittet for hver klasse (kort, middels og lang) er brukt i utregningen.

4.1.3 Beregning av distanse

Basert på den tilgjengelige dataen har det blitt regnet ut karbonutslipp med den distansebaserte metoden. Da det kun var ett varehus i hvert land, blir kun tre flyplasser og tre havner brukt som utgangspunkt for levering. Det første som ble gjort i utregning av distanse var å finne koordinatene til hvert leveringssted. Dette ble gjort i programmeringsspråket Python ved bruk en geokoding-algoritme. Verktøyet som har blitt brukt til geokoding er *Nominatim*, som er tilgjengelig gjennom GeoPy (GeoPy, u.å.). *Nominatim* er et åpent verktøy som bruker data fra OpenStreetMap til å finne konvertere adresser, stedsnavn eller postkoder til geografiske koordinater. Ved bruk av by, postkode og fylke har alle leveringssteder blitt kartlagt ned til et postkodenivå. Hver levering har dermed fått et startkoordinat og et sluttkoordinat.

Ved utregning av distanse har det blitt benyttet flere metoder, da det ikke er én metode som fungerer best for alle transportmetoder. For veitransport, har det blitt tatt utgangspunkt i korteste mulige distanse. Programmeringsgrensesnittet (API-et) til OpenRouteService er brukt for å finne antall kilometer mellom start- og sluttkoordinater (Heidelberg Institute for Geoin-

formation Technology (HeiGIT), 2023). OpenRouteService tar utgangspunkt i data fra OpenStreetMap for å kartlegge det eksisterende veinettet slik at en optimal rute kan planlegges. Den optimale ruten er satt til å være raskeste rute fra startkoordinat til sluttkoordinat, der veien kan bli brukt av en lastebil.

Ved utregning av distanse for skipstransport har det også blitt tatt utgangspunkt i korteste mulige distanse, funnet gjennom ruteplanleggingsverktøyet til Searoutes (u.å.) for skipstransport. API-et beregnet distanse kjørt med skip basert på start- og sluttkoordinater. Det ble også beregnet en distanse for bruk av veitransport til og fra valgte havnene. For enkelte destinasjoner var det ikke mulig å regne ut en kjørbart distanse, da enkelte leveringer ble gjort til øyer uten kartlagte bilveier. Disse øyene har da følgelig fått 0 i distanse fra leveringshavn til sluttdestinasjon.

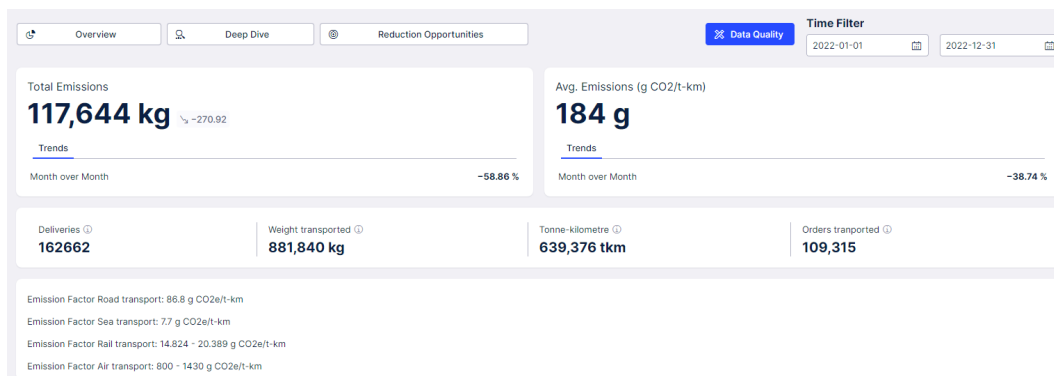
Ved utregning av flybasert transport har *Great Circle Distance* blitt benyttet. Her ble koordinatene brukt til å regne ut antall kilometer ved bruk av Haversines formel. I henhold til EN16258-metodikken for utregning av utslipp fra flytransport ble det lagt til 95 km på distansen grunnet flyets behov for manøvrering. Det ble også regnet en distanse for bruk av veitransport til og fra de flyplassene som var nærmest start og sluttposisjonen.

4.1.4 Beregning av utslipp

Ved å kombinere utslippsintensitet, distanse og vekt kan kg CO_{2e} beregnes ved hjelp av formelen fra GLEC i kapittel 2 (Smart Freight Centre, 2019, s. 26). Det blir dermed regnet ut utslipp per levering i Celonis, der selskapets totale utslipp vil være summen av utslippene i alle leveringer. Ved å bruke data fra material-tabellen (se datamodell) kunne utslipp per ordre beregnes i tillegg.

4.2 Resultater

For å undersøke forskningsspørsmålene om hvordan selskapets CO₂e-utslipp ser ut i dag og hvilke faktorer som er signifikante drivere av utslippene ble det utviklet en rekke KPIer. Disse kan bli oppsummert gjennom figur 4.2. Der ser man blant annet en totalsum av utslippene, antall leveringer foretatt, antall ordre foretatt og hvilke utslippsfaktorer som er benyttet i utregningen. Ordre og leveringer der det ikke har vært mulig å beregne utslipp har blitt ekskludert fra oppsummeringen. Dette utgjør omlag 10% av selskapets leveringer.

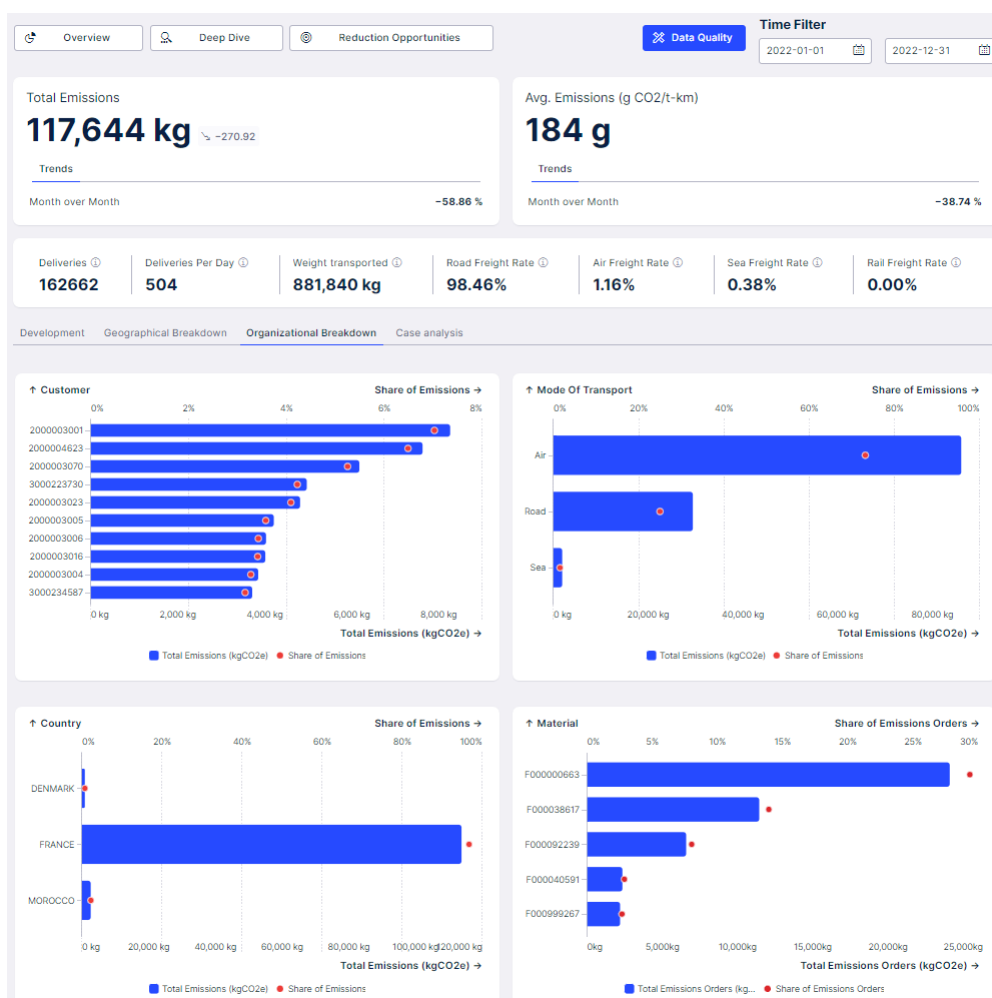


Figur 4.2: Oversikt, dashboard visualisering

4.2.1 Totalutslipp knyttet til transport

Selskapets totale utslipp knyttet til transport av varer i 2022 ble beregnet til omtrent 117.000 kg CO₂e. Utslippene kan knyttes til ulike geografisk områder der Danmark, Frankrike, se andel i grafen nederst til venstre i figur 4.3. I løpet av 2022 benyttet selskapet tre ulike transportmetoder for frakt av varer: vei-, sjø- og lufttransport. Det ble ikke benyttet togtransport i perioden. Hoveddelen av selskapets ordre ble fraktet med veitransport som stod for 98.5% av selskapets leveringer. Selskapet benyttet seg også av sjø- og

lufttransport som stod for henholdsvis 1.2% og 0.4% av leveringene. Utslipp fra Flytransport utgjorde i 2022 omtrent 73% av selskapets utslipp knyttet til transport, mens vei- og sjøtransport utgjorde henholdsvis omtrent 25.5% og 1.2% av utslippene. Denne fordelingen vises i figur 4.3, i grafen øverst til høyre.

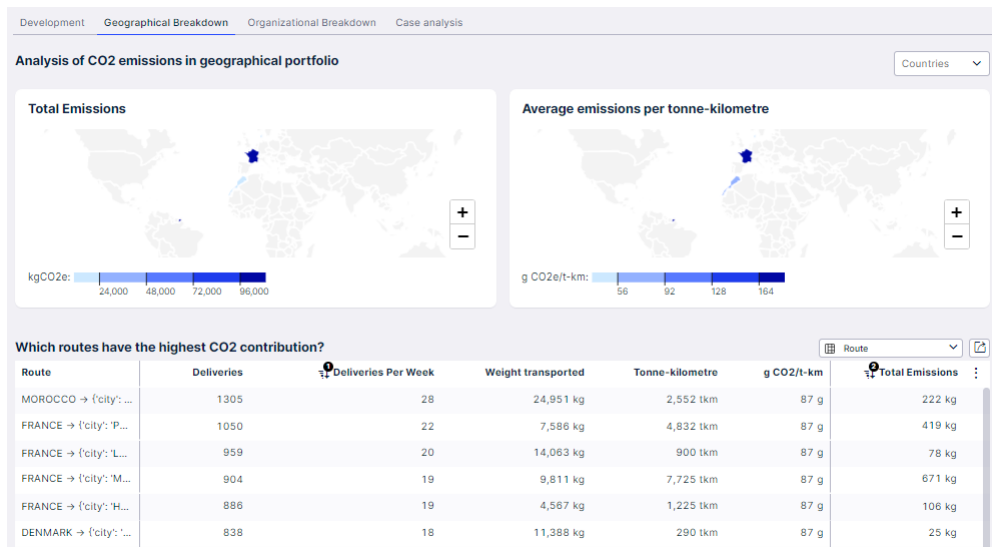


Figur 4.3: Organisasjonell oversikt, dashboard visualisering

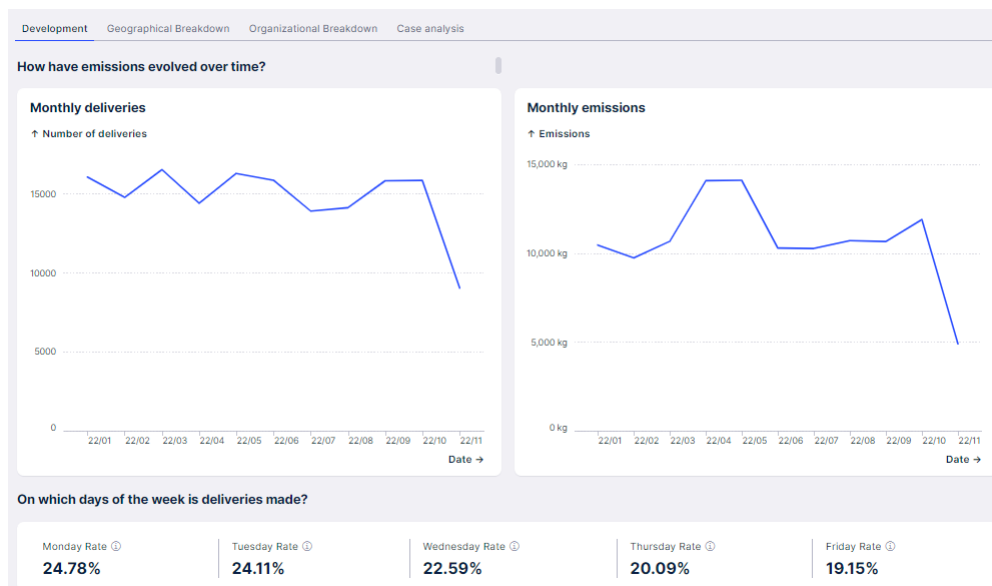
4.2.2 Utslippsdrivere

Etter å ha regnet ut CO₂e-utslippene, kunne datamodellen oppdateres i Celonis med en ny tabell, utslipp per ordre. Dette er for å lage et Dashboard til bedriften, der de kan følge med på utslippene knyttet til hver ordre og hver levering. KPI'er fra disse dashbordene gjør det mulige å identifisere utslippsdriverne i selskapets varetransport. Fra indikatorene kan fire mulige utslippsdrivere trekkes frem. De observerte utslippsdriverne vil videre bli kartlagt i studie 2 for å identifisere potensiale for å redusere utslipp.

- **1. Transporttype:** Hoveddelen av selskapets leveringer blir gjennomført med veitransport som fraktmetode, likevel utgjør veitransport kun 20% av selskapets samlede utslipp. Flytransport utgjør 1% av selskapets leveringer, men utgjør til sammenligning 80% av selskapets utslipp. Transportmetodene har ulike utslippsfaktorer der flytransport slipper ut omtrent 10 ganger mer karbon enn veitransport.
- **2. Antall kilometer transportert:** Utregningen av karbonutslippene avhenger i stor grad av hvor langt en vare skal transporteres. De fleste leveringer skjer via korteste rute på vei, men flere leveringer er over spesielt lange avstander.
- **3. Utnyttet lastekapasitet:** KPIen om antall leveringer per uke viser at selskapet for enkelte kunder har opptil 28 leveringer per uke. Dersom selskapet øker sin lastekapasitet ved å samkjøre leveringer kan selskapet redusere sine CO₂e-utslipp. I figur 4.4 vises geografiske lokasjoner, antall leveringer per uke til enkelte lokasjoner og vekten transportert. Enkelte destinasjoner har høy frekvens av transport av varer. I figur 4.5 ser man også at det skjer omtrent like mange leveringer hver dag, men at det i starten av uken gjøres flest leveringer.



Figur 4.4: Geografisk oversikt, dashboard visualisering



Figur 4.5: Utvikling, dashboard visualisering

- **4. Drivstofftype:** Kartleggingen av selskapets eksisterende infrastrukt-

tur av transportkjøretøy for frakt på vei har vist at selskapet foreløpig ikke har tatt i bruk alternative drivstoffløsninger. Dagens løsning er basert på dieseldrevne kjøretøy. Ved å benytte alternative metoder kan selskapet redusere sine karbonutslipp. Alternative metoder kan være kjøretøy drevet på biodrivstoff eller strøm som har en lavere utslippsfaktor, se tabell A.2 i Vedlegg A.

Kapittel 5 Studie 2: Lavutslipps-scenarioanalyse

For å analysere hvordan bedriften kan bruke aktivitetsdata for å redusere utslipp, er det utarbeidet seks scenarioer der CO₂e-utslippet simuleres, som sammenlignes mot et 'Business as usual' scenario (basisscenario).

5.1 Metode

5.1.1 Utarbeidelse av scenarioer

Det er viktig at foreslåtte tiltak i etterkant av scenarioanalysen er mulige å gjennomføre. Både når det kommer til regulatoriske, teknologiske og økonomiske aspekter. I utvelgelsen av scenarioer har det derfor blitt gjort en grundig analyse i samarbeid med bedriften der det har blitt jobbet både interaktivt og iterativt. Ved å jobbe interaktivt kan man finne ut av hva interessentene ønsker å oppnå, hva mulige løsninger på problemet kan være og hvilken tidshorisont og risiko som er knyttet til prosjektet. Ved å jobbe iterativt, kan man finne flere mulige problemer og løsninger som til slutt bidrar med å kartlegge hvilke tiltak det skal fokusere på. Utgangspunktet for utvelgelsen av scenarier var relevante utslippsdrivere funnet i kapittel 4. Utslippsdrivernes nytteverdi og mulighetsrom for tilpasning, vil bli videre vurdert for å definere scenarioene som skal simuleres.

I studie 1 ble det funnet fire utslippsdrivere: 1) type transportmiddel som

er brukt, 2) antall kilometer transportert, 3) utnyttet lastekapasitet og 4) drivstofftype. Utslippsdriverne er vurdert til å være de viktigste kildene til karbonutslipp, og tiltak knyttet til disse kan ha potensiale til å redusere karbonutslipp. Dette kan da innebære tiltak gjort for å kutte utslipp knyttet til en faktor alene eller i kombinasjon med andre av faktorene. Blant sine langsiktige mål, har samarbeidsbedriften en definert KPI om transportutslipp som de skal redusere med 10% innen 2025 og 40% innen 2030, mot referanseåret 2019. Samtaler med avdelinger i bedriften har vist at de ønsket mer innsikt i om bedre optimaliserte leveringsplaner for hver kunde kunne bidra til reduksjon av utslipp. Avdelingen ønsket også å se på effekten av ulike transportmidler og drivstofftyper for å kunne måle knytte investeringskostnad mot estimert reduksjon av CO₂e. I diskusjonen om hva som faktisk er mulig å gjennomføre i praksis, kom det frem at i enkelte marked er det begrenset konkurranse. Dette var begrunnet med selskapets behov for spesiell tilpasning av lastebiler. I tillegg er det teknologiske utfordringer som gjør det vanskelig å endre drivstoff til elektrisk, noe som gjelder alle tre land. Dette vil likevel bli enklere med teknologisk utvikling i nær fremtid. Det har også blitt uttrykt et ønske om å utforske denne muligheten eksplisitt av bedriften.

Følgende scenarioer har dermed blitt utarbeidet.

- Scenario 0: Business as usual
- Scenario 1: Endre transportmiks (fly - skip og bil - tog)
- Scenario 2: Øke lastekapasitet (LF) med opptil 20%
- Scenario 3: Fullstendig nettverksutnyttelse
- Scenario 4: Endre drivstofftype
- Scenario 5: Fullstendig nettverksutnyttelse og endre transportmiks

- Scenario 6: Øke lastekapasitet (LF) med opptil 20% og endre drivstoff-type

5.1.2 Rute- og distanseutregning

Alternative transportmetoder For å kunne gjennomføre et scenario der transportmiksen er endret, er det nødvendig å samle inn data om andre typer transportmetoder og flere ruter enn de som allerede er kartlagt. Det første som måtte samles inn var informasjon om tognettverket i landene som skulle analyseres. For å kartlegge eksisterende tognettverk ble OpenRailRouting benyttet for filtrering av tognettverket i de respektive landene (Nakaner, 2023). Det underliggende datamaterialet som filtreringen ble gjort på er kart over Frankrike, Danmark og Marokko hentet fra OpenStreetMaps på henholdsvis 28. mars, 4.april og 5.april. Kartene har blitt hentet ut fra Geofabrik (u.å.). For å kartlegge mulige terminaler som kan brukes til togtransport av containere i Europa ble European Union Agency for Railways (2023) benyttet. For Marokko spesifikt, ble det brukt flere kilder for å finne terminaler som kan håndtere containerfrakt.

Det ble hentet ut lokasjoner for togstasjoner fra Marokkos nasjonale jernbaneoperatør, ONCF (Office National des Chemins de Fer) (ONCF, u.å.-a, u.å.-b, u.å.-c). Dette måtte hentes ut ved hjelp av VPN. Videre ble disse lokasjonene forsøkt verifisert. Internettsøk ble gjort for å verifisere om det fantes kraner, flere parallele togspor eller en samling av containere på tog eller på bakken i nær tilknytning av terminalen, da dette gir indikasjoner på at det er terminaldrift. Jernbanenettverket i Frankrike, Danmark og Marokko har både infrastruktur for diesel- og elektrisitetsdrevne tog, der de respektive andelene er blitt hentet fra *International Union of Railways'* (UIC) database (International Union of Railways, u.å.). Utslippsfaktoren for tog ble

tilpasset landenes respektive andel, sammen med utslippsfaktorer fra GLEC rammeverket. Dette har gitt spesifikke utslippsfaktorer for hvert land innen jernbanetransport.

Det ble også innhentet informasjon om alternative ruter fra andre lagerlokasjoner med flere alternative transportmetoder. I likhet med distanseberegning for sjøtransport i studie 1, har den samme API'en blitt benyttet for å hente ut alternative ruter. For fly-transport fra alternative lagerlokasjoner har haversine-metoden blitt benyttet, i likhet til beregningen av distanse i studie 1.

5.1.3 Statistisk analyse av *load factor*

Ved å bruke tidligere forskning som grunnlag har det blitt utarbeidet en modell for estimering av utslippsfaktoren gjennom en regresjonsanalyse i programmet JMP (SAS Institute Inc., u.å.). Det er kun gjort en statistisk analyse på utslippsfaktorene knyttet til veitransport, der drivstoff er diesel. Dette er på grunn av begrenset tid og data, i tillegg til en vurdering gjort på nytteverdien for selskapet. Mens LF kan påvirke beregningen av CO₂e også på andre transportmetoder, er det først og fremst veitransport samarbeidsbedriften har mulighet til å påvirke i stor grad. Dette er på grunn av det store volumet i leveringer som blir gjort, slik at de kan stille strengere krav til samarbeidspartnere eller fremme initiativer for endring. Det finnes dessuten begrenset med informasjon om LF, spesielt når det gjelder transportmetoder som skip, fly og tog. Dette gjør at både usikkerheten rundt en statistisk analyse vil bli stor, samt at datainnsamling potensielt kan ta lang tid.

Mangel på definerte LF i flere av utslippsfaktorene funnet for veitransport har gjort at disse kildene er blitt ekskludert i den statistiske analysen. Et utvalg av faktorene i Vedlegg A er vist nedenfor i tabell 5.1, og vil brukes

videre for å utarbeide en modell for beregning av utslippsfaktor. Utslippsfaktorer fra ulike kilder er gjengitt i den første kolonnen, der tilhørende LF er definert i høyre kolonne. En LF lik 100% vil altså tilsi en fullastet lastebil, og en LF på 50% tilsier at kun halvparten av total utnyttelse er brukt.

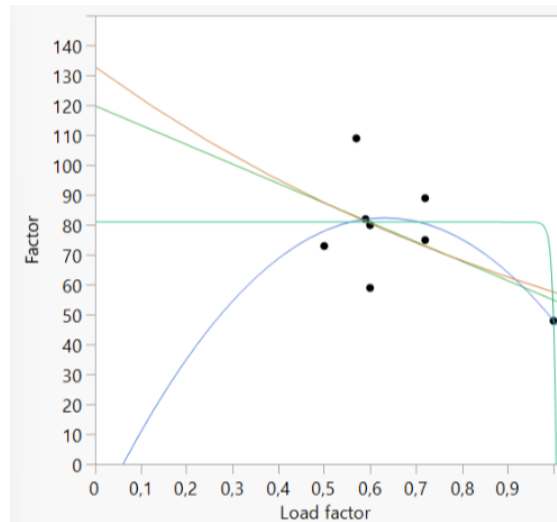
Tabell 5.1: Utslippsfaktorer med definert LF

g CO ₂ /tkm eller g CO _{2e} /tkm	LF
48	100%
89	72%
75	72%
80	60%
59	60%
82	59%
109	57%
73	50%

Det er forsøkt å tilpasse en lineær, eksponentiell 2P, kvadratisk regresjon og eksponentiell 3P modell til dataen, der følgende plot er blitt generert, se Figur 5.1.

Hvor Eksponentiell 2P representeres av linjen i oransje, lineær i mørkegrønn, eksponentiell 3P i lysegrønn og kvadratisk i blå.

Både den lineære modellen og eksponentiell 2P har fått lavere AICc-verdier enn kvadratisk og eksponentiell 3P, med henholdsvis 77.46 og 77.73. R^2 er for lineær modell 0.297, mens det for eksponentiell 2P er 0.273. Rent statistisk sett vil disse to måleverdiene gi en indikasjon på at den lineære modellen kan gi best predikasjon på resultat (Kassambara, 2021). Å velge modell basert på AICc i små utvalg har i henhold til Hurvich og Tsai (1989)



Figur 5.1: Modellsammenligning

vist å gi lavere bias i utvelgelsen av regresjonsmodeller. Det har også blitt tatt i betraktning antakelsen om hvordan modellen ville oppført seg under virkelige forhold, som har gjort at valgt modell er eksponentiell 2P. Det er forventet at modellen vil oppføre seg som en omvendt proporsjonal funksjon. Dette er fordi lastebilen som kjører varene vil ha en egenvekt som kan tolkes til å være konstant som alltid følger med frakten. Når varer blir lastet inn i bilen øker bilens vekt slik at det totale utslippet for frakten øker, men utslippene kan nå fordeles på de varene som fraktes. Slik at når LF går mot 0%, vil varene som utslippene skal fordeles på bli mindre, mens utslippene alltid vil være større en det konstante utslippet fra bilen. I en slik situasjon vil utslippsfaktoren gå mot uendelig. Tilsvarende vil det i motsatt ende av skalaen gjøre at CO₂e-utslippet blir fordelt på mange varer, slik at utslippsfaktoren vil jevne seg ut når LF nærmer seg 100%. Sammenlignet med modellen til McKinnon og Piecyk (2010, s. 11), samsvarer dette.

Modellen inkluderer parameteren a , som er en skaleringsparameter, og para-

meteren b , som representerer vekst- eller forfallshastigheten. Dette er uttrykt som følgende.

$$Utslippsfaktor = a * e^{b*LF} \quad (5.1)$$

Der $a = 132.919$ og $b = -0.836$.

Modellen viser hvor mye LF har å si for utslippsfaktoren, der en høyere last totalt i leveringens tilsier lavere utslipp per vare. Dette samsvarer også med at desto færre varer som er lastet på en bil, desto større CO₂e-utslipp vil være knyttet til hver vare. Samtidig kan en feilkilde være at det ikke er funnet datapunkter under 50% i LF. Å tolke resultater på bakgrunn av variabler utenfor observasjonsgrunnlaget kan gi dårlige resultater (Perrin, 1904, s. 102). Ekstrapolering av verdier utenfor interpoleringsintervallet fører derfor til større usikkerhet i resultatene. En annen observasjon av grafen er at den ikke går mot uendelig når LF går mot 0%. Dette er en indikasjon på at grafen kan ha dårlig tilpasning utenfor interpoleringsintervallet.

Videre måtte det lages en distribusjonsfordeling fra regresjonen som har blitt brukt for å gi støy innad i hver simulering. Distribusjonsfordelingen ble laget på bakgrunn av et prediksjonsintervall for LF-en brukt i de ulike scenarioene. På den måten kan usikkerheten i simuleringene kvantifiseres. Studier gjort av Transport & Mobility Leuven and IRU contribution (2017, s. 25), som estimerer 60-70% gjennomsnittlig LF for lastebiler, Langer (2021) som estimerer 57%, Smart Freight Centre (2019) som estimerer 66%, Dixon mfl. (2021) som estimerer 57% og Anthes mfl. (2021, s. 33) som estimerer 55% inkludert empty running, viser stor variasjon fra tidligere forskning. På bakgrunn av dette vil det brukes en LF på 65% i utregningen av en utslippsfaktor i scenario 1, 3, 4 og 5.

Det ble konstruert to prediksjonsintervaller med 95% sannsynlighet for at verdien av y for en gitt verdi x_0 er innenfor intervallet (Sheldon, 2004,

s. 375). Intervallene ble konstruert for LF = 65% og LF = 80% for å dekke alle scenarioene. Intervallet kan beskrives som:

$$\hat{y}_0 \pm t_{\alpha/2, df=n-2} * \sqrt{\left[\frac{n+1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right] \frac{SS_R}{n-2}} \quad (5.2)$$

Der distribusjonen er:

$$Y \sim \mathcal{N} \left(\hat{y}_0, \hat{\sigma}^2 \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right] \right) \quad (5.3)$$

Da utvalget har få observasjoner måtte det gjøres en vurdering av prediksjonsintervallene. For å unngå urealistiske utslippsfaktorer, eksempelvis negative verdier, ble det satt en grense på 3 standardavvik i distribusjonen. Fra en standardnormal fordeling vil da alle verdier som havner over eller under ± 3 standardavvik bli rundet henholdsvis ned eller opp til ± 3 standardavvik.

5.1.4 Gjennomføring av simulering

I scenarioanalysen har Python blitt brukt til å simulere ulike utfall. Som diskutert av Monks mfl. (2019, s. 56), er hvordan simuleringen er gjort og hvordan den er bygget opp viktig å dokumentere, slik at resultatet kan reproduseres. Dokumentasjon for koden brukt i scenarioanalysen er vedlagt i Vedlegg C. Scenarioanalysen er gjort gjennom en Monte Carlo-analyse, der det er beregnet et gjennomsnittlig resultat av scenarioene, basert på en eller flere komplekse faktorer. Disse komplekse faktorene er for eksempel utslippsfaktoren som baseres på LF, andelen flyreiser som blir erstattet med båt, eller endring i drivstofftype. Disse faktorene kan variere mellom land, region, tid på året, tidspress og en rekke andre variabler, noe som skaper usikkerhet. Gjennomsnittet av alle simuleringer i et scenario har som formål å beskrive hvordan tiltakene potensielt vil kunne påvirke selskapets totale utslipp.

Det er kjørt 100 simuleringer av hvert scenario og delscenario. Med en server som kan kjøre tyngre simuleringer raskere, kunne simuleringene blitt kjørt flere ganger. Flere simuleringer kunne resultert i mindre usikkerhet på om intervallet distribusjonen lå innenfor var riktig, og at resultatet reflekterer den faktiske distribusjonen av underliggende data. Siden hver simulering krever en stor mengde datakraft må bruken av ressurser oppveies mot fordelene av flere simuleringer. I følge Frey mfl. (2006, s. 3.35) bør simuleringer kjøres helt til gjennomsnittet og distribusjonen ikke endrer seg, eller til det er en tilstrekkelig konvergens av resultatene. For å teste i hvor stor grad flere simuleringer tilfører redusert usikkerhet har det blitt gjennomført ytterligere en simulering på hvert av scenarioene for å teste hvorvidt gjennomsnittet endret seg. I dette prosjektet har denne grensen blitt satt til 1%. Ved å legge til en ekstra kjøring og beregne gjennomsnittet på nytt, er forskjellen mot det gamle gjennomsnittet mindre enn 1%. Dette ble tolket som at simuleringene hadde tilstrekkelig konvergens og at ytterligere kjøring ikke var nødvendig.

Scenario 0: 'Business as usual'

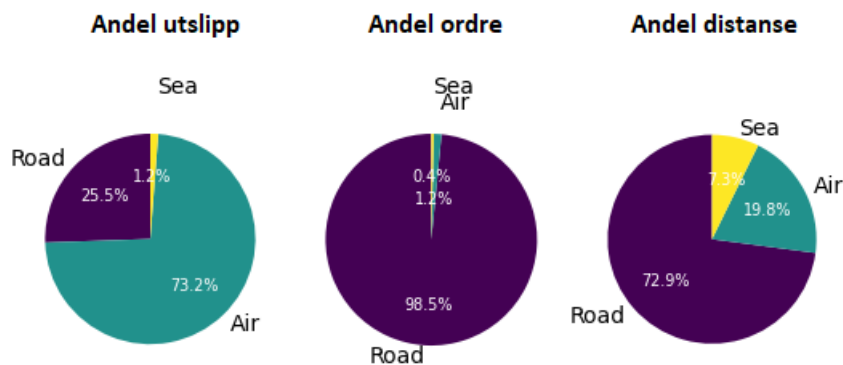
I en scenarioanalyse vil det være hensiktsmessig å starte med et BAU, der det tas utgangspunkt i at ingen tiltak vil bli gjort for å redusere karbonutslippene. Dette scenarioet vil bli brukt i sammenligning med andre scenarioer for å tydeligere se resultatet av tiltak og fremlegge resultatene på en standardisert og oversiktlig måte. Det antas i referansescenarioet at LF er 65%, selv om dette er en svært usikker variabel. Etter å ha regnet ut utslippsfaktoren basert på LF, er det også gjort en oppjustering av utslippsfaktoren med 12% da de transporterte varene hadde behov for kjøling. Scenarioanalysen i Python er gjennomført ved å gjøre en rekke repetisjoner av utregningen av utslippsfaktor og karbonutslipp for hver levering, for så å se på distribusjonen

av utslippsfaktorer samt totalt estimert karbonutslipp for alle leveringer.

Scenario 1: Endre transportmiksen

Når man studerer utslippsfaktorene ser man at transportmetoden har mye å si for de totale utslippene. Dette gjør at valget om hvilken transportmetode som skal benyttes er en av de viktigste når man prøver å redusere utslippene fra godstransport. I sektordiagrammet i figur 5.2, ser man at flytransport står for omtrent 1.2% av ordrene, mens det står for 73% av de totale utslippene. Flytransport er omtrent 10 ganger mer forurensende enn transport med lastebil, og omtrent 100 ganger mer forurensende enn skipstransport. Dette betyr at selv bare en liten del av flytransport vil ha en stor negativ effekt på de totale utslippene. Varer transportert på fastlandet er i all hovedsak fraktet med lastebil, men en mindre andel er også flytransport. Grunner til dette er at transport med fly er mye raskere for langdistanse-transport. Å endre transportmiksen, kan innebære et skift fra flytransport til transport med skip eller lastebil. Da transporten som skjer med fly stort sett er fra fastland til øyer, vil ikke transport via vei være mulig. Transport med skip vil kunne være et kommersielt alternativ. Generelt er det et tiltak som er enkelt å gjennomføre, da det ikke krever ytterligere installasjonskostnader, og det er kostnadsbesparende. En mulig hindring kan være tidshorizonten, da levering med skip kan ta mye lenger tid enn med fly. Bestillinger som skjer med fly kan være hastebestillinger som må komme raskt frem, og da kan ikke transportmetode endres. På bakgrunn av dette har det blitt gjort en analyse av å endre transportmiksen til skipstransport eller jernbanetransport der det er benyttet fly eller vei som primær transportmetode. Det er blitt simulert hva en endring i 25%, 50% og 75% av transportmiksen vil utgjøre, da det ikke ble sett på som realistisk å forvente en overgang på 100% til alternative

transportmetoder.



Figur 5.2: Sektordiagram

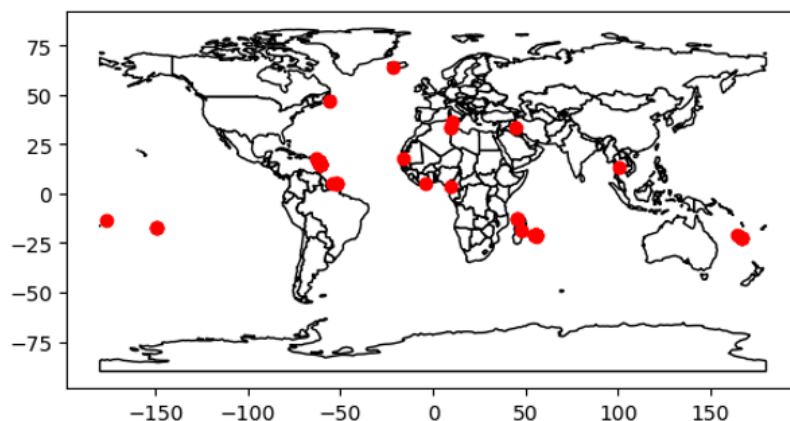
Scenario 2: Utnytte opp mot 20% høyere lastekapasitet

Ved å sammenligne base-scenarieret med dette scenarieret, vises det hvordan en endring i LF kan påvirke karbonutslippet i hver levering og som en helhet. Ved å benytte modellen fra den statistiske analysen, kan utslippsfaktoren for basisscenarioet og scenario 2 beregnes, som inkludert oppjustering på grunn av kjølevarer vil være henholdsvis 86.45 og 76.26. Dette tilsier at for hver tkm som blir fraktet i basisscenarioet, skal scenario 2 gi en forventet reduksjon på omtrent 10% på leveringer det er benyttet lastebil.

Scenario 3: Nettverksutnyttelse

Selskapet er et internasjonalt selskap med varelagre over hele verden, og det finnes ifølge bedriften varehus som ligger nærmere sluttdestinasjonen enn varehuset det ble sendt fra opprinnelig. Det å utnytte nettverket til selskapet åpner opp for en mulig utslippsreduksjon, der distanser blir redusert, og dermed også selskapets CO₂e-utslipp. Det antas her at det alternative varehuset som er nærmest sluttdestinasjonen brukes, med mindre opprinnelig varehus

er nærmere. Som man kan se i figur 5.3, leveres varer fra sentrallageret i Frankrike til flere franske territorier som er flere tusen kilometer unna. Det er i scenarioet brukt tre andre varehus i ulike deler av verden som alternativer. Disse tre varehusene har til felles at de er større varehus med stor leveringskapasitet.



Figur 5.3: Leveringer gjort med fly og båt fra Frankrike

Scenario 4: Endre drivstofftype

Ved å bytte transportmiddel til elektriske biler eller biodrivstoff, vil dette si at det må brukes en annen utslippsfaktor i utregningen av CO₂e. Utfordringen med dette scenarioet er at det krever en omstilling hos transportleverandøren. En slik prosess må sannsynligvis skje gradvis over flere år. I delscenarioet for elektriske lastebiler, har en utslippsfaktor på 28 g CO₂e/tkm *12% blitt benyttet. For biodiesel er det benyttet en utslippsfaktor på 33 g CO₂e/tkm * 12%. Som tidligere nevnt, har det vært utfordringer knyttet til å finne en standard utslippsfaktor til de ulike transportmidlene. For elektriske biler og for biodrivstoff har dette vist seg å være spesielt utfordrende, noe som har ført til kun én kilde på hver som foreslår en utslippsfaktor. Videre antas det at

variasjonen som følger LF for diesel-biler også gjelder for elektrisk lastebil og ved bruk av biodiesel. I simuleringen har det derfor blitt lagt på tilsvarende støy for de alternative drivstoffene. Det har da blitt justert med prosentvis like mye som utslippsfaktoren for diesel hadde blitt justert med. Dette vises nærmere i pseudokoden tilhørende simuleringene i Vedlegg B.

Scenario 5: Nettverksutnyttelse og endre transportmetode

Scenarioet har som formål å kombinere scenarioene om nettverksanalyse og endret transportmetode for å se den samlede effekten. Dersom et varehus nærmere destinasjonen kan levere en vare, vil den samlede distansen med frakt reduseres. CO₂e-utslippene kan potensielt reduseres ytterligere dersom den gjenværende distansen fraktes med et mer miljøvennlig transportmiddel. I Scenarioanalysen ble det delt opp i 3 delscenarioer. For disse har det da blitt benyttet ny lokasjon for varelagret, men med 25%, 50% eller 75% sjanse for å også benytte ny transportmetode.

Scenario 6: Endre drivstoff og øke LF opp mot 20%

Ved å endre både drivstoff og øke lastekapasiteten, kan det være muligheter for å oppleve synergieffekter. Scenario 6 er et kombinasjonsscenario, der effekten av scenario 2 og scenario 4 sees i sammenheng.

5.1.3 Statistisk signifikans

For å teste om resultatene av scenarioene er signifikant forskjellig fra basisscenarioet har det blitt definert en nullhypotese H_0 . Denne vil bli testet mot alternativ hypotese H_1 .

H_0 : Det er ingen forskjell mellom scenarioet og basisscenarioet

H_A : Det er forskjell mellom scenarioet og basisscenarioet

Det ble brukt et 95% signifikansnivå, da dette gir en liten sannsynlighet for å forkaste H_0 hypotesen dersom denne er sann (Lane, 2016). For å teste nullhypotesen, må det først finnes ut om resultatene til scenarioene i de ulike simuleringene er normalfordelte. Dersom simuleringene er normalfordelte kan det utføres en t-test, men dersom simuleringene ikke er normalfordelte skal burde det utføres ikke-parametriske tester (Dundee Resource for Protein Structure Prediction and Data Analysis, 2018). Test av normalfordeling ble gjort ved bruk av Shapiro-test (SciPy utviklere, 2021b) i Python. Normaltestene viser at resultatene til delscenario 1.3 og 5.2 ikke er normalfordelte med det valgte konfidensnivået på 95%.

Det er derfor utført en Mann-Whitney U-test (SciPy utviklere, 2021a) og en Kolmogorov-Smirnov test (KS) (Virtanen mfl., 2020). En Mann-Whitney U-test brukes for å teste om medianen i utvalgene er lik, mens KS brukes for å teste om begge utvalgene kommer fra samme distribusjon (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2019; Statistics Solutions, u.å.). Det var planlagt å gjøre begge testene for å styrke antakelsen om at distribusjonene er forskjellige. Resultatene fra begge disse testene viser i alle delscenarioene en p-verdi på mindre enn 0.05. Da resultatene for de resterende delscenarioene er normalfordelte, kan det tas i bruk en tosidig t-test (SciPy utviklere, 2021c). Her resulterer testen også i en p-verdi på mindre enn 0.05. Om p-verdiene fra den tosidige t-testen, Mann-Whitney U-testen eller KS-testen er lavere enn 0.05, antyder dette at scenarioene kommer fra ulike distribusjoner enn basisscenarioet og at H_0 kan forkastes. Dette vil si at alle delscenarioene er statistisk signifikante, og at det med stor sikkerhet kan sies at det ikke kun er tilfeldigheter som har ført til forskjell mellom scenarioene og basisscenarioet.

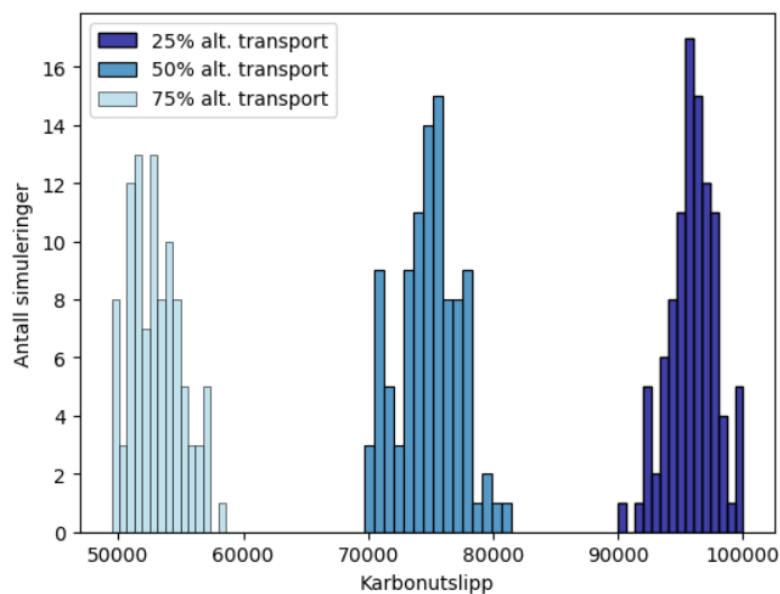
5.2 Resultat

5.2.1 Scenario 1

De tre delscenarioene har følgende resultater.

- Scenario 1.1 | gjennomsnitt: 95 862, $\alpha = 0.05$: [92 656, 99 068]
- Scenario 1.2 | gjennomsnitt: 74 804, $\alpha = 0.05$: [71 315, 78 292]
- Scenario 1.3 | gjennomsnitt: 52 992, $\alpha = 0.05$: [49 503, 56 480]

Ved å endre transportmiksen med 25%, viser scenarioanalysen en reduksjon fra basisscenarioet på 18%, en endring på 50% gir reduksjon på 36%, og en endring på 75% gir en reduksjon på 55%. Figur 5.4 viser distribusjonsfordelingen på de tre delscenarioene.



Figur 5.4: Resultat av å endre transportmiks

Usikkerheten bak distribusjonen skyldes tilfeldigheten bak det å velge en transportmetode i hver simulering, som kan variere fra gang til gang. Dette vil si at man vil kunne ha ekstreme tilfeller, der for eksempel alt av flytransport gjøres om til skip, og at CO₂e-utslippene dermed blir lave. Dersom flere simuleringer hadde blitt kjørt, kan dette ha påvirket fordelingen i histogrammet.

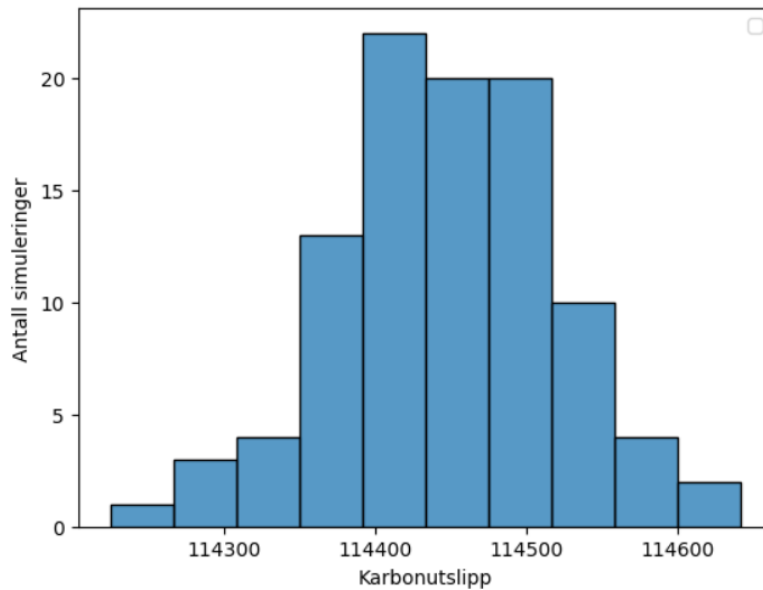
5.2.2 Scenario 2

Ved å utnytte en høyere lastekapasitet kan man sikre færre leveringer til kunder i uken. Dette vil si at CO₂e-utslippet hver lastebil slipper ut vil være høyere, men det vil bli fordelt på flere antall leveringer, og dermed vil CO₂e-utslippet per levering reduseres. Dette vil også gjøre at færre separate leveringer må skje, som reduserer det totale utslippet til bedriften. I figur 5.5 vises fordelingen til effekten av tiltaket. Dette tilsier en reduksjon på 2.6% av det totale utslippet, men når det er snakk om i forhold til kun veitransport, som utgjør omtrent 29 tCO₂e av de totale utslippene, vil det utgjøre omtrent 10%.

- Scenario 2 | gjennomsnitt: 114 446, $\alpha = 0.05$: [114 320, 114 570]

5.2.3 Scenario 3

Antallet distribusjonssentre og lokasjonen deres relatert til kundebasen påvirker de totale utslippene. Dersom et større antall leveringer i Frankrike hadde vært til næromliggende lokasjoner, kan et sentrallager være det beste alternativet. Med en desentralisert kundebase spredt over hele verden der flytransport er mye brukt, vil derimot dette ikke være et godt alternativ. Ved å bruke alternative varelagre i andre land kan tkm reduseres. I figur 5.6



Figur 5.5: Resultat av å øke LF med 20%

vises effekten av å gjøre leveringen fra alternative varelagre, nærmere sluttdestinasjonen. Det er her forutsatt at samme type transportmetode benyttes, og at kun distansen vil endres på leveringene der et alternativt varelager er nærmere sluttdestinasjonen.

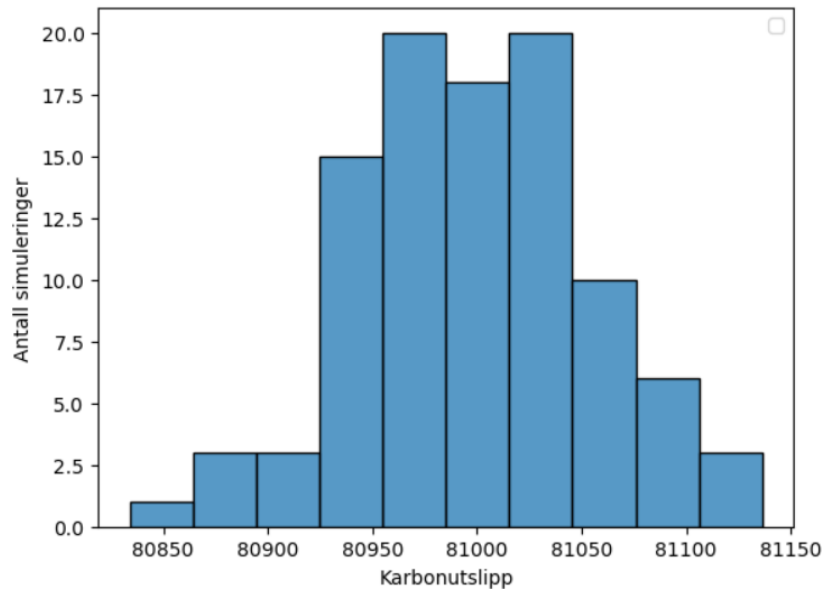
- Scenario 3 | gjennomsnitt: 81 000, $\alpha = 0.05$: [80 903, 81 096]

5.2.4 Scenario 4

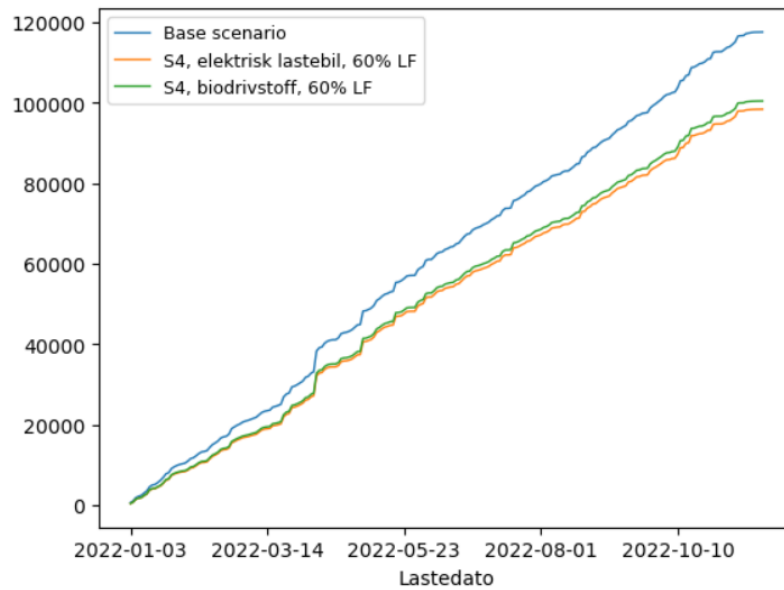
Ved å endre drivstofftype til elektrisk, viser scenarioanalysen en reduksjon fra basisscenarioet på 16%, og bytte til biodrivstoff gir en reduksjon på 14.5%. Figur 5.7 viser distribusjonsfordelingen på de to delscenarioene.

Resultatene av å bytte drivstoff er følgende.

- Scenario 4.1 | gjennomsnitt: 98 335, $\alpha = 0.05$: [98 290, 98 380]
- Scenario 4.2 | gjennomsnitt: 100 391, $\alpha = 0.05$: [100 337, 100 444]



Figur 5.6: Resultat av å optimalisere



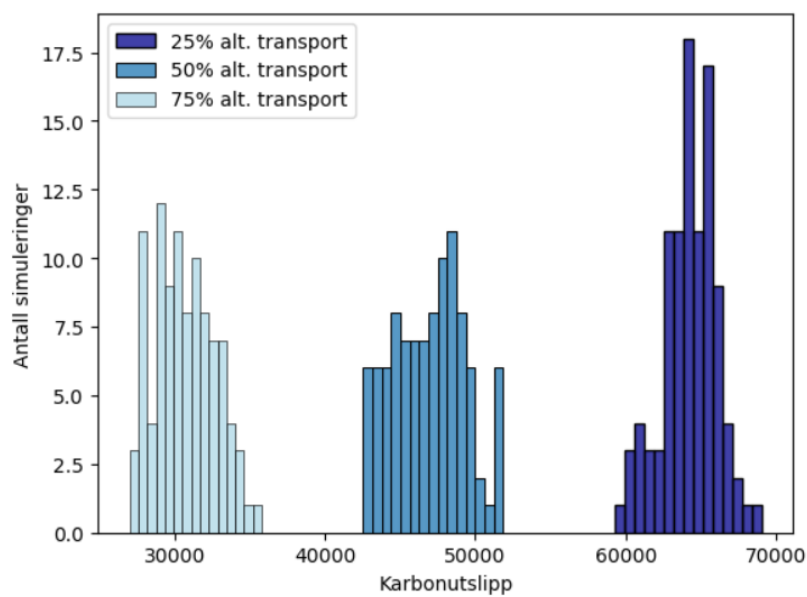
Figur 5.7: Resultat av å endre drivstofftype

5.2.5 Scenario 5

Scenario 5 er en kombinasjon av scenario 1 og scenario 3, der det er laget 3 delscenarier for endring av transportmiks, forutsatt 100% nettverksutnyt-

telse.

- Scenario 5.1 | gjennomsnitt: 64 213, $\alpha = 0.05$: [61 121, 67 304]
- Scenario 5.2 | gjennomsnitt: 46 927, $\alpha = 0.05$: [42 854, 50 999]
- Scenario 5.3 | gjennomsnitt: 30 656, $\alpha = 0.05$: [27 321, 34 010]

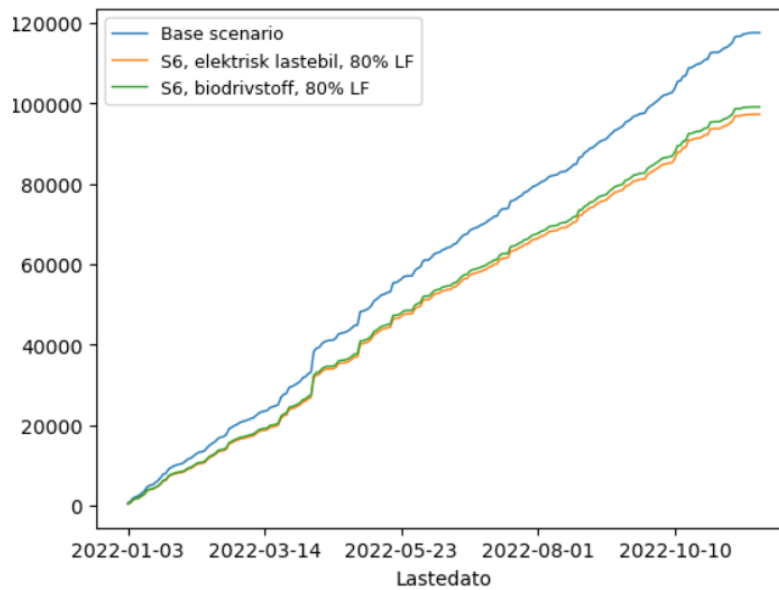


Figur 5.8: Resultat av å utnytte nettverk og endre transportmiks

5.2.6 Scenario 6

Resultatene fra å bytte drivstoff er følgende.

- Scenario 6.1 | gjennomsnitt: 97 229, $\alpha = 0.05$: [97 184, 97 274]
- Scenario 6.2 | gjennomsnitt: 99 073, $\alpha = 0.05$: [99 019, 99 126]



Figur 5.9: Resultat av å endre drivstofftype

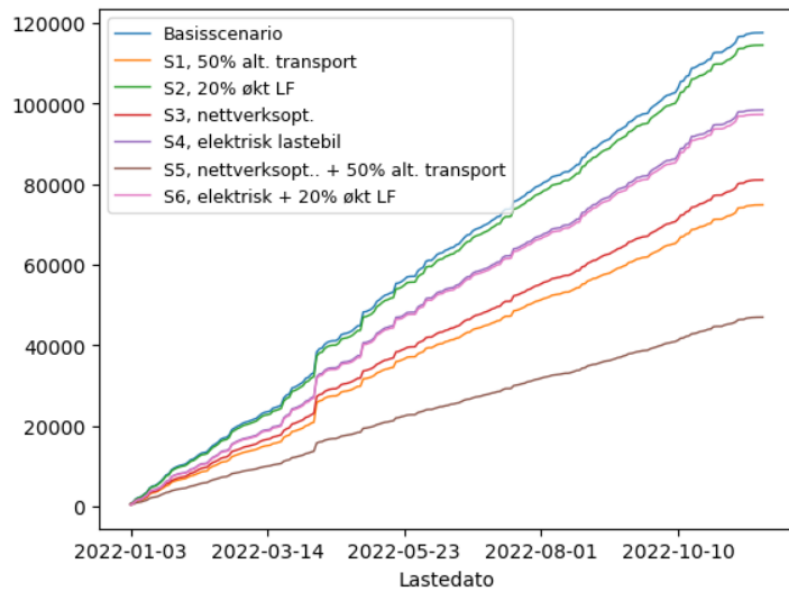
5.2.7 Samlet resultat

Analyserte scenarioer har gitt resultatene gjengitt i tabell 5.2. Tabellen viser både det totale forventede CO₂e-utslippet, basert på gjennomsnitt av 100 simuleringer per scenario, i tillegg til den prosentvise reduksjon fra basisscenarioet.

I figur 5.10 er en oversikt som inkluderer utvalgte scenarioer fra analysen, der man ser at Scenario 5.3 gir størst potensiell reduksjon. Disse er utvalgt for å tydeliggjøre effekten av de ulike tiltakene og hvilke utslippsdrivere som har størst effekt, både alene og i kombinasjon.

Tabell 5.2: Resultattabell: totale utslipp i scenarier

Scenario	Totale utslipp	% forbedring
Basisscenario - 65% LF	117 529	0
S1 - 25% alt. transport	95 862	18
S1 - 50% alt. transport	74 804	36
S1 - 75% alt. transport	52 992	55
S2 - 20% økning i LF	114 446	2.6
S3 - Network opt.	80 999	31
S4 - Electric	98 335	16
S4 - Biofuel	100 391	14.5
S5 - Network opt., 25% alt. transport	64 212	45
S5 - Network opt., 50% alt. transport	46 927	60
S5 - Network opt., 75% alt. transport	30 666	74
S6 - elektrisk, 20% økning i LF	97 229	17
S6 - biodrivstoff, 20% økning i LF	99 073	16



Figur 5.10: Utvikling i CO2e-utslipp i 2022, per scenario

Kapittel 6 Diskusjon

Dette kapitlet diskuterer resultatene fra studie 1 og studie 2. I studie 1 ble metoden for beregning av CO₂e strukturert, samt viste hvilke resultat metoden ga for det avgrensede omfanget hos bedriften. I studie 2 ble metoden for utarbeidelse av scenarioer og simulering av disse gjennomgått, i tillegg til at kvantifiserte resultater ble presentert. Resultatene vil videre diskuteres i lys av problemstillingen: "Hvordan kan selskaper ta i bruk data for å forbedre sine bærekraftsinitiativer?", og forskningsspørsmålene.

Resultatene indikerer at datadrevet bærekraftsstyring bidrar til å forbedre selskapers bærekraftsinitiativer. Ved å kartlegge nåsituasjonen blir det skapt en forståelse av hvordan selskapets CO₂e-utslipp ser ut i dag. For selskapene vil en slik kartlegging bidra til å identifisere hvilke utslippsdrivere som har stor påvirkning på bedriftens utslipp. Denne innsikten kan brukes til finne ut hvilke tiltak som var mest effektive for å redusere utslippene. Som resultatet av dette studiet viser, er det flere måter å redusere CO₂e-utslipp på. Likevel har ikke alle tiltak stor innvirkning på selskapets totale utslipp. Begrensede ressurser gjør at ikke alle tiltak kan innføres og bedriftene må prioritere hvilke tiltak som skal prioriteres. Datadrevet innsikt til bærekraftsinitiativer bidrar derfor med å øke forståelsen av hvordan ulike tiltak faktisk påvirker bedriften. På den måten kan selskapene gjennomføre de tiltakene som er gir høyest verdi gitt selskapets ressursituasjon.

6.1 Tolkning

6.1.1 Forskningsspørsmål 1: Beregning av utslipp hos bedriften

Fra forskningsspørsmål 1 skal nåværende CO₂e-utslipp beregnes. Dette er beregnet til å være omtrent 117 000 kg CO₂e. Resultatet fra studiet viser at det er mulig å kartlegge bedriftens CO₂e-utslipp fra transport. Beregnet gjennom distansebasert metode som inkluderer distanse og vekt som primærdata fra bedriften, samt utslippsfaktorer funnet i tidligere forskning. Dette er i tråd med tidligere forskning som har vist at det er mulig å kvantifisere utslipp fra en forsyningskjede.

6.1.2 Forskningsspørsmål 2: Utslippsdrivere

Fra forskningsspørsmål 2 skulle det kartlegges de viktigste utslippsdriverne. De viktigste er type transportmetode og antall kilometer transportert, men det er også identifisert to mindre utslippsdrivere, utnyttet lastekapasitet og type drivstoff. Resultatene fra analysen gir innsikt i hvilke utslippsdrivere som er viktige i transportprosessen hos bedriften, og fremhever områdene bedriften bør fokusere ressursene sine for å redusere karbonavtrykket. Dette er funn som også vil være overførbare til andre bedrifter. Utslippsdriverne kan brukes som utgangspunkt for å kartlegge om andre selskaper har lignende utslippsdrivere. Videre vil også dashbordene som har blitt vist i kapittel 4 gjøre det mulig å gjøre en enda mer omfattende analyse på andre utslippsdrivere, der en aggregering ned på marked, produkt eller kunde også vil kunne gi større innsikt. Dette vil igjen kunne føre til mer nøyaktige estimat i scenarioanalyse og skreddersydde scenarioer.

6.1.3 Forskningsspørsmål 3: Scenarioanalyse

I forskningsspørsmål 3 var målet å finne ut hvilke tiltak som var mest effektive for å redusere utslippene. Det utviklet flere scenarioer som representerte forskjellige kombinasjoner av tiltak som kunne redusere karbonutslippene til bedriften. Resultatet viser at det er flere måter å redusere CO₂e-utslipp på. Scenario 5.3, som inkluderer 75% alternativ transport og optimalisering av transportnett, gir den største potensielle reduksjonen på 74%.

Sammenlignet med effekten til Scenario 5.3 gir Scenario 1.1 som gir 55% reduksjon og Scenario 3 med 31% reduksjon store prosentvise reduksjoner i selskapet. Det er tydelig at ved å implementere enkelttiltak kan man betydelig redusere karbonutslippene, men at det å kombinere tiltak også vil kunne skape synergier.

Det er tydelig at det å endre transportmetode er en stor kilde til karbonreduksjon i det totale bildet, men det er også viktig å understreke at effekten av å endre drivstoff eller å øke LF også vil ha stor påvirkning i forhold til veitransport. Det er derfor essensielt at resultatene tolkes ikke bare på et overordnet nivå, men at man også prøver å forstå sammenhengene som ligger under analysen. Resultatene fra for eksempel scenario 2 støtter opp om antagelsen om at en økning i LF på omtrent 20% vil redusere utslippsfaktoren for diesel med omtrent 10%.

6.2 Implikasjoner

Dataene bidrar til en klarere forståelse av hvordan man kan tilrettelegge for datadrevet bærekraftsstyring gjennom å bruke primærdata fra en bedrift. I beregningen av CO₂e er det foreslått flere måter å beregne distanser på. Modellene brukt i utregning i dette prosjektet er både planlagt distanse, korteste

mulige distanse og GCD. Resultatene fra distanseberegningen har vist at det er mulig å bruke flere av disse beregningsmetodene for distanse. Med nye teknologiske løsninger, eksempelvis med åpne API-er der man kan spørre etter informasjon, blir distanseberegning enklere og mer nøyaktig enn det som har vært mulig tidligere. Forskningen vår viser at det er mulig å både kartlegge ruter, kombinere ulike transportmetoder på disse rutene og å beregne CO₂ utifra rutene. Prosjektets funn innenfor forholdet mellom utslippsfaktor og LF komplementerer også tidligere forskning, der forskningen vår støtter opp om at det vil være en eksponentiell modell som ligger tilrette. Dette vil kunne være nyttig for andre forskere, der mulighetsrom for beregning av CO₂e blir synliggjort. Studiet kan gi myndigheter innsikt ved å vise hvor mye ulike utslippsdrivere faktisk har å si i en konkret forretningscase. Dette kan hjelpe dem med å presisere nye strategier inn mot spesifikke bransjer eller sektorer, for å kunne redusere CO₂e mest mulig. Prosjektet gir også ny innsikt i forholdet mellom utslippsdrivere og faktiske utslipp til bedriften, som kan bruke dette for å innføre nye interne strategier.

Det er analysert tre markeder, der både fly-, sjø- og veitransport var inkludert. Disse tre markedene har ulike transportmikser og muligheter for eksempelvis jernbanetransport. Dette øker generaliserbarheten, da man kan gjenbruke det som best passer eget marked om studiet skal gjennomføres i andre bedrifter. I tillegg er stegene som er gjort forklart detaljert nok til at andre forskere skal kunne bekrefte funnene, der fundamentet er teori fra tidligere forskning relevant for studiene.

6.3 Begrensninger

6.3.1 Analyse av data

I analysen er det brukt data som har hatt stor variabilitet knyttet til seg. Dette inkluderer eksempelvis valg av utslippsfaktor og distanseberegning-metode. Det er viktig å understreke at utregninger i dette prosjektet ikke presenterer nøyaktige estimater; målet er heller å vise hvilke faktorer som driver utslippene. All vekt-data kommer fra SAP, men ved å analysere vekt per bestilling viste det seg at vekten ikke kunne standardiseres og varierte stort selv på bestillinger med likt innhold, noe som kan skyldes målefeil og subjektive vurderinger når målinger har blitt gjort. Å ha direkte kontakt med andre enn våre kontaktpersoner i samarbeidsbedriften var ikke mulig, så informasjon har blitt videreformidlet gjennom flere ledd. Dette kan gjøre at informasjonen som er mottatt kan variere basert på hvilke personer som har blitt spurt, og at informasjon kan ha blitt endret på underveis. Samtidig har det blitt forsøkt å være tydelig og kritisk til informasjonen gitt, og dersom noe ikke har vært forståelig har dette blitt gjort klart gjennom ytterligere diskusjoner og avklaringer med bedriften. Som forklart i kapittel 2, finnes det flere typer usikkerhet. Disse er gjennomgått for å identifisere mulige kilder til usikkerhet, og har funnet både mangel på fullstendige og representative data, samt manglende data og målefeil i data.

6.3.2 Utslippsfaktorer og metode for beregning

Å finne frem til en generell, riktig, utslippsfaktor er ikke mulig. Utslippsfaktorer kommer fra flere kilder som har ulike definisjoner på transportmidler og baserer faktoren på LF, gjennomsnittsfart på strekningen, landskap, type

drivstoff og type motor. I tillegg kan det være målefeil da det er blitt gjort en fordelingsanalyse for å finne den endelige faktoren for veitransport. Ved bruk av standarddata må også hvorvidt de er representative vurderes. Da utvalget av faktorer er på 6, er det mindre sjans for at en av faktorene treffer akkurat den transporttypen som benyttes. I tillegg til dette er også faktorene brukt i den statistiske analysen basert på enten CO₂ eller CO_{2e}. Da CO_{2e} inkluderer andre drivhusgasser og dermed vil kunne bidra til en høyere fordeling enn hva kun CO₂-baserte faktorer ville i den statistiske analysen, er det en risiko for desto mer usikkerhet. Utslippsfaktorene er en stor del av usikkerheten i modellen vår, da det er en del av kjernen i kalkulasjonen. Ved valg av LF er det også knyttet usikkerhet, da ikke bedriften hadde tilgang på faktiske data om hvor godt LSP-ene utnytter lastekapasiteten. Dermed har LF i beregningen blitt basert på antakelser. I tillegg har det blitt gjort en antakelse om at standard drivstoff er diesel, der det faktiske drivstoff kan inkludere en blanding av diesel og bio-diesel. Dersom logistikkpartneren til samarbeidsbedriften kunne gitt tilgang på data som antall liter drivstoff brukt, hvilken type drivstoff som er brukt og type kjøretøy benyttet i enhver instans av prosessen, kunne man endret beregningsmetode og fått et mer nøyaktig estimat. Isåfall det essensielt å oppdatere datamodellen med aktuelle data for å få en nøyaktig beregning. Som nevnt fra tidligere forskning, er det flere metoder man kan bruke for å regne ut CO_{2e}, blant annet distansebasert, forbruksbasert eller drivstoffbasert. På grunn av datakvaliteten var metoden som ble benyttet for CO_{2e}-beregning er den distansebaserte, der standard utslippsfaktorer for transportmidlene ble brukt. Her kan bedriften også, dersom de får tilgang på riktig data, gå over til en drivstoff-basert beregning som vil være mer nøyaktig. En annen av begrensningene ved modellen er for eksempel at den ikke tar hensyn til potensielle eller endringer i kundeatferd som

kan påvirke karbonutslippene. Dersom det skal beregnes et potensiale for reduksjon i tiltak, må det inkluderes et estimat på fremtidig vekst for bedriften i beregningene. Dette vil sannsynligvis resultere i et høyere karbonutslipp og eventuelt høyere mulighet for reduksjon.

6.3.3 Distanseberegning

I tillegg til utslippsfaktorer er tkm en viktig faktor i beregningen av karbonutslipp. Samarbeidsbedriften gav data om mellom hvilke punkter bestillingene ble transportert, der det måtte kartlegges koordinater og benytte seg av ulike modeller for utregning av distanse. Her er altså data fra ERP-systemet ufullstendig og det kan ha skjedd målefeil i utregningen av både koordinater og distanse mellom koordinatene. Der beregningsmetoden for distanse er den korteste mulige ruten, vil ikke beregningen være realistisk under faktiske forhold. Store transportselskaper kan eksempelvis sende varene gjennom andre logistikksentre for å forbedre LF, noe som kan være fordelaktig sett fra et bærekraftig perspektiv. Dette gjør likevel kalkulasjonen av CO₂e feil, da en slik ruteendring påvirker både LF og distansen. Her ville den beste metoden vært å bruke faktisk distanse. I distanseutregning for sjøtransport og flytransport er det som nevnt benyttet distanser fra lager til terminal, terminal til terminal og terminal til sluttdestinasjon. Da sistnevnte distanse ble satt til 0 i de tilfellene det ikke var mulig å beregne er en feilkilde, da dette også ville bidratt til det totale utslippet. Her kunne man eksempelvis brukt haversines formel for å legge til en straff, men teamet fant det best å gjøre utregningen enkel med den begrensede informasjonen som var gitt.

Til tross for nevnte begrensninger gir resultatene verdifull innsikt i hvordan ulike tiltak kan påvirke karbonutslippene. Funnenes betydning strekker seg ikke bare til bedrifter som ønsker å redusere sitt karbonfotavtrykk og

bidra til en mer bærekraftig fremtid, men også til å få en dypere forståelse av bedriftens eget karbonavtrykk og utslippsdrivere. Disse innsiktene kan være svært nyttige for å utvikle strategier for karbonreduksjon og bidra til en mer effektiv og målrettet innsats mot bærekraftige miljømål. Det er viktig å merke seg at ytterligere forskning og analyse er nødvendig for å ta høyde for flere faktorer og eventuelle endringer som kan påvirke karbonutslippene i fremtiden.

Kapittel 7 Konklusjon og anbefalinger

7.1 Konklusjon av prosjektet

I dette studiet har det blitt brukt ERP-data, komplementert med tidligere forskning og informasjon fra samarbeidsbedriften, til å beregne karbonutslipp i nedstrøms transport av varer. Dette prosjektet hadde som mål å besvare følgende tre forskningsspørsmål.

Studie 1.

- Kan det nåværende CO₂e-utslippet koblet til transport i selskapet beregnes?
- Hva er de mest signifikante driverne av karbonutslipp i selskapets varetransport?

Studie 2.

- Hvilke tiltak er mest effektive for å redusere CO₂e-utslippene i transport av varer hos bedriften?

I de første kapitlene ble presentert relevant litteratur og arbeidsmetodikk for å jobbe med beregning av karbonutslipp og analyse av store datasett. Deretter ble det presentert hvordan data direkte fra et kildesystem kan analyseres og brukes til å identifisere utslippsdrivere. De viktigste utslippsdriverne

har blitt identifisert, inkludert transportmetoden, drivstofftype og distanse transportert. I tillegg har det i studiet blitt estimert reduksjonsmuligheter ved å implementere ulike tiltak. Resultatene viser at det er mulig å redusere utslippene ved å gjennomføre tiltakene.

Våre funn bidrar til å øke forståelsen for hva som driver karbonutslipp i en transport-prosess, utvikling av modelleringsteknikker og evaluering av tiltak for karbonreduksjon. Funnene viser også hvordan en økende andel primærdata istedenfor sekundærdata gir større nøyaktighet i beregninger, samt kan gi bedre beslutningsstøtte for bedriften. Det ble levert dashbord til bedriften for å visualisere utslippsdrivere og mulige reduksjonstiltak. Disse viser hvordan et verktøy som for eksempel Celonis kan benyttes for å gi beslutningsstøtte, der man kan kvantifisere og simulere utslipp på en eksplorativ og deskriptiv måte. Studiet demonstrerer viktigheten av å utnytte all relevant data som er tilgjengelig for å forstå de underliggende faktorene som påvirker utslippene i en bedrift.

Dashbordene er ment som et proof-of-concept for å vise bedriften hva som kan oppnås, og åpner opp for en holistisk tilnærming til bedriftens data der analyse kan gjøres både på et overordnet nivå og på detaljnivå. Samarbeidsbedriften kan umiddelbart ta i bruk disse dashbordene, da datasettene kommer direkte fra operasjonell data. Disse er generaliserbare og kan benyttes også for ethvert firma som logger data om sine leveringer. De kan da bruke de eksisterende modellene i Celonis til å regne ut CO₂e, kartlegge utslippsdrivere og simulere effekten i ulike scenarioer.

Analysen baserer seg på data fra ulike kilder. Hvor treffsikre resultatene er avhenger av kvaliteten på denne dataen, noe som har vist seg å være noe ufullstendig og lite standardisert. I tillegg har det blitt gjort flere antakelser, som ikke nødvendigvis reflekterer virkelige forhold. Når det gjelder generali-

serbarhet, ble det mottatt data fra tre land, der utslippsdrivere i noen markeder kan ha større betydning enn det ville gjort i andre markeder. Ved å bruke mer spesifikk informasjon om driften og hvordan den er unik i ulike markeder, kan bedriften sørge for et desto mer nøyaktig anslag av karbonutslipp i sine aktiviteter og hvordan de kan reduseres.

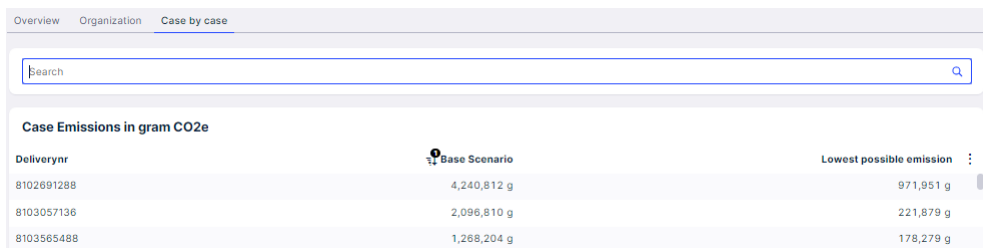
7.2 Anbefalinger

Valget som angår hvilke type tiltak som må gjennomføres avhenger av flere ting. For eksempel, må investeringskostnad, tidspress, fleksibilitet hos leverandører og restriksjoner vurderes nøye før tiltak implementeres. Det å være villig til å investere i ny teknologi og finne andre løsninger er helt nødvendig for å kunne oppnå utslippsmål. Motivasjonen bak dette, i tillegg til å redusere CO₂e-utslipp, er å forbli attraktiv for investorer og samfunnet og for å forberede seg på strengere regulatoriske forhold i fremtiden. For å tydeliggjøre funnene presentert i kapittel 4 og 5 har ble det produsert ulike dashbord i Celonis.

Teknisk anbefaling Dashbordene er designet til å fungere i sanntid, der nye leveringer skal kunne beregnes og legges til i modellen så snart de er fullførte. Dette er per tid ikke automatisert, men det er mulig å automatisere i maskinlæringsmodulen til Celonis. Bedriften kan dra nytte av eksisterende modeller og bygge videre på disse i nye markeder.

Forretningsanbefaling Ved å bruke Case Analysis-siden i et av dashbordene som eksempel, vises en enkel forklaring på hvordan en beslutningstaker kan bruke dette til å få innsikt fra data. I case analysen har man mulighet til å aggregere på leveringsnummer og få et spesifikt utslipp knyttet til den

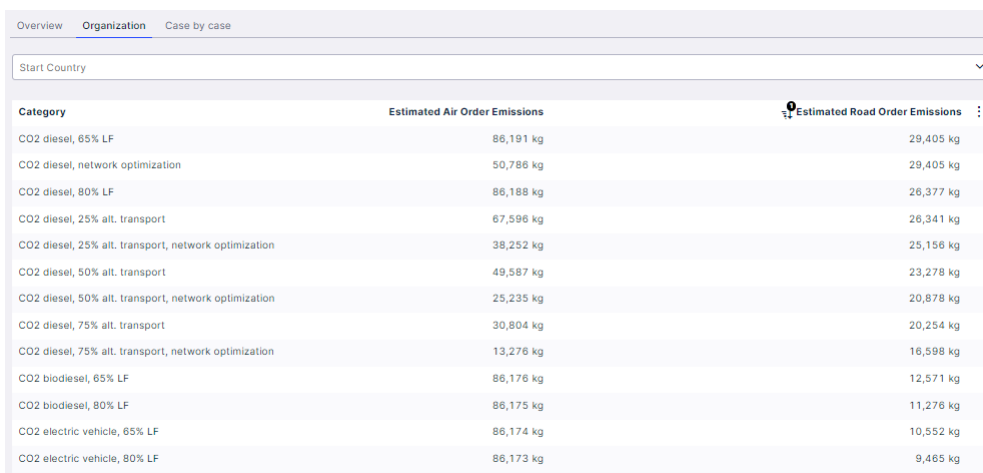
leveringen, se Figur 7.1.



Deliverynr	Base Scenario	Lowest possible emission
8102691288	4,240,812 g	971,951 g
8103057136	2,096,810 g	221,879 g
8103565488	1,268,204 g	178,279 g

Figur 7.1: Case analyse

Brukere kan her for eksempel sjekke hvilke leveringer som hadde høyest utslipp, for så å se potensialet for karbonreduksjon. Videre ser man gjennom Figur 7.2 i hvilken grad flytransport og veitransport utgjør CO2e-utslippene i de ulike scenarioene. Dette forsterker funnene i prosjektet, der andelen flytransport har blitt kartlagt som en av de viktigste utslippsdriverne.

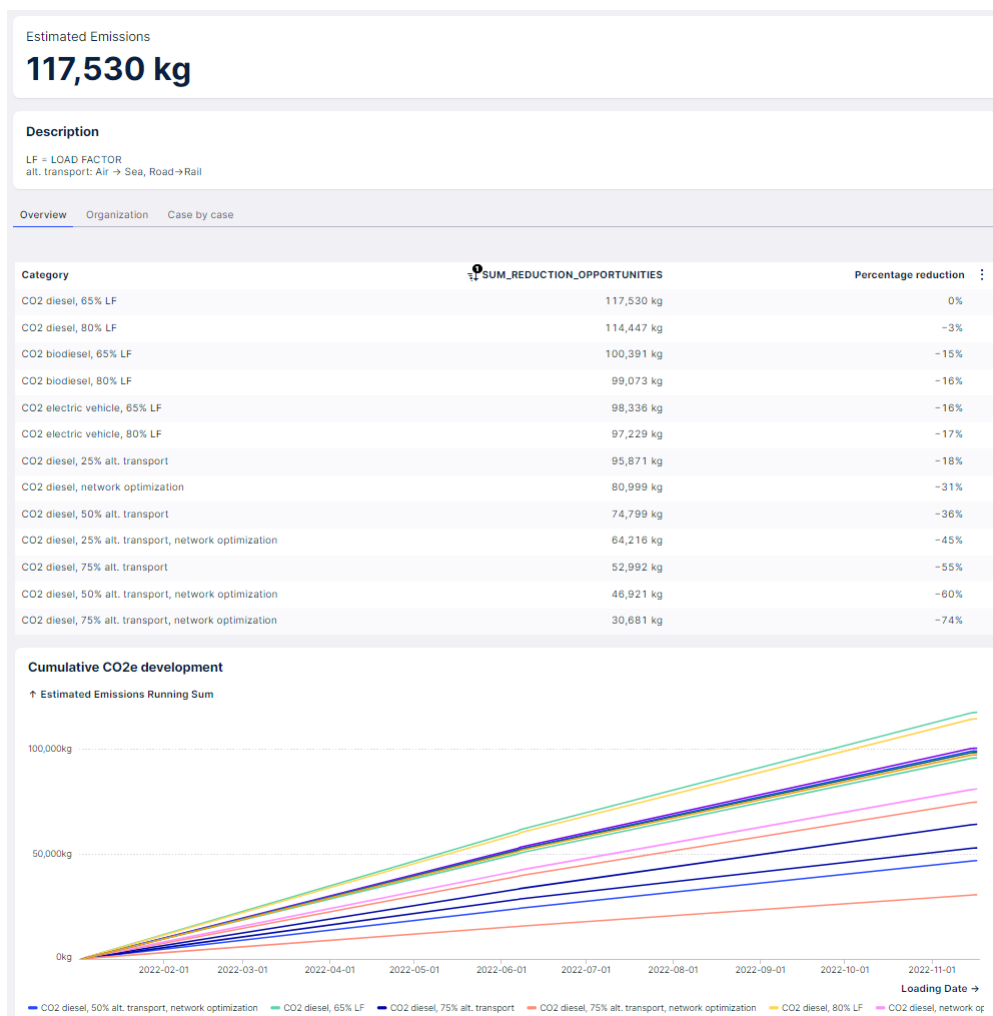


Category	Estimated Air Order Emissions	Estimated Road Order Emissions
CO2 diesel, 65% LF	86,191 kg	29,405 kg
CO2 diesel, network optimization	50,786 kg	29,405 kg
CO2 diesel, 80% LF	86,188 kg	26,377 kg
CO2 diesel, 25% alt. transport	67,596 kg	26,341 kg
CO2 diesel, 25% alt. transport, network optimization	38,252 kg	25,156 kg
CO2 diesel, 50% alt. transport	49,587 kg	23,278 kg
CO2 diesel, 50% alt. transport, network optimization	25,235 kg	20,878 kg
CO2 diesel, 75% alt. transport	30,804 kg	20,254 kg
CO2 diesel, 75% alt. transport, network optimization	13,276 kg	16,598 kg
CO2 biodiesel, 65% LF	86,176 kg	12,571 kg
CO2 biodiesel, 80% LF	86,175 kg	11,276 kg
CO2 electric vehicle, 65% LF	86,174 kg	10,552 kg
CO2 electric vehicle, 80% LF	86,173 kg	9,465 kg

Figur 7.2: Organisasjons analyse

Det kan også implementeres en oversiktside som gir innsikt i selskapets totale utslipp og hvordan denne kan endres ved å innføre tiltak, se Figur 7.3. I sum vil en slik dashboard oppsett kunne gi et detaljert innsikt i hvil-

ke potensiale selskapet har til å kutte utslipp, i hvilke områder og hvilke leveranser.



Figur 7.3: Oversikt

På bakgrunn av analysen i studiene gis derfor følgende anbefaling, presentert gjennom en prioriteringsliste.

1. Fra fly til sjø. Som vist i scenario 1, vil bedriften kunne redusere sine CO2e-utslipp betydelig ved å bytte ut en del av flytransporten med sjøtransport. Dette tiltaket kan også bidra til å redusere kostnadene,

ettersom sjøtransport vanligvis er rimeligere enn flytransport. Det vil imidlertid være en del utfordringer som må løses, for eksempel økt transporttid.

2. Nettverksoptimalisering. Scenario 3 viser at bedriften kan redusere CO₂-utslippene betydelig ved å optimalisere transportnett. Ved å endre effektivisere ruter alene, kan bedriften redusere sine utslipp med opptil 31%, som vist i scenario 3, eller med opptil 74% i kombinasjon med å endre transportmiks, vist i scenario 5. Dette vil også kunne redusere kostnader ved å eliminere ineffektive og unødvendige ruter.
3. Fra lastebil til tog. Scenario 4 viser at bedriften kan redusere CO₂-utslippene ved å erstatte en del av lastebiltransporten med togtransport. Dette vil kunne redusere utslippene i tillegg til å redusere kostnadene, da togtransport ofte er rimeligere enn lastebiltransport. Dette tiltaket vil imidlertid kreve investeringer i infrastruktur og terminalområder for lasting og lossing av varer.
4. Forbedre datakvalitet. Gjennom scenario 2, vises det at en mulig reduksjon ved å øke LF vil være 2.6 %. Dette er likevel basert på antakelser og har en høy grad av usikkerhet knyttet til seg, derfor bør bedriften undersøke mer pålitelige data før de iverksetter tiltak for å øke LF. Å forbedre datakvaliteten vil gi bedriften en bedre oversikt over transportbehovene og transportmønsteret, og vil kunne gi grunnlag for mer effektive og bærekraftige transportløsninger.

Her er det fordelaktig å ta nytte av dashbordene i Celonis for å drive med kontinuerlig overvåkning av utslippene samt analysere utslippsreduksjon gjennom stadig nye scenarioer. Dette gjør det også enklere å rapportere og

kommunisere bedriftens utslippsdata til alle interessenter, inkludert kunder, leverandører og myndigheter.

7.3 Videre arbeid

Å avkarbonisere hele verdikjeden er ikke noe som kan skje over natten og det er viktig å overvåke fremdriften og kontinuerlig evaluere endringer som gjøres. Miljømessige fordeler som redusert tCO₂e er ikke det eneste bedrifter bør vurdere. Prosjektet er avgrenset til å kun fokusere på tCO₂e, men det er mulig å inkludere for eksempel vannforbruk i de samme aktivitetene, som kunne gitt et mer helhetlig bilde. Videre bør det vurderes andre aktiviteter utenfor omfanget i dette prosjektet for å videre jobbe med karbonreduksjon. Mange bedrifter driver ikke med eksempelvis transport av varer, så disse bør heller fokusere på scope 1 og 2. På denne måten kan man få et mer helhetlig bilde av hvordan ulike aktiviteter og prosesser i en bedrift påvirker dens totale utslipp.

Datakvalitet og samarbeid med transportører En viktig faktor i jobben mot lavere utslipp er valget og evalueringen av transportselskap. Da samarbeidsbedriften kun bruker eksterne transportaktører i landene inkludert i analysen, er det viktig at disse selskapene jobber med lignende reduksjonsmål. I dag blir transportselskapene vurdert etter hvor bærekraftige de er, men i forhold til faktorer som kostnad og kvalitet har dette fortsatt lite å si. For å påvirke transportselskapene til å bli mer miljøvennlige bør også det bærekraftige perspektivet bli sett på som et viktigere evalueringskriterium. I tillegg til å lage avtaler som inkluderer bærekraft bør også bedriften søke etter å få mer innsikt i data transportørene sitter på. Per nå har bedriften lite innsikt i data fra transportører, som fører til manglende dataforståelse. I

tillegg har deres egne data varierende kvalitet, noe som også påvirker utfallet av analysen gjort i dette prosjektet.

Videre forskning For videre forskning er det interessant å se på den teknologiske utviklingen i fremtiden, og hva dette vil ha å si for muligheter innenfor karbonreduksjon. Det kan her kvantifiseres hva nye teknologiske løsninger har av potensial, og analyseres hva det vil kreve å implementere dette. I tillegg bør det forskes mer på hva effekten av å implementere nytt regelverk rundt karbonutslipp er. Det må vurderes hvilke økonomiske, sosiale og miljømessige implikasjoner endringer i regelverk faktisk fører med seg. Videre må det også forskes mer på interessenter, der ulike sektorer må involveres. Perspektivene og holdningene til ulike interessenter må forstås, slik at man kan utforske mulighetene for å samarbeide for å nå klimamålene.

Referanseliste

- Adra, N., Michaux, J., & Andre, M. (2004). Analysis of the load factor and the empty running rate for road transport. Artemis - assessment and reliability of transport emission models and inventory systems.
- Anthes, R., Notter, B., Biemann, K., & Dobers, K. (2021). *Environmental Methodology and Data Update 2020*. https://www.ecotransit.org/wordpress/wp-content/uploads/20210531_Methodology_Report_EcoTransIT_World.pdf
- Bolland, P., & Nord, P. (2020). *Carbon Dioxide Emission Management in Power Generation*. Wiley.
- CE Delft, Fraunhofer IML, TRT, Ecorys & Conlogic. (2014). *Fact-finding studies in support of the development of an EU strategy for freight transport logistics*. Delft. <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/2014-12-introduction-of-a-standardised-carbon-footprint-methodology.pdf>
- Colbert-Sangree, T. (2022, 31. oktober). *WHAT ARE EMISSION FACTORS? AND WHERE CAN I FIND THEM?* Hentet 23. januar 2023, fra <https://ghginstitute.org/2022/10/31/what-are-emission-factors-and-where-can-i-find-them/>
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. W., Carlton, J. S., Lewandowsky, S., Skuce, A. G., Green, S. A., Nuccitelli, D., Jacobs, P., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., & Rice, K. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmen-*

- tal Research Letters*, 11(4), 048002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Course Sidekick. (u.å.). *Boundless Finance The Role of Risk in Capital Budgeting Scenario and Simulation Assessments*. Hentet 5. mai 2023, fra <https://www.coursesidekick.com/finance/study-guides/boundless-finance/scenario-and-simulation-assessments>
- Davydenko, I. Y., Smokers, R. T. M., Hopman, W. M. M., & Wagter, H. (2021). *GCD as the optimal distance metric for CO2e allocation in freight transport*. Hentet 7. februar 2023, fra <https://carbonfootprinting.org/wp-content/uploads/2021/10/20210705-GCD-as-optimal-distance-metric.pdf>
- Delubac, A. (u.å.). *Carbon accounting: all you need to know in 2023*. Hentet 9. mars 2023, fra <https://greenly.earth/en-gb/blog/company-guide/carbon-accounting-all-you-need-to-know-in-2022>
- Dixon, A., Gardner, C., & Yates, A. (2021). *Load Factor as a Smart Freight Metric: Opportunities and Barriers*. American Council for an Energy-Efficient Economy. <https://www.aceee.org/sites/default/files/pdfs/Load%20Factor%20Smart%20Freight%2011-18-21.pdf>
- Dundee Resource for Protein Structure Prediction and Data Analysis. (2018). *Non-parametric tests*. Hentet 2. mai 2023, fra https://dag.compbio.dundee.ac.uk/workshops/statistics_lectures/10_Non-parametric_tests.pdf
- European Union Agency for Railways. (2023). Rail Facilities Portal. <https://www.railfacilitiesportal.eu/>
- FN. (2023). *Stoppe klimaendringene*. Hentet 9. mars 2023, fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>

- FN-sambandet. (2022, 22. desember). *Parisavtalen*. Hentet 11. mai 2023, fra <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>
- Frey, C., Pneman, J., Hanle, L., Monni, S., & Ogle, S. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 1: General Guidance and Reporting. Chapter 3: Uncertainties*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_3_Ch3_Uncertainties.pdf
- Geofabrik. (u.å.). Geofabrik. Hentet 28. mars 2023, fra <https://www.geofabrik.de/>
- GeoPy. (u.å.). Welcome to GeoPy's documentation! Hentet 28. februar 2023, fra <https://geopy.readthedocs.io/en/stable/#nominatim>
- GHG Protocol. (2017). WRI GHG Emission Factors Compilation. Hentet 10. mars 2023, fra https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Emission_Factors_from_Cross_Sector_Tools_March_2017.xlsx
- Gialos, A., Zeimpekis, V., Madas, M., & Papageorgiou, K. (2022). Calculation and Assessment of CO₂e Emissions in Road Freight Transportation: A Greek Case Study. *Sustainability*, *14*(17). <https://doi.org/10.3390/su141710724>
- Greene, S. (2023). *Freight Transportation*. Hentet 9. mai 2023, fra <https://climate.mit.edu/explainers/freight-transportation>
- Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT). (2023). *Open-routeservice*. Hentet 12. februar 2023, fra <https://openrouteservice.org/dev/#/api-docs>
- Hurvich, C. M., & Tsai, C.-L. (1989). Regression and Time Series Model Selection in Small Samples. *Biometrika*, *76*(2), 297–307. Hentet 13. mai 2023, fra <http://www.jstor.org/stable/2336663>

- Ingvaldsen, J. E., & Gulla, J. A. (2008). Preprocessing Support for Large Scale Process Mining of SAP Transactions. I A. ter Hofstede, B. Benattallah & H.-Y. Paik (Red.), *Business Process Management Workshops* (s. 30–41). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-78238-4_5
- International Union of Railways. (u.å.). RAILISA UIC STATISTICS. Hentet 3. april 2023, fra <https://uic-stats.uic.org/about/>
- International Organization for Standardization. (2018). *Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. Geneva, CH.
- Kaplan, R., & Ramanna, K. (2022, 12. april). *We Need Better Carbon Accounting. Here's How to Get There*. <https://hbr.org/2022/04/we-need-better-carbon-accounting-heres-how-to-get-there>
- Kassambara, A. (2021). Regression Model Accuracy Metrics: R-square, AIC, BIC, Cp and more. <http://www.sthda.com/english/articles/38-regression-model-validation/158-regression-model-accuracy-metrics-r-square-aic-bic-cp-and-more/>
- Klima. (2021, 5. juli). Co2 vs. Co2e: What's the difference? <https://klima.com/blog/CO2-vs-CO2e-what-is-the-difference/>
- Lane, D. M. (2016). *Statistical Significance: Understanding Significance Levels and P-Values*. Hentet 14. mai 2023, fra https://onlinestatbook.com/2/logic_of_hypothesis_testing/significance.html
- Langer, T. (2021). *Maximizing Truck Load Factor ACEEE Topic Brief*. American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE). <https://www.aceee.org/sites/default/files/pdfs/Load%20Factor%20Smart%20Freight%2011-18-21.pdf>

- Madre, J.-L., Andre, M., Ottmann, P., Leonardi, J., & Rizet, C. (2010). Importance of the Loading Factor in Transport CO2 Emissions.
- McKinnon, A., & Piecyk, M. (2010). *Measuring and Managing CO2 Emissions of European Chemical Transport*. CEFIC. https://cefic.org/app/uploads/2018/12/MeasuringAndManagingCO2EmissionOfEuropeanTransport-McKinnon-24.01.2011-REPORT_TRANSPORT_AND_LOGISTICS.pdf
- Miljødirektoratet. (2021). *Om Europas grønne giv*. Hentet 15. februar 2023, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/internasjonalt/gronn-giv/europas-gronne-giv/>
- Miljødirektoratet. (2022). *Sirkulær økonomi*. Hentet 15. februar 2023, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>
- Monks, T., Currie, C. S. M., Onggo, B. S., Robinson, S., Kunc, M., & Taylor, S. J. E. (2019). Strengthening the reporting of empirical simulation studies: Introducing the STRESS guidelines. *Journal of Simulation*, 13(1), 55–67. <https://doi.org/10.1080/17477778.2018.1442155>
- Nakaner. (2023). OpenRailRouting. Hentet 22. mars 2023, fra <https://github.com/geofabrik/OpenRailRouting>
- Nakicenovic, N., & Swart, R. (2000). Emissions scenarios - special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sres-en.pdf>
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2019). *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods: Interpreting the Kolmogorov-Smirnov Test*. Hentet 14. mai 2023, fra <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35g.htm>

- Nichat, M. K. (2013). Landmark Based Shortest Path Detection by Using A* and Haversine Formula. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 1(2). https://www.researchgate.net/profile/Mangesh-Nichat-2/publication/282314348_Landmark_based_shortest_path_detection_by_using_A_Algorithm_and_Haversine_Formula/links/56389bb708ae4bde5021b0f5/Landmark-based-shortest-path-detection-by-using-A-Algorithm-and-Haversine-Formula.pdf
- Ntziachristos, L., Samaras, Z., Kouridis, C., Samaras, C., Hassel, D., Mellios, G., McCrae, I., Hickman, J., Zierock, K., Keller, M., Rexeis, M., Andre, M., Winther, M., Pastramas, N., Gorissen, N., Boulter, P., Katsis, P., Joumard, R., Rijkeboer, R., ... Hausberger, S. (2021). *1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i>
- O'Connell, A., Pavlenko, N., Bieker, G., & Searle, S. (2023). *BATTERY ELECTRIC TRUCKS EMIT 63% LESS GHG EMISSIONS THAN DIESEL*. The International Council of Clean Transportation (ICCT). <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/02/lca-ghg-emissions-hdv-fuels-europe-feb23.pdf>
- Office of Rail and Road. (2021, 19. august). *Rail Emissions 2020-21*. <https://dataportal.orr.gov.uk/media/1993/rail-emissions-2020-21.pdf>
- ONCF. (u.å.-a). *Notre offre d'appui logistique Nos plateformes logistiques*. Hentet 3. april 2023, fra <https://www.oncf.ma/fr/Fret-et-logistique>

- ONCF. (u.å.-b). *Plan Rail Maroc*. Hentet 3. april 2023, fra <https://www.oncf.ma/fr/Developpement/Strategie/Plan-rail-maroc#group>
- ONCF. (u.å.-c). *Projets de développement en cours*. Hentet 3. april 2023, fra <https://www.oncf.ma/fr/Fret-et-logistique/Autres-thematiques/Projets-de-developpement-en-cours>
- Parts, M. (2018). *Why do semi-trucks run on Diesel?* Hentet 16. februar 2023, fra <https://www.mickeyparts.com/pages/why-do-semi-trucks-run-on-diesel/>
- Perrin, E. (1904). I. On some Dangers of Entrapolation. *Biometrika*, 3(1), 99–103. <https://doi.org/10.1093/biomet/3.1.99>
- PWC. (2022). *Bærekraftsdirektivet (CSRD) vedtatt i EU – Hva betyr det for din virksomhet?* Hentet 15. februar 2023, fra <https://www.pwc.no/no/pwc-aktuelt/enighet-om-baerekraftsdirektivet-csr.html>
- Reinkemeyer, L. (2022). Status and Future of Process Mining: From Process Discovery to Process Execution. I *Process Mining Handbook*. Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-08848-3_13
- SAS Institute Inc. (u.å.). JMP. Hentet 2. mai 2023, fra https://www.jmp.com/en_us/home.geo.html
- SciPy utviklere. (2021a). *scipy.stats.mannwhitneyu*. Hentet 2. mai 2023, fra <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.mannwhitneyu.html>
- SciPy utviklere. (2021b). *scipy.stats.shapiro*. Hentet 2. mai 2023, fra <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.shapiro.html>

- SciPy utviklere. (2021c). *scipy.stats.ttest_ind*. Hentet 2. mai 2023, fra https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.ttest_ind.html
- Searoutes. (u.å.). *Searoutes*. Hentet 2. mars 2023, fra <https://developer.searoutes.com/reference/introduction-2>
- Sheldon, R. (2004). *Introduction to probability and statistics for engineers and scientists* (3. utg.). Elsevier Academic Press.
- Smart Freight Centre. (2019). *Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions, Accounting and Reporting*. https://cdn.flxml.eu/dyn/tpl_attributes/user_documents/user_34250_documents/2019_GLEC_Framework_July_2022_web.pdf
- Spiller, P. (2021). *Making supply-chain decarbonization happen*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/making-supply-chain-decarbonization-happen>
- Statistics Solutions. (u.å.). *Mann-Whitney U Test*. Hentet 14. mai 2023, fra <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/mann-whitney-u-test-2/>
- Transporeon Sustainability. (2023). *Using primary data in scope 3 emissions reporting*. Hentet 2. mai 2023, fra <https://www.linkedin.com/pulse/using-primary-data-scope-3-emissions-reporting>
- Transport & Mobility Leuven and IRU contribution. (2017). *Commercial Vehicle of the Future A roadmap towards fully sustainable truck operations*. Transport & Mobility Leuven; IRU contribution. <https://www.iru.org/sites/default/files/2017-07/iru-report-commercial-vehicle-of-the-future-en%20V2.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (2022). *Basic Information of Air Emissions Factors and Quantification*. Hentet 12. februar 2023,

fra <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification>

Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., . . . van Mulbregt, P. (2020). SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, 17, 261–272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>

Vose, D. (2008). *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. Wiley.

World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard*. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. (2011). *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf

World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. (2013). *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf

World Economic Forum. (2021). *Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Challenge_The_Supply_Chain_Opportunity_2021.pdf

Vedlegg A Standardverdier

Tabell A.1: Veitransport, diesel: utslippsfaktorer

Organisasjon	g CO ₂ /t-km	Kommentar
GLEC ¹	75	Well to Wheel, 34-40 t GVW, container, 30% empty running, 72% LF. Inkluderer CO ₂ e.
GLEC ¹	80	Well to Wheel, 34-40 t GVW, average/mixed, 17% empty running, 60% LF. Inkluderer CO ₂ e.
GHG ²	86	Inkluderer CO ₂ e.
NTM ³	59	60% LF.
IFEU ³	66	
Tremove ³	77.2	
DEFRA ³	82	> 32t GVW, 27% empty running, 59% LF.
INFRAS ³	91	
ADEME ³	109	max load 25t, 21% empty running, 57% LF.
- ⁴	73	Articulated > 34-40t, snittfart på 60km/t, 50% LF. ⁵
- ⁴	48	Articulated > 34-40t, snittfart på 60km/t, 100% LF ⁵
- ⁴	89	Articulated 40t, snittfart på 65km/t, 72% LF. ⁶

¹ Smart Freight Centre (2019, s.106)

² Tabell 16, rad 41 i GHG Protocol (2017)

³ Tabell 2 i McKinnon og Piecyk (2010, s.16)

⁴ Tabell 1 i Madre mfl. (2010, s.5). Beregnet ved liter diesel * utslippsfaktor for drivstoff.

⁵ Tabell 3-12 i Ntziachristos mfl. (2021, s.22)

⁶ Tabell 3 og figur 7 i Gialos mfl. (2022, s.13)

Tabell A.2: Veitransport, alternative drivstoff: utslippsfaktorer

Organisasjon	g CO2/t-km	Kommentar
ICCT & GLEC ¹	28	Elektrisk.
GLEC ²	33	Bio-LNG/diesel. Articulated <40t, WTW. Inkluderer CO2e.

¹ Basert på at elektriske 40 t trailere slipper ut 63% mindre CO2 enn diesel-drevne trailere med utgangspunkt i 75 g CO2e/tkm som standard diesel faktor O'Connell mfl. (2023)

² Smart Freight Centre (2019, s.106)

Tabell A.3: Skipstransport: utslippsfaktorer

Organisasjon	g CO2/t-km	Kommentar
DEFRA ¹	11.5	Stort container skip, 20.000 tonn
GHG ²	12.5	Stort container skip, 20.000 tonn
BSR/Clean Cargo ¹	8.4	Gjennomsnittlig dyp-sjø container skip
NTM ¹	5	Dyp-sjø skip, 120.000 tonn
GHG ²	5.9	Dyp-sjø skip, 100.000 tonn
GLEC ³	2.9	Gjennomsnittlig last, dyp-sjø skip, 100.000 tonn, 86% LF, 43% empty running, HFO drivstoff

¹ Tabell 5 (McKinnon & Piecyk, 2010, s.18)

² Tabell 16, rad 55 og 60 (GHG Protocol, 2017)

³ Smart Freight Centre (2019, s.108)

Tabell A.4: Flytransport: utslippsfaktorer

Flylengde	LF (freight/passenger)	g CO ₂ e/t-km
Kort <1000km	50/65	1 430 ¹
Kort <1000km	50/65	1 130 ²
Kort	-	1 473 ³
1000km ≤ middels ≤ 3700km	70/70	920 ¹
1000km ≤ middels ≤ 3700km	70/70	700 ²
Middels	-	867 ²
Lang >3700km	70/80	800 ¹
Lang >3700km	70/80	630 ²
Lang	-	613 ³

¹ EN16258 (Smart Freight Centre, 2019)

² ICAO/IATA RP1678 (Smart Freight Centre, 2019)

³ Tabell 16, rad 7,8 og 9 (GHG Protocol, 2017)

⁴ Tabell 7, NTM (McKinnon & Piecyk, 2010, s.19)

Tabell A.5: Jernbanetransport: utslippsfaktorer

Organisasjon	g CO ₂ e/t-km	Kommentar
GLEC ¹	9	Elektrisk trekkraft, Europa, container
GLEC ²	25	Dieseldrevet, Europa, container
Office of Rail and Road ³	27	Jernbane, dieseldrevet

¹ (Smart Freight Centre, 2019, s.100)

² (Smart Freight Centre, 2019, s.99)

³ (Office of Rail and Road, 2021, 19. august)

Vedlegg B Dokumentasjon av simulering

B.1 Oversikt over simuleringer

I scenarioanalysen ble det utarbeidet kode for å kjøre 4 forskjellige typer simuleringer. Disse inneholder totalt 6 ulike scenarioer, og ble gjort da det kunne effektivisere koden å kombinere utregninger.

B.2 Datasett

I simuleringen har det blitt benyttet flere datasett. I det følgende presenteres tabellene med datatypene i de ulike kolonnene, der et anonymisert eksempel også blir presentert.

Datasett 1 Dette datasettet inneholder informasjon om alle leveringer fra Celonis.

Datasett 2 Datasett 2 inneholder informasjon om alle mulige ruter for levering. Dette er for å kunne generere et datasett som skal brukes i simuleringen av scenario 1, der det må regnes ut CO₂ for alle alternative ruter. Det kan i datasettet være to ruter mellom én start-adresse og én slutt-adresse, da det kan benyttes både fly eller båt mellom punktene.

Tabell B.1: Alle leveringer

Kolonnenavn	Forklaring	Eksempel
delnr	Leveringsnummer på bestilling	123
address1	Startsted for levering	Paris, Frankrike
end searching address	Sluttdestinasjon for levering	0553 Oslo, Norge
mode of transport	Type transportmiddel benyttet (hovedsakelig)	Fly
weight	Vekt tilknyttet hver levering, i kg	5.5

Tabell B.2: Alle ruter

Kolonnenavn	Forklaring	Eksempel
mode of transport	Type transportmiddel benyttet (hovedsakelig)	Sea
start searching address	Startsted for levering	Paris, Frankrike
end searching address	Sluttdestinasjon for levering	0553 Oslo, Norge
distance	En datastreng med informasjon om transportmidler og tilknyttede distanser, i km	'Road': 500, 'Sea': 7200

Datasett 3 Datasett 3 inneholder informasjon om ruter som muliggjøres dersom man benytter seg av varehus på andre lokasjoner.

Tabell B.3: Alle alternative ruter

Kolonnenavn	Forklaring	Eksempel
mode of transport	Type transportmiddel benyttet (hovedsakelig)	Air
start searching address	Startsted for levering	Cape Town, Sør-Afrika
end searching address	Sluttdestinasjon for levering	0553 Oslo, Norge
distance	En datastreng med informasjon om transportmidler og tilknyttede distanser, i km	'Road': 50, 'Air': 10 200

B.3 Gjennomføring av simulering

Utregning av utslippsfaktor og CO₂

For å regne ut utslippsfaktoren for vei-transport, er den statistiske modellen fra kapittel 5 benyttet. For sjø, fly og tog er det brukt standardverdier. Denne metoden vil ta inn distanse, som inkluderer to leveringsmetoder, samt vekt og utslippsfaktor. Pseudokoden ser slik ut: For hver levering

For hver leveringsmetode

Legg til støy på utslippsfaktor for diesel/elektrisk/biodiesel

Regn ut CO₂e per leveringsmetode

Legg sammen CO₂e per leveringsmetode Returner CO₂e per levering

For å legge til støy er det da valgt en verdi innenfor 3 ganger standardavviket til den tilhørende LF, og lagt til denne. For å legge til tilsvarende støy for utslippsfaktorene for alternative transportmetoder, har det da blitt regnet ut forskjellen mellom utslippsfaktor uten støy og utslippsfaktor med

støy i hver levering og simulering. Denne prosentvise reduksjonen eller økningen har blitt brukt til å justere utslippsfaktor for alternativ utslippsfaktor tilsvarende.

Basisscenario, scenario 2, 4 og 6: Oppbygging av kode.

For å redusere tiden brukt på å kjøre smuleringer, har teamet kombinert kjøring for basisscenarioet, scenario 2, 4 og 6 da dette inkluderte differanser i utslippsfaktor brukt for veitransport. Pseudokode for metoden ser slik ut:

For hver simulering

For hver levering

Hent vekt for levering

Hent leveringsmetode for levering

Hent distanse for levering

Regn ut CO₂e for levering, med skilnad på utslippsfaktor, som returnerer fire tall

Legg til leveringsnummer og CO₂e per utslippsfaktor brukt i liste

Legg til statistikk for alle leveringer per simulering i en liste Returner liste med statistikk, som inkluderer simuleringsnummer, leveringsnummer og utregnet CO₂e

Scenario 1: Oppbygging av kode

For å gjennomføre scenario 1, der alternative transportmetoder kunne benyttes, måtte det genereres data på hva karbonutslippet ville vært dersom alternativ metode ble brukt, i tillegg til at det måtte regnes ut karbonutslipp på gammel metode dersom ny metode ikke skulle brukes. I scenarioanalysen

er det gjort tre del-analyser av scenario 1, alle med forskjellige sannsynligheter for at ny leveringsmetode skal benyttes. Pseudokode for metoden vil dermed se slik ut:

For hver simulering

For hver levering

Hent vekt for levering

Hent leveringsmetode

Generer et tilfeldig tall mellom 0 og 1

Hvis tilfeldig tall er mindre enn definert sjanse for å bruke ny leveringsmetode eller leveringsmetode er sjø

Hent alternativ distanse for levering

Regn ut CO2e for levering

Hvis ikke

Hent opprinnelig distanse for levering

Regn ut CO2e for levering

Legg til leveringsnummer og co2e i liste

Legg til statistikk for alle leveringer per simulering i en liste

Returner liste med statistikk, som inkluderer simuleringsnummer, leveringsnummer og utregnet CO2e

Scenario 3: Oppbygging av kode

For hver simulering

For hver levering

Hent vekt for levering

Hent leveringsmetode

Hvis alternativ rute finnes for bestillingen

 Hent alternativ distanse for levering

 Regn ut CO2e for levering

Hvis ikke

 Hent opprinnelig distanse for levering Regn ut CO2e for levering

Legg til leveringsnummer og co2e i liste

Legg til statistikk for alle leveringer per simulering i en liste

Returner liste med statistikk, som inkluderer simuleringsnummer, leveringsnummer og utregnet CO2e

Scenario 5: Oppbygging av kode

I scenario 5 var det først nødvendig å generere en ny kolonne i datasett 1, der alternativ distanse 2 var inkludert. Denne alternative distansen inkluderer da kun data der det er mulig å benytte andre lagerlokasjoner enn de opprinnelige, og vil returnere NaN-verdier i alle andre tilfeller. Pseudokoden ser slik ut:

For hver simulering

 For hver levering

 Hent vekt for levering

 Hent leveringsmetode

 Generer et tilfeldig tall mellom 0 og 1

Hvis tilfeldig tall er mindre enn definert sjanse for å bruke ny leveringsmetode eller leveringsmetode er sjø

Hvis alternativ rute finnes for bestillingen

Hent alternativ distanse 1 for levering

Regn ut CO2e for levering

Hvis ikke,

Hent alternativ distanse 2 for levering

Regn ut CO2e for levering

Hvis ikke

Hent opprinnelig distanse for levering

Regn ut CO2e for levering

Legg til leveringsnummer og co2e i liste

Legg til statistikk for alle leveringer per simulering i en liste

Returner liste med statistikk, som inkluderer simuleringsnummer, leveringsnummer og utregnet CO2e

Vedlegg C Underkategorier i Scope 3 - GHG-protokollen

Underkategorier i Scope 3, fra tabell 5.3 (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2011, s.32).

1. Purchased goods and services
2. Capital goods
3. Fuel- and energy-related activities (not included in scope 1 or scope 2)
4. Upstream transportation and distribution
5. Waste generated in operations
6. Business travel
7. Employee commuting
8. Upstream leased assets
9. Downstream transportation and distribution
10. Processing of sold products
11. Use of sold products
12. End-of-life treatment of sold products
13. Downstream leased assets

14. Franchises

15. Investments



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway