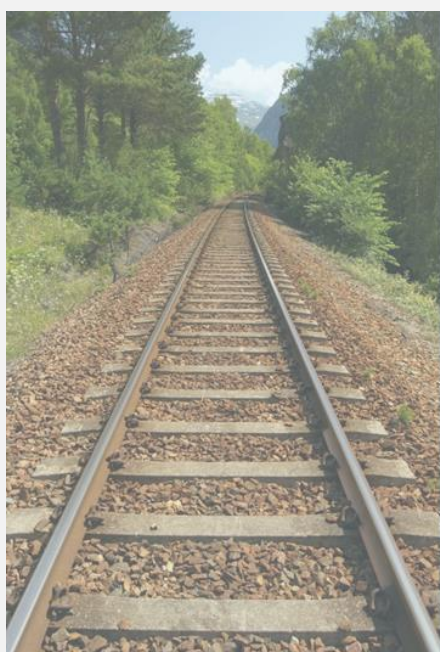


Avinor AS

KLIMAPÅVIRKNING FRA PERSONREISER MED FLY, TOG OG BIL

SUPPLERENDE RAPPORT TIL AVINORS BÆREKRAFTRAPPORT 2020

Dato: 28.09.2020



Dokumentinformasjon



Oppdragsgiver: Avinor AS
Tittel på rapport: Klimapåvirkning fra personreiser med fly, tog og bil
Oppdragsnavn: Sammenligning av luftfart med andre transportformer
Oppdragsnummer: 628658-01
Utarbeidet av: Johanne Hammervold
Oppdragsleder: Johanne Hammervold
Tilgjengelighet: Åpen

Forord



Denne rapporten omfatter en sammenligning av personreise med tog, fly og bil. Strekningene som omfattes av analysene er Oslo – Bergen, Oslo – Trondheim og Oslo – Bodø. Arbeidet er gjort på oppdrag for Avinor i forbindelse med deres bærekrafts-rapport for 2020. Denne rapporten er et supplement til avsnittene om klima i bærekrafts-rapporten for å gi mer utfyllende dokumentasjon på forutsetninger og beregninger.

Trondheim, 28.09.2020

Johanne Hammervold
Oppdragsleder

Linda Ager-Wick Ellingsen
Kvalitetssikrer

Innhold

1. Innledning	2
2. Forutsetninger for beregninger	2
2.1. Togtransport.....	3
2.2. Personbil.....	4
2.3. Fly	5
3. Resultater.....	5
4. Konklusjon.....	7
5. Kilder	7

1. INNLEDNING

Med jevne mellomrom har Avinor sammen med flyselskapene (SAS, Norwegian og Widerøe), NHO Luftfart og LO produsert rapporten «*Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart*». Rapporten er ment som et felles faktagrunnlag om status og utvikling i trafikk og utslipp i og fra Norge. Rapporten presenterer blant annet tiltak som kan redusere klimagassutslipp for luftfartssektoren og sammenligner klimagassutslipp knyttet til persontransport via fly med andre transportformer. I forbindelse med utarbeidelse av en oppdatert rapport, har også en oppdatert sammenligning av klimagassutslipp mellom ulike persontransportformer blitt utarbeidet.

For å gjøre en sammenligning av klimagassutslipp har Asplan Viak beregnet klimafotavtrykket til persontransport med fly, tog og bil. Klimafotavtrykket beregnes med livsløpsvurderinger (LCA) og betrakter både indirekte og direkte utslipp knyttet til hver av transportalternativene. Klimafotavtrykket gir altså en helhetlig vurdering av klimagassutslippene. I sammenligningen vurderes persontransport via fly, tog og bil på tre strekninger: Oslo-Bergen, Oslo-Trondheim og Oslo-Bodø.

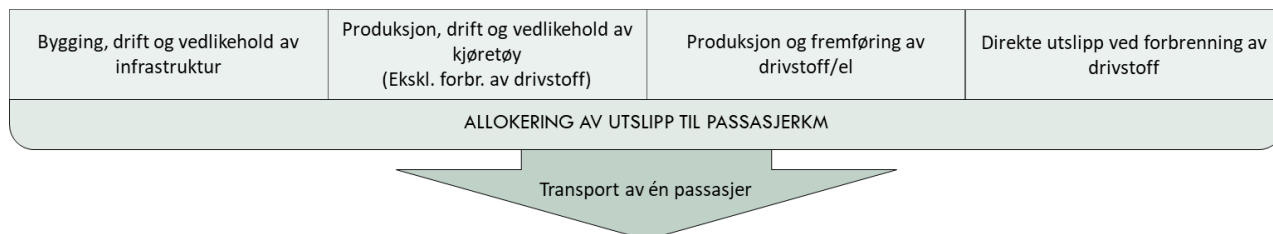
For å sikre en balansert og nøytral gjennomførelse av utslippsanalysen, inviterte Avinor en rekke miljøorganisasjoner til å være med i en referansegruppe. Referansegruppen bestod av Bellona, Framtiden i våre hender, Naturvernforbundet, Regnskogfondet og Zero. Referansegruppen ble invitert til å gi innspill ved to anledninger, ved oppstart og presentasjon av analysens gjennomføring og deretter ved presentasjon av analysens resultater. På denne måten ga referansegruppen tilbakemelding på hvordan rapporten kunne forbedres og brukes.

Denne rapporten dokumenterer forutsetningene og tallgrunnlaget for beregningene av klimagassutslipp for de ulike transportformene og strekningene.

2. FORUTSETNINGER FOR BEREKNINGER

Beregningene er gjennomført med LCA-metodikk i henhold til ISO 14040:2006 [1]. Noen faktorer og utslippstall basert på prosesser i ecoinvent [2]; en database med inventar for omtrent 18 000 materialer, transport, energiproduksjon, infrastruktur osv. Databasen er utviklet gjennom 20 år og er det mest anerkjente innen livsløpsvurderinger internasjonalt.

Beregnete utslipp for personreiser på strekningene omfatter hele livsløpene for hvert transportalternativ, dette er illustrert i Figur 1. Beregningene er spesifikke for de tre strekningene som er analysert.



Figur 1: Skjematisk fremstilling av hva som er inkludert i utslipp for persontransport

Det er lagt til grunn Nordisk og Norsk elektrisitetmikser i beregningene. Klimaintensiteter for elmiksene er gitt i Tabell 1. Klimagassutslipp for miksene inkluderer produksjon, eksport og import til henholdsvis

Norge og Norden. Produksjonsdata (energikilder) er hentet fra International Energy Agency (IEA) og eksport-/importdata fra Eurostat. Klimagassutslipp for produksjon og fremføring av elektrisitet er beregnet ut fra data fra ecoinvent med noen tilpasninger for å være mest mulig representative for Norsk og Nordisk markedsmiks.

Tabell 1: Klimaintensiteter for Norsk og Nordisk elektrisitetsmiks

	Norsk	Nordisk
Lav spenning (el- og hybridbiler)	36 gCO ₂ e/kWh	126 gCO ₂ e/kWh
Høy spenning (el-tog)	30 gCO ₂ e/kWh	109 gCO ₂ e/kWh

2.1. Togtransport

Person-, sete- og togkilometer for Dovrebanen, Bergensbanen og Nordlandsbanen (Rørosbanen er ikke inkludert i analysene) for 2019 er hentet fra SSB [3]. Passasjerbelegg på strekning Oslo-Trondheim er 77%, Oslo-Bergen 64% og Oslo-Bodø 66%. Til sammenligning var gjennomsnittlig belegg for hele Norge i 2018 for dieseltog 35 % (denne faktoren er eksempelvis benyttet som default i Vys Miljøkalkulator [4]). Diesel- og elektrisitetsforbruk for tog per setekilometer er oppgitt av Vy: 0,0115 liter diesel/setekm, 0,0496 kWh/setekm. Elektrisitetsforbruket inkluderer 17,5 % tap i strømmettet.

For jernbaneinfrastrukturen er det beregnet livsløpsutslipp ved bruk av BaneNORs Tidligfaseverktøy [5]. Lengde på henholdsvis spor i dagen, tunnel og bru på strekningene er basert på informasjon fra Wikipedia for strekningene. Klimagassutslipp for bygging, drift og vedlikehold av jernbanen på strekningene, er år er beregnet til: Oslo-Bergen: 57 000 tonn CO₂e, Oslo-Trondheim: 62 000 tonn CO₂e, Oslo-Bodø: 81 000 tonn CO₂e. For allokering av utslipp knyttet til infrastrukturen er annen person- og godstransport på strekningene inkludert:

For godstransport er det antatt at 1 tonnkilometer (tkm) tilsvarer 5 pkm. For andre passasjertog på strekningen er følgende fordeling lagt til grunn:

Tabell 2: Allokering av slitasje på infrastruktur

Strekning	Andeler av persontransport på ulike delstrekninger inkludert	Totalt passasjerkm (inkl tkm omsatt til pkm)
Oslo - Bergen	Bergensbanen: all pkm Lokaltog Bergen: 100 % Lokaltog Oslo: 33 %	3 480 mill pkm
Oslo – Trondheim	Dovrebanen: 100 % Oslo – Lillehammer: 100 % Flytoget: 50 % Lokaltog Oslo: 15 % Lokaltog Trondheim: 50 %	3 530 mill pkm
Oslo – Bodø	Nordlandsbanen: 100 % Lokaltog Trondheim: 50 %	6 490 mill pkm

For togsettene er det benyttet ecoinvent-prosesser for bygging, driift (unntatt forbrenning av diesel/forbruk av el) og vedlikehold. Allokering til pkm er basert på en levetid på 6 000 000 togkm for togsettene.

2.2. Personbil

For å kunne beregne klimagassutslipp for personbil er det mange faktorer å ta hensyn til. Valg man tar her kan ha stor innvirkning på størrelsesorden på klimagassutslippene

For å komme frem til representative utslipp knyttet til personbil er det benyttet data fra SSB for sammensetning av Norges bilpark i 2019 [6], fordelt på drivstofftyper og EURO-klasser. Dette er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3: Bilpark fordelt på drivstofftype og Bensin- og dieslbiler fordelt på EURO-klasser

Bilpark 2019, EURO-klasser slått sammen		Andel av bilpark	Fordeling på EURO-klasser for bensin og dieslbiler	Bensin	Diesel
Bensin	1 031 207	37 %	Euro 0	0,10 %	0,01 %
Diesel	1 281 019	46 %	Euro 1	0,08 %	0,02 %
El.	260 692	9 %	Euro 2	0,13 %	0,05 %
Bensin hybrid, ladbar	108 575	4 %	Euro 3	3,80 %	4,55 %
Bensin hybrid, ikke ladbar	108 971	4 %	Euro 4	23,71 %	30,17 %
Parafin	13	0,0 %	Euro 5	18,39 %	37,97 %
Gass	233	0,0 %	Euro 6	18,12 %	16,42 %
Hydrogen	146	0,0 %	Ikke oppgitt ¹	35,67 %	10,81 %
Diesel hybrid, ladbar	7 467	0,3 %	Totalt	100 %	100 %
Diesel hybrid, ikke ladbar	1 722	0,1 %			
Annet drivstoff	45	0,0 %			
TOTALT	2 800 090	100 %			

Biltyper med mindre enn 0,5 % andel av bilparken er ikke inkludert i beregningene.

For hver EURO-klasse er det beregnet et gjennomsnitt for liten, medium og stor bil. For hybridbiler er det antatt at de bruker 20 % el og 80 % bensin på strekningene. For diesel er det lagt til grunn Diesel B7, som inneholder 7 % fettsyre-metyl-ester (FAME). Forbruk av elektrisitet i el-biler er et snitt for ulike effekt-klasser: 0,19 kWh/km, og 4 % tap ved lading er inkludert [7]. Produksjon, drift og vedlikehold av veginfrastruktur er basert på ecoinvent. Produksjon, drift (unntatt forbrenning av drivstoff) og vedlikehold av personbil er også basert på ecoinvent-prosesser, med unntak av at levetiden er endret fra 150 000 til 200 000 km.

Ut fra denne statistikken og disse antagelsene er det beregnet utslipp for hver EURO-klasse og el- og ladbare hybridbiler med både norsk og nordisk elmiks, der både indirekte og direkte utslipp er inkludert. Basert på dette er det beregnet utslipp som skal representere bilparken i Norge per 2019: 286 gCO₂e/km (norsk elmiks) og 287 gCO₂e/km (nordisk elmiks).

For sammenligning med reiser med tog og fly er det lagt til grunn at det er to passasjerer per bil.

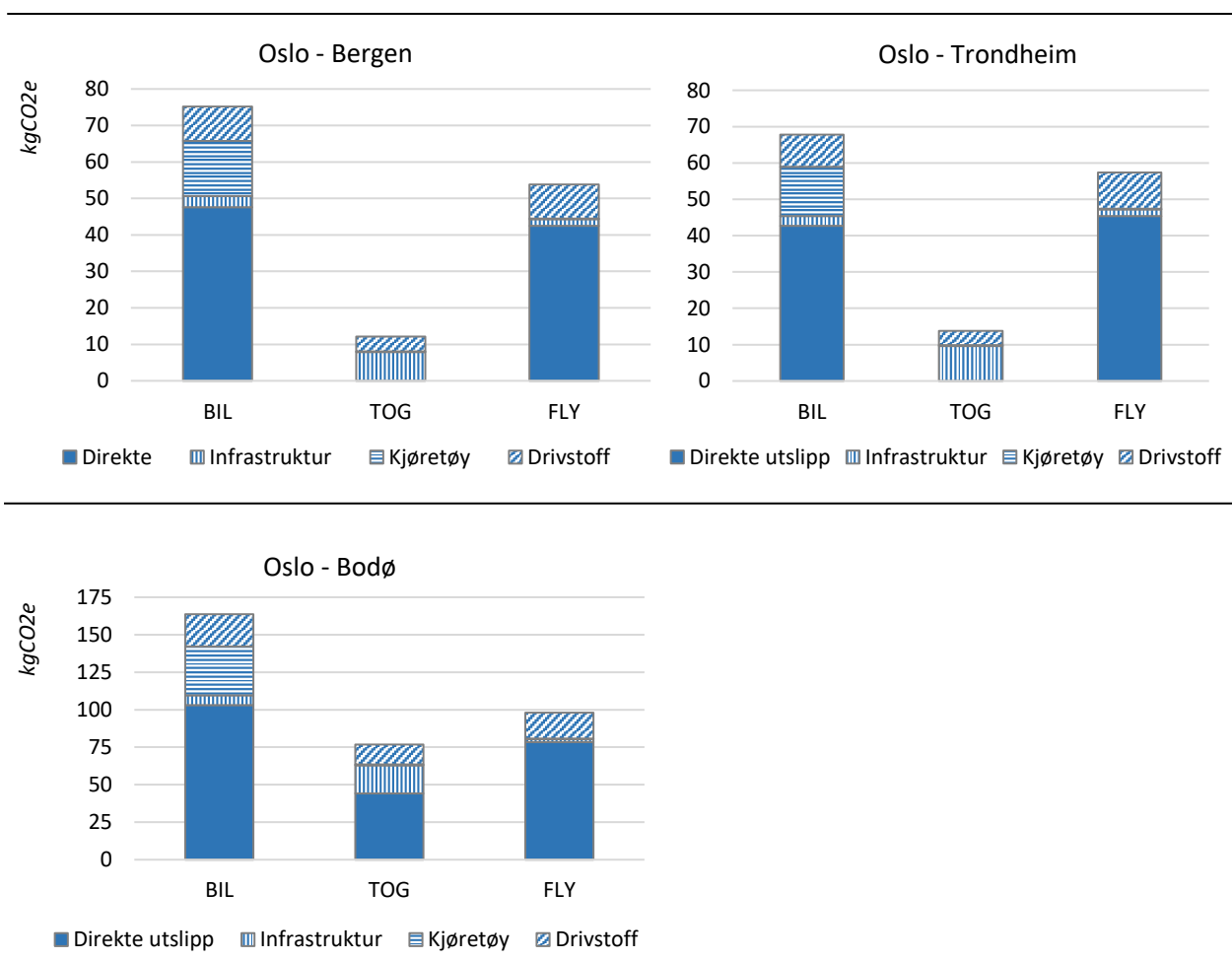
¹ Der euroklasse ikke er oppgitt er det antatt gjennomsnitt av EURO 3, 4, 5 og 6

2.3. Fly

For fly er det benyttet ecoinvent-prosesser for bygging, drift (unntatt forbrenning av drivstoff), vedlikehold og allokering til pkm. Produksjon, drift og vedlikehold av flyplass er basert på en studie fra Sveits [8]; 0,005 kgCO₂/pkm. Drivstofforbruk for fly for 2019 oppgitt av fra SAS og Norwegian for hver av de tre strekningene; Oslo-Bergen: 1 780 kg, Oslo-Trondheim 1 894 kg og Oslo-Bodø: 3 238 kg. Gjennomsnittlig belegg for strekningene er hentet fra statistikk fra SSB; Oslo-Bergen: 72,34 %, Oslo-Trondheim 72,04 % og Oslo-Bodø: 71,17 % [9], [10]. Til sammenligning er gjennomsnittlig kabinfaktor for Norge 67 % (2019). Produksjon av Jet-fuel er basert på ecoinvent. For produksjon/bygging og vedlikehold av flymaskin og flyplass det benyttet data fra ecoinvent-prosesser.

3. RESULTATER

Klimafotavtrykket for reise for én person på de tre strekningene er vist i Figur 2, for de ulike transportalternativene. For alle strekninger er det reise med personbil som gir høyest klimafotavtrykk. En reise med bil fra Oslo til Bergen gir et utslipp på 75 kgCO₂e. Samme strekning med tog gir 12 kgCO₂e og med fly 54 kgCO₂e. En reise fra Oslo til Trondheim med bil gir et utslipp på 68 kgCO₂e. Samme strekning med tog gir 14 kgCO₂e og med fly 57 kg CO₂e. for strekningen Oslo – Bodø gir en reise med bil et utslipp på 164 kgCO₂e, med tog 77 kgCO₂e og Fly 98 kgCO₂e. Merk at y-aksen har ulik skala i de tre grafene.

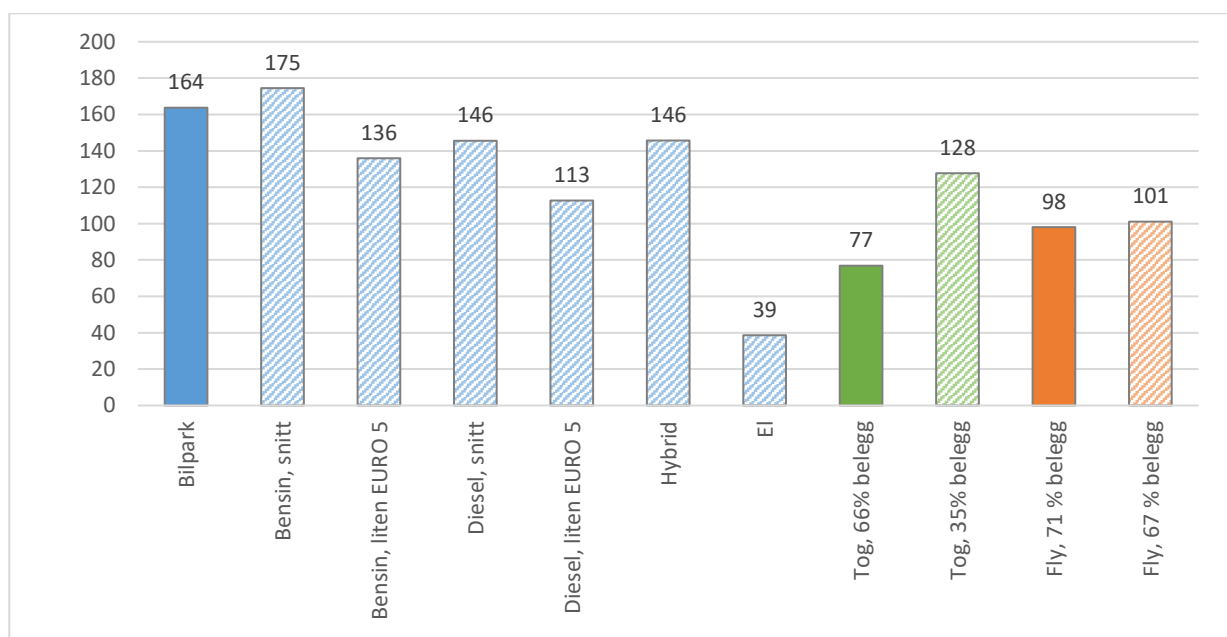


Figur 2: Klimafotavtrykket for reiser med ulike transportalternativer på de tre strekningene

De ulike transportalternativene skiller veldig på hvor stor betydning indirekte utslipp har på de totale utslippene. For personbil utgjør indirekte utslipp 36 %, for fly 21 % og for diesel- og el-tog henholdsvis 43 % og 100 %. For fly er det i all hovedsak produksjon av drivstoff som bidrar til de indirekte utslippene, kjøretøy og infrastruktur har minimal betydning. Dette skyldes lang levetid på flyene og mange passasjerer per flyvning, og at svært mange passasjerer benytter flyplassene. For tog og bil er det henholdsvis infrastruktur og kjøretøy som utgjør mest av de indirekte utslippene. De store forskjellene her avhenger av levetid for kjøretøy og infrastruktur, samt hvor stort antall passasjerer totalt utslippene skal fordeles på.

I denne analysen er det lagt til grunn et snitt av dagens bilpark i Norge. Med andre forutsetninger på biltype vil en kunne få helt andre utslipp for personbilreiser. Videre er belegg en faktor som kan ha mye å si for fly- og togtransport. I våre beregninger er det benyttet spesifikke data for strekningene. Figur 3 viser resultater med alternative forutsetninger (de skraverte søylene):

- Flere alternativer for biltyper: ¹⁾samlet bilpark, ²⁾gjennomsnitt av bensinbiler i bilparken, ³⁾liten bensinbil EURO-klasse 5, ⁴⁾gjennomsnitt av dieserbiler i bilparken, ⁵⁾liten diesebil EURO-klasse 5, ⁶⁾hybridbil og ⁷⁾elbil (nordisk elmiks)
- Gjennomsnittlige nasjonale passasjerbelegg for tog og fly



Figur 3: Sammenligning av reise fra Oslo til Bodø med alternative forutsetninger

Resultatene viser tydelig at det er stor variasjon for klimagassutslipp for ulike personbiler, men det er kun ren elbil som gir lavere utslipp enn tog- eller flyreise. Passasjerbelegget på togreiser varierer veldig på ulike strekninger. Generelt kan en si at på korte strekninger med hyppige avganger er det langt lavere belegg enn for lange strekninger med få avganger. Dersom nasjonalt gjennomsnitt for belegg på tog legges til grunn, øker klimagassutslippene til 128 kg CO2e for togreisen. For fly er det ikke vesentlig forskjell på strekningsspesifikt belegg og nasjonalt gjennomsnitt.

4. KONKLUSJON

Analysene viser at reiser med personbil gir de høyeste klimagassutslippene på alle de tre strekningene, såfremt indirekte utslipp er inkludert. Dersom man ser bort fra indirekte utslipp er reise med bil et bedre alternativ enn fly fra Oslo til Trondheim. Reise med tog gir lavest utslipp på alle strekningene. For strekningene med el-tog er utslippene mye lavere enn for reise med personbil og fly.

5. KILDER

- [1] ISO, "Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006)," 2006.
- [2] G. Wernet, C. Bauer, B. Steubing, J. Reinhard, E. Moreno-Ruiz, and B. Weidema, "The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 21, no. 9, pp. 1218–1230, Sep. 2016.
- [3] SSB, "10484: Persontransport med jernbane, etter togstrekning 2012 - 2019," *Statistisk sentralbyrå*, 2020. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/statbank/table/10484/>. [Accessed: 24-Sep-2020].
- [4] Vy and AsplanViak, "Vy Miljøkalkulator." Vy, 2019.
- [5] BaneNOR and AsplanViak, "Tidligfaseverktøy for klimabudsjett av jernbaneinfrastruktur." BaneNOR, 2019.
- [6] G. M. Pilskog and B. E. Andresen, "Euroklasser, drivstofftyper og kjøretøygrupper (K) 2016 - 2019," 2020.
- [7] L. A.-W. Ellingsen, B. Singh, and A. H. Strømman, "The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles," *Environ. Res. Lett.*, vol. 11, no. 5, p. 054010, May 2016.
- [8] W. Jemioło, M. Supervisor, B. Cox, and T. G. Solvoll, "Life cycle assessment of current and future passenger air transport in Switzerland," 2015.
- [9] SSB, "Tabell 08510: Lufttransport. Passasjerer mellom norske lufthavner 2009K1 - 2020K2," *Statistisk sentralbyrå*, 2020. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/statbank/table/08510/tableViewLayout1/>. [Accessed: 24-Sep-2020].
- [10] SSB, "Tabell 08512: Lufttransport. Flybevegelser og seter mellom norske lufthavner 2009K1 - 2020K2," *Statistisk sentralbyrå*, 2020. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/statbank/table/08512/tableViewLayout1/>. [Accessed: 24-Sep-2020].