

# NERVE – Utslippsmodell for veitrafikk

Dokumentasjon av beregningsmodell for  
klimagassutslipp i norske kommuner

Torleif Weydahl  
Henrik Grythe  
Tormod Wergeland Haug  
Harald Høyem



<b>NILU rapport 28/2018</b>	ISBN: 978-82-425-2951-0 ISSN: 2464-3327	TILGJENGELIGHET: A – Åpen
DATO 19.10.2018	ANSVARLIG SIGNATUR Ole-Anders Braathen, viseadministrerende direktør (sign.)	ANTALL SIDER 112
TITTEL NERVE – Utslippsmodell for veitrafikk Dokumentasjon av beregningsmodell for klimagassutslipp i norske kommuner	PROSJEKTLEDER Torleif Weydahl	NILU PROSJEKT NR. 117112
	KVALITETSSIKRER Susana Lopez-Aparicio	
FORFATTER(E) Torleif Weydahl og Henrik Grythe, NILU, Tormod Wergeland Haug, Harald Høyem, Urbanet Analyse	OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Miljødirektoratet, Klimaavdelingen, seksjon for utslippsregnskap og tiltaksanalyser, Grensesvingen 7, 0661 Oslo	OPPDRAGSGIVERS REF.	
REFERAT NILU og Urbanet Analyse har på oppdrag fra Miljødirektoratet utviklet modellen NERVE («Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust») for klimagassutslipp fra veitrafikken i norske kommuner. NERVE beregner klimagassutslipp fra veitrafikken totalt innenfor hver kommune geografisk og for kommunens innbyggere, både som totalt utslipp og som en utslippsfaktor (g/km). NERVE er en «bottom-up» modell som bygger på fire detaljerte datasett; 1) Veinettet ved alle offentlige veier fra Nasjonal vegdatabank (NVDB), 2) trafikk på vei fra Regional Transport Model (RTM), 3) kjørelengdestatistikken for norskregistrerte kjøretøy fra Statistisk Sentralbyrå Norge (SSB) og 4) utslippsfaktorer fra HBEFA (Hand Book of Emission Factors for Road Transport).		
TITLE NERVE («Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust»). Documentation of emission model for greenhouse gas from Norwegian Municipalities		
EMNEORD Klimagasser By og trafikkforurensning Modellering		
ABSTRACT NILU and Urbanet have developed the model NERVE («Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust») for greenhouse gases from road traffic in Norwegian municipalities commissioned by the Norwegian Environment Agency. NERVE calculates the greenhouse gas emission factors and emissions from road traffic as a total within the geographical boundaries of each municipality and from the driving of inhabitants of each municipality. NERVE is a «bottom-up» emission model build on four full-detailed datasets for road traffic (RTM), road properties (NVDB), emission factors (HBEFA) and driving distances (SSB).		
PUBLISERINGSTYPE: Digitalt dokument (pdf)	FORSIDEBILDE: Kilde: NILU	

© NILU – Norsk institutt for luftforskning  
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

NILU er ISO-sertifisert i henhold til NS-EN ISO 9001/ISO 14001 og akkreditert i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

## Forord

Miljødirektoratet skal, på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet, videreutvikle eksisterende statistikk over klimagassutslipp i kommuner og beregningsmetodikk for vurdering av tiltak og virkemidler for kommuner. Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Urbanet Analyse AS (UA) har, på oppdrag fra Miljødirektoratet, utviklet en modell for beregning av klimagassutslipp fra veitrafikken i norske kommuner. Modellen NERVE («Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust (Model)») er utviklet gjennom prosjektet med samme navn.

Klimaavdelingen ved Miljødirektoratet, seksjon for utslippsregnskap og tiltaksanalyser ved Nina Holmengen og Anne Zimmer Jacobsen, har ledet arbeidet fra oppdragsgivers side. Nina Holmengen utarbeidet ideskisse til modellen, som lå vedlagt i utlysningsteksten til oppdraget.

Det har blitt gjennomført en pilotstudie i prosjektet med utvalgte kommuner hvor modellen og delresultat, samt modellantagelser, har blitt presentert. Gjennom denne prosessen ble det gitt nyttige tilbakemeldinger til resultatuttrekk som er interessante for kommunene, presentasjon og kommunikasjon av resultat eksternt, samt generelle tilbakemeldinger til metode og antagelser. Prosjektgruppen vil takke pilotkommunene for konstruktive bidrag ved representantene Ragnhild Marie Hammer (Arendal), Kristin Karlbom Dahle (Bø), Catrin Robertson (Oslo), Hilde Sollie (Oslo) og Simon James Loveland (Trondheim).

SSB har, på bestilling fra Miljødirektoratet, gitt prosjektet et mer detaljert uttrekk av kjørelengdestatistikken enn det som er tilgjengelig gjennom statistikkbanken. Miljødirektoratet har vært behjelpelig med et detaljert uttrekk fra «Handbook of Emission Factors for Road Transport» (HBEFA). Bomveiselskapet Vegamot i Trondheim har stilt bomdata tilgjengelig for verifikasjon mot trafikkdata, mens data fra Fjellinjen i Oslo er åpent tilgjengelig gjennom Akershus fylkeskommunes statistikkbank.

Henrik Grythe (NILU) har utviklet modellen NERVE, med basis i Miljødirektoratets ideskisse, og har programmert denne i sin helhet i Matlab med all tilhørende datahåndtering. Tormod Wergeland Haug og Harald Høyem (UA) har levert trafikkdata til prosjektet som inkluderer årsdøgntrafikk for landets veilenker, trafikkutveksling mellom kommuner og skalering av trafikkmengde mellom år. Torleif Weydahl (NILU) har vært prosjektleder for oppdraget og har stått for dokumentasjon av modellen og presentasjon og evaluering av resultat fra prosjektet. Susana Lopez-Aparicio (NILU) har vært kvalitetssikrer.



# Innhold

<b>Forord .....</b>	<b>3</b>
<b>Innhold.....</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Introduksjon .....</b>	<b>9</b>
1.1 Målsetning.....	9
1.2 Statistikkens avgrensning.....	9
1.3 Begrep og symboler .....	10
1.4 Rapportens struktur .....	11
<b>2 Utslippsmodellen – NERVE .....</b>	<b>12</b>
2.1 Presentasjon av datasettene.....	12
2.1.1 Nasjonal vegdatabank (NVDB) .....	12
2.1.2 Datakilde for veitrafikk (RTM) .....	13
2.1.3 Kjørelengdestatistikken fra SSB.....	13
2.1.4 Utslippsfaktorer fra HBEFA .....	13
2.2 Kjøretøykategoriene i NERVE .....	14
2.3 Skjematisk framstilling av modellens oppbygning.....	15
2.4 Beregning av trafikkarbeid ( $TA_{V,k}$ ).....	17
2.4.1 Trafikktall for alle landets veier.....	17
2.4.2 Riktig bilpark på veien .....	18
2.5 Beregning av utslippsfaktorer ( $EF_{V,k}$ ) .....	19
2.5.1 Effekt av kjøresituasjoner.....	19
2.5.2 Kommunale utslippsfaktorer.....	19
2.6 Beregning av utslipp.....	20
2.7 Historiske utslipp og årlig oppdatering av statistikken .....	20
2.7.1 Historiske trafikktall .....	21
2.7.2 Oppdatering av trafikktall .....	21
2.7.3 Oppdatering av utslippsfaktorer .....	21
<b>3 NERVE –bruksområder, begrensninger og usikkerhet.....</b>	<b>21</b>
3.1 NERVEs primære bruksområder .....	22
3.2 Modellens begrensninger .....	22
3.3 Vesentlige usikkerhetsmoment .....	23
<b>4 Verifikasjon og sammenligning mot nasjonale tall .....</b>	<b>25</b>
4.1 Verifikasjon av veilengder og trafikktall.....	25
4.2 Sammenligning av resultat fra NERVE mot nasjonale forbrukstall.....	27
4.3 Sammenligning mot nasjonale utslippstall .....	30
4.4 Beregnet utvikling i forbruk og utslipp mellom 2009 og 2017 .....	31
4.5 Oppsummering og forslag til forbedring av NERVE .....	34
<b>Referanser .....</b>	<b>35</b>
<b>Vedlegg A Tilpasning av datakilder i NERVE .....</b>	<b>36</b>
A.1 Datasett: Trafikk- og veidata fra RTM/NVDB.....	36

A.2 Datasett: HBEFA utslippsfaktorer .....	37
Tilpasning av HBEFA-datasettet til modellen.....	41
Hybridbilers utslipp .....	42
Tomgangskjøring.....	42
Kaldstart .....	42
Hastighet på veien .....	43
Trafikkflytsituasjoner .....	43
Omgivelse.....	43
Veityper.....	44
Veiens stigning .....	44
A.3 Datasett: Kjøretøypark ved SSBs kjørelengderegister .....	44
Tilpasning av datasettet til modellen.....	45
Utenlandsk registrerte kjøretøy.....	45
Motorsykler beregnes ikke i spesifikt statistikken.....	46
<b>Vedlegg B Kjøretøykategoriene i modellen .....</b>	<b>47</b>
<b>Vedlegg C Urbanet rapport: Dokumentasjon og validering av trafikkberegninger.....</b>	<b>55</b>

## Sammendrag

***NILU og Urbanet har, på oppdrag fra Miljødirektoratet, utviklet modellen NERVE («Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust») for klimagassutslipp fra veitrafikken i norske kommuner.***

NERVE beregner utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O fra veitrafikken totalt innenfor hver kommune geografisk og for kommunens innbyggere, både som totalt utslipp og som en utslippsfaktor (g/km). Utslippene er differensiert på kjøretøyklassene lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser. Modellen er bygget opp slik at det også kan beregnes utslipp for en mer detaljert inndeling av kjøretøyparken.

I hovedsak bygger NERVE på fire detaljerte datasett som dekker det meste av tilgjengelig informasjon om veitrafikken i Norge; 1) Veinettet ved alle offentlige veier fra Nasjonal vegdatabank (NVDB), 2) trafikk på vei fra Regional Transport Model (RTM), 3) kjørelengdestatistikken for norskregistrerte kjøretøy fra Statistisk sentralbyrå Norge (SSB) og 4) utslippsfaktorer fra HBEFA (Hand Book of Emission Factors for Road Transport).

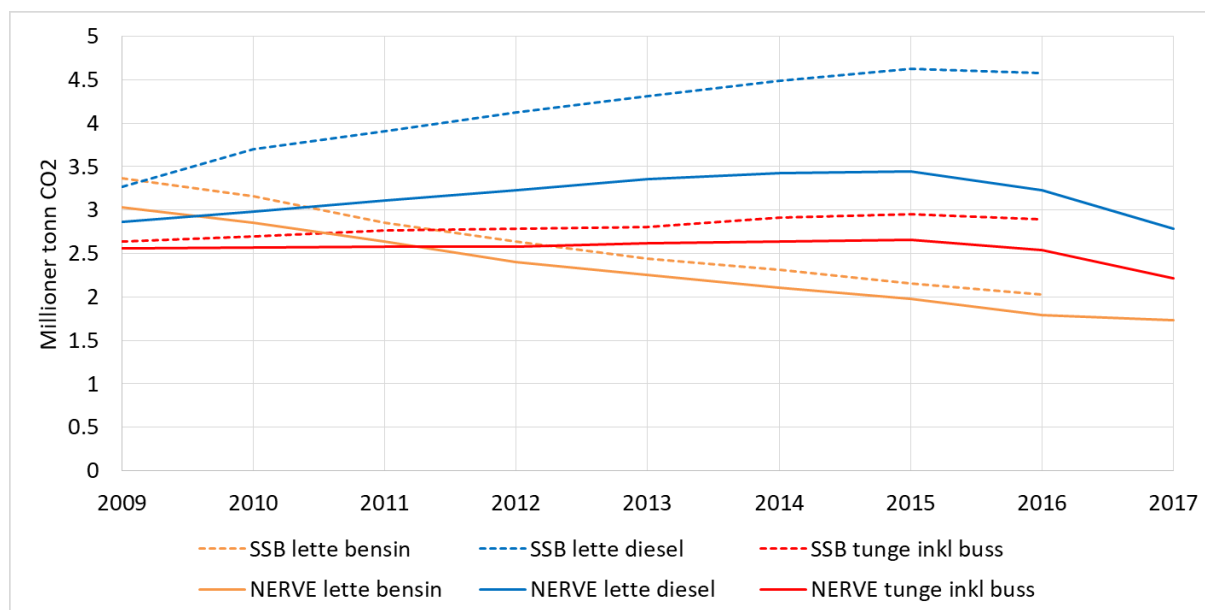
Modellens styrke er at den gjennom disse detaljerte datasettene har en veldig høy oppløsning, som muliggjør en forbedret forståelse av beregnede utslipp. Et spesial-uttrekk av kjørelengderegisteret (SSB) til den norske bilparken gir antall kjøretøy og kjørelengder per kommune differensiert på kjøretøytype, alder/Euroklasse, drivstoff og størrelse. I tillegg bygger NERVE på et sett med HBEFA-utslippsfaktorer for en detaljert inndeling av kjøretøyparken etter alder og teknologi og etter 1024 forskjellige kjøresituasjoner (hastighet, stigning, trafikkflyt, veitype og omgivelse). Gjennom den høye oppløsningen er modellen også rigget for utvidelse til forurensningskomponenter som blant annet nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>), flyktige organiske forbindelser uten CH<sub>4</sub> (NMVOC), karbonmonoksid (CO) og svevestøvpartikler (PM).

Trafikkarbeidet til bilparken beregnes ved å ta utgangspunkt i trafikkarbeidet per kommune fordelt på lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser. Trafikkarbeidet fordeles videre på en bilpark som er differensiert per kommune etter data fra kjørelengderegisteret. Informasjon om hvordan kjøretøyparken er sammensatt av egen og andre kommuners kjøretøypark bestemmes gjennom en reisefordelingsmatrise som er basert på turmatriser i RTM. Fra dette beregnes et trafikkarbeid for en bilparksammensetning på vei i hver kommune.

Den vektete utslippsfaktoren for bilparksammensetningen for hver kommune beregnes ved utslippsfaktorer for 220 forskjellige kjøretøykategorier og 1024 kjøresituasjoner. Kjøresituasjonene er en egenskap ved veilenkene og denne informasjonen hentes fra RTM/NVDB og vektet for hver kommune etter trafikkarbeid i hver kjøresituasjon. Dette gir en vektet utslippsfaktor for hver kjøretøykategori i hver kommune som reflekterer kjøresituasjonene i kommunen. Dette gjør at det både er trafikkarbeidet, kjøretøysammensetningen og veinettets egenskaper som sammen bestemmer utslippet i hver kommune. Over tid sørger en årlig skalering av trafikkvolumet per kommune samt en bilparksammensetning per år, for god tidsoppløsning i modellen.

Modellen er avhengig av gode inngangsdata, og resultatene vil være sensitive for feil eller mangler i disse. Derfor er NERVE evaluert mot nasjonalt kjørelengderegister, drivstoffsalg og CO<sub>2</sub>-utslipp. Evalueringen for 2016 viser at modellen (RTM) gir 13 prosent mindre trafikkarbeid totalt enn kjørelengderegisteret, totalforbruket av drivstoff i modellen er 30 prosent lavere

enn det rapporterte nasjonale salget, og totale CO<sub>2</sub>-utslipp ligger 23 prosent under de nasjonale rapporterte tallene. I hovedsak er det manglende beregnet trafikkarbeid som ligger til grunn for et lavere beregnet CO<sub>2</sub>-utslipp. Dette kan til dels skyldes mangler i veinettet, eller måten RTM er kalibrert eller satt sammen på. Koblingen mellom vektstatistikken til SSB og HBEFA er ikke presis for tunge biler, og det er ikke benyttet kaldstarts-utslippsfaktorer. Alle disse faktorene vil lede til et lavere estimat for CO<sub>2</sub>-utslipp. Det er også en rekke andre mindre usikkerhetsfaktorer som kan gi avvik mellom faktisk utslipp og beregnet utslipp basert på HBEFA-faktorene. Det største avviket mellom beregnet CO<sub>2</sub>-utslipp og nasjonale tall er for lette dieselbiler, mens lette bensinbiler og tunge kjøretøy inkludert busser følger utviklingen relativt godt (Figur I).



Figur I CO<sub>2</sub> utslipp fordelt på kjøretøyklasser og drivstoff

Det er første gang disse datasettene er koblet på en så detaljert måte. Trafikken på veiene er oppløst i 220 forskjellige kjøretøy og det er definert 1024 kjøresituasjoner som det for hvert kjøretøy er representert utslippsfaktor for. Hver utslippsfaktor er basert på en unik kjøresyklus der både veiens stigning, trafikkflyt, veitype og skiltet hastighet er hensyntatt. Dette gjør at NERVE ikke bare kan gi nøyaktige utslipp, men også gi innsyn i hvilke forhold som påvirker utslippene i en gitt kommune.



# NERVE – Utslippsmodell for veitrafikk

## Dokumentasjon av beregningsmodell for klimagassutslipp i norske kommuner

### 1 Introduksjon

For at kommunene skal kunne fylle sin rolle i klimaarbeidet, er det behov for kvantifisert informasjon om tilstand, potensiale for utslippsreduksjoner og effekt av tiltak som har blitt iverksatt. NILU og Urbanet har, på oppdrag fra Miljødirektoratet, utviklet en modell for beregning av klimagassutslipp fra veitrafikken i norske kommuner. Modellen NERVE («Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust (Model)») er utviklet gjennom prosjektet med samme navn.

#### 1.1 Målsetning

Målsetningen i prosjektet er å utvikle en modell som beregner klimagassutslipp (inkluderer CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O) fra veitrafikken totalt innenfor hver kommune med tilhørende gjennomsnittlig utslippsfaktorer per km. Klimagassutslippet skal kunne differensieres på lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser. Modellen skal også beregne utslipp fra kommunens innbyggere med tilsvarende differensiering som for kommunens geografiske utslipp.

Modellen skal gi et best mulig bilde av den historiske utslippsutviklingen tilbake til 2009 i den enkelte kommune. Så langt det lar seg gjøre skal modellen fange opp effekten av gjennomførte tiltak som kan ha påvirket trafikkfordelingen i den enkelte kommune, både trafikkreduserende tiltak (kollektivtilbud, sykkelveier, bomring/takster) og tiltak som påvirker kjøretøyteknologien som benyttes på de ulike veiene (for eksempel andel el-biler ved gratis passering i bomring).

Modellens basisår er 2016, men den skal være rigget for oppdateringer til framtidige år. Den skal også ha utvidelsesmulighet til forurensningskomponenter som blant annet nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>), flyktige organiske forbindelser uten CH<sub>4</sub> (NMVOC), karbonmonoksid (CO) og svevestøvpartikler (PM).

Det er lagt stor vekt på å bygge opp modellen nedenfra med de mest detaljerte datasettene som finnes tilgjengelig for utslippsfaktorer, kjøretøypark, trafikk tall og vei- og kjøreforhold på veinettet. Dette gjør modellen i stand til å fange opp mange ulike effekter som har betydning for utslipp fra veitrafikken, så sant tallgrunlaget i de underliggende datakildene dekker disse.

#### 1.2 Statistikkens avgrensning

Statistikken omfatter direkte utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O fra biltrafikken i Norge ved kjøretøyenes avgasser under kjøring. Kjøretøy er definert som alle kjøretøy med registrering av typen LL 12345 (som kjører på vei).

Statistikken inkluderer blant annet ikke:

- Anleggsmaskiner/landbruksmaskiner (alt på avgiftsfri diesel)

- Moped og motorsykler. Statistikken kan enkelt utvides med utslipp for to-hjulinger når det finnes trafikkdata for disse.
- Effekter av tomgangskjøring og kaldstart. Dette er ikke inkludert på grunn av manglende informasjon. Statistikken kan utvides med disse bidragene i en senere versjon.
- Indirekte utslipp ved produksjon/transport av nye biler og destruksjon/resirkulering av gamle biler.
- Indirekte utslipp ved produksjon av drivstoff (produksjon og raffinering av olje/diesel) og klimagassutslipp ved el-produksjon.

De to siste punktene over impliserer at el-biler regnes som utslippsfrie i denne statistikken.

### 1.3 Begrep og symboler

Begrep og forkortelser	Forklaring
CNG	«Compressed Natural Gas»,
CO	Karbonmonooksid
CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	Utslipp omregnet til det globale oppvarmingspotensialet til CO <sub>2</sub> over en 100-års periode medregnet CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> og N <sub>2</sub> O.
Gjennomfartstrafikk	Trafikk ved reiser som verken starter eller stopper i kommunen.
HBEFA	Hand Book of Emission FActors for Road Transport
Kjøresituasjoner	Forhold ved kjøring på vei (hastighet, stigning, trafikkflyt, veitype og omgivelse)
Kjøretøy	Alle kjøretøy med registrering av typen LL 12345 (som kjører på vei)
Kjøretøykategori	Laveste nivået gruppering av kjøretøy i modellen (de 220 kategoriene)
Kjøretøyklasser	Hovedinndeling av kjøretøy i buss, lette biler og tungtransport. Veitrafikken i Regional Transportmodell (RTM) har denne differensieringen
Kjøretøytyper	Inndeling i typene moped, MC, personbil (el-bil), små godsbiler, lastebil, trekkbil, turbuss og bybuss
LCV	«Light Commercial Vehicle» Små godsbiler
LCV	Varebil «Light Commercial Vehicle»
LPG	«Liquified Petroleum Gas»,
NERVE	«Norwegian Emissions from Road Vehicle Exhaust»
NMVOC	Flyktige organiske forbindelser uten CH <sub>4</sub>
NVDB	Nasjonal vegdatabank
PC	Personbil «Personal Car»
PM	Svevestøvspartikler
RTM	Regional Transportmodell
SSB	Statistisk sentralbyrå (Norge)
Trafikkarbeid	Beregnet total kjørelengde (km) fra all trafikk (ÅDT) ganget med veilengder i RTM
Veilenke	En gitt veistrekning mellom to punkt i RTM/NVDB
ÅDT	Årsdøgntrafikk. Gjennomsnittlig trafikk tall/trafikkmengde over et døgn for et bestemt år gitt i antall biler per veistrekning.

<b>Symbol i ligninger</b>	<b>Begrep og forklaring</b>
<i>E</i>	Utslipp/«Emissions» gitt per masseenhet (g)
EF	Utslippsfaktor/«Emission factor». Faktor som bestemmer utslipp ved et gitt aktivitetsnivå (g/km)
KL	Kjørelengde gitt av SSB sin statistikk (km) per kjøretøykategori
KP	Fordeling av bilpark på kjøretøykategoriene gitt etter kjørelengdestatistikk. Gitt som fraksjon [0,1]
<i>L</i>	Lengde på en gitt veilenke (km)
TA	Trafikkarbeid, gitt som kjøretøykilometer (km)
TE	Trafikkutveksling/«Traffic exchange». Fordelingen av opphavskommuner til trafikken i en gitt kommune. Gitt som fraksjon av totalt trafikkarbeid [0,1] i kommunen
TE*	Trafikkutveksling*/«Traffic exchange»*. Trafikkarbeid utført av biler registrert i opphavskommune til trafikken i annen kommune. Gitt som fraksjon av totalt trafikkarbeid [0,1] fra opphavskommunen.
TP	Fordeling av kjøring i kommunen ved forskjellige kjøresituasjoner. Gitt som en fraksjon [0,1] for hver kjøresituasjon (hastighet, stigning, trafikkflyt, veitype og omgivelse)
<b>Indeks i ligninger</b>	<b>Begrep og forklaring</b>
<i>f</i>	Kjøretøyklassene (lette, tunge og busser)
<i>k</i>	Kommune
<i>o</i>	Opphavskommune for en reise ved beregning av trafikkutveksling
<i>r</i>	Veilenke
<i>S,D,C,R,E</i>	Angir kjøresituasjoner: <i>S</i> =Hastighet / «Speed», <i>D</i> =Stigning / «Decline», <i>C</i> =Trafikkflyt / «Congestion», <i>R</i> =Veitype / «Roadtype», <i>E</i> =Omgivelse / «Environment»
<i>V</i>	Kjøretøy/«Vehicle» inndeling i 220 kjøretøykategorier

#### 1.4 Rapportens struktur

Kapittel 2.1 presenterer datasettene som ligger til grunn for NERVE og kapittel 2.2 gir kjøretøykategoriene slik de er definert i den gjeldende versjonen av modellen. For et raskt overblikk over NERVEs oppbygning kan man lese sammendraget og studere Figur 2-2 med tilhørende tekst i kapittel 2.3. Kapittel 2.4, 2.5 og 2.6 beskriver mer eksakt hvordan utslippene beregnes fra datakildene ved hjelp av ligninger, og kapittel 2.7 presenterer hvordan historiske og framtidige utslipp estimeres.

Kapittel 3 gjennomgår de primære bruksområdene til NERVE med begrensninger og vesentlige kilder til usikkerhet. Det gis også noen forslag til forbedringspunkt. Kapittel 4 gir en verifikasjon av beregningene fra NERVE ved sammenligning mot nasjonale tall for kjørelengder og utslipp.

Vedlegg A går i detalj på hver av de respektive datakildene som modellen bygger på og hvilke tilpasninger som er gjort. Datakildene presenteres sammen med metodevalg og antagelser forbundet med implementeringen av dem. I tillegg er usikkerhetene og konsekvensene rundt de enkelte metodevalgene diskutert. Vedlegg B presenterer NERVEs kjøretøykategorier i tabell form.

Vedlegg C er i sin helhet utarbeidet av Urbanet Analyse og beskriver metodevalg ved samling av trafikkdata for alle Norges kommuner, ved skalering av veitrafikk og ved beregning av matrise for trafikkutveksling.

## 2 Utslippsmodellen – NERVE

NERVE er en modell som kvantifiserer klimagassutslipp fra veitrafikk for norske kommuner. Modellen beregner utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> for alle trafikkregistrerte kjøretøy av typen LL 12345. For å fange opp effekter av lokale forhold kreves det høy romlig oppløsning og detaljerte inngangsdata. NERVE er bygget på «bottom-up»-prinsipper, dvs. at den tar utgangspunkt i geografisk høyt oppløste aktivitetsdata - trafikkarbeid (TA) per veilenke, som blir ganget med utslippsfaktorer (EF) differensiert over bilpark og kjøresituasjoner for å beregne utslipp (E). Alle utslippsberegninger beskrives i prinsipp ved ligningen:

$$E = TA \times EF \quad (1)$$

NERVE beregner utslipp for forskjellige kjøretøykategorier der utslippet er avhengig av både kjøretøyets størrelse, drivstoff (bensin, diesel, LPG, CNG, elektrisk), type og Euro-teknologi, men også hvilken kjøresituasjon, det vil si hastighet, stigning, veitype, trafikkflyt og omgivelse som kjøretøyet befinner seg i.

### 2.1 Presentasjon av datasettene

I hovedsak bygger modellen på 4 detaljerte datasett som dekker det meste av tilgjengelig informasjon om veitrafikken i Norge:

1. Veinett, alle offentlige veier fra Nasjonal vegdatabank (NVDB)
2. Trafikk på vei fra Regional Transportmodell (RTM)
3. Kjørelengdestatistikk for norskregistrerte kjøretøy fra SSB
4. Utslippsfaktorer fra «Handbook of Emission Factors for Road Transport» (HBEFA)

Det er blitt gjort en grundig evaluering av hvor representative hvert av de individuelle datasettene er. Vedlegg A beskriver dette og i tillegg hvilke tilpasninger som er blitt gjort for hvert av datasettene og hvilke effekter og usikkerheter som er forbundet med det. I dette kapittelet gis en kortfattet beskrivelse av hver av datasettene.

#### 2.1.1 Nasjonal vegdatabank (NVDB)

Nasjonal vegdatabank (NVDB) er Statens vegvesen sin database som inneholder informasjon om ulike egenskaper ved veinettet i Norge. Dette omfatter blant annet informasjon om veinettet som plassering, lengde, stigning, fartsgrenser og type vei tilgjengeliggjort under norsk lisens for offentlige data (NLOD) av Statens vegvesen<sup>1</sup>. NVDB inneholder også informasjon om trafikken basert på tellinger og modellering, men NVDB mangler per i dag trafikkdata for et stort antall kommunale veier og derfor er ikke dette datasettet egnet til detaljerte modellberegningene i NERVE.

For den historiske skaleringen av veitrafikken i hver kommune er det benyttet et spesialisert uttak som Statens vegvesen har gjort tilgjengelig via sine nettsider<sup>2</sup>. For oppdatering av

<sup>1</sup> <https://www.vegdata.no/>

<sup>2</sup> <https://www.vegdata.no/2016/12/20/historiske-data-trafikkmengde/>

trafikktall i hver kommune til nye år benyttes det nyeste tilgjengelige datagrunnlaget fra NVDB til å beregne en gjennomsnittlig vekstfaktor for hver kommune.

### 2.1.2 **Datakilde for veitrafikk (RTM)**

Regional transportmodell (RTM)<sup>3</sup> er transportetatens offisielle modellverktøy til bruk i transportplanlegging. Det er en såkalt makroskopisk transportmodell som beregner reise- etterspørsel mellom og internt i alle soner (grunnkretser) i modellområdet. Modellen beregner etterspørselen basert på inngangsdata om befolkning, arbeidsplasser, vegnett, bompenger, kollektivtilbud, etc. Bilturmatrisen fordeles på nettverket og gir reisestrømmer på veilenkenivå.

For basisåret i modellen (2016) er RTM benyttet til å beregne trafikktall (ÅDT) differensiert på lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser for omtrent 300.000 veilenker med tilgjengelig trafikkdata i RTM. For alle andre år er trafikken skalert med en kommunespesifikk faktor ved tilgjengelige telledata fra NVDB som forklart over. I tillegg er RTM, gjennom metoder utviklet av Urbanet, benyttet til å beregne trafikkutvekslingen mellom kommuner og andelen gjennomfartstrafikk i hver kommune. RTM er presentert og evaluert med tanke på veilengder, trafikk og trafikkarbeid i Vedlegg C og i kapittel 4.1.

Informasjonen som finnes i NVDB for lengde, stigning, fartsgrense, veitype ligger også inne i RTM slik at denne modellen kan brukes som primær kilde for all veinett og trafikkinformasjon til NERVE. NVDB er dermed i praksis kun primær datakilde for trafikktegninger som brukes til historisk og framtidig oppdatering av modellen.

### 2.1.3 **Kjørelengdestatistikken fra SSB**

SSBs kjørelengdestatistikk<sup>4</sup> bygger på en kombinasjon av Det sentral motorvognregisteret og måleravlesninger i forbindelse med periodiske kjøretøykontroller som Statens vegvesen samler inn. I prosjektet er det benyttet et spesialisert uttak av kjørelengderegisteret som gir årlige data fordelt på 364 forskjellige kjøretøykategorier som differensierer på motorstørrelse/vekt, drivstoff, biltyper (personbil, små godsbiler, lastebil osv.) og alder (Euro-utslippsklasser). Kjørelengderegisteret gir antall registrerte kjøretøy og gjennomsnittlig årlig kjørelengde for hver av de 364 forskjellige kjøretøykategoriene. En nærmere beskrivelse er gitt i Vedlegg A.

### 2.1.4 **Utslippsfaktorer fra HBEFA**

Utslippsfaktorene benyttet i modellen er hentet fra «**Handbook of Emission Factors for Road Transport**» (HBEFA), versjon 3.3 for Norge<sup>5</sup>. Utslippsfaktorer for individuelle biltyper er ikke oppgitt, men for kjøretøykategorier segregert på Euro-utslippsklasse, størrelse, drivstoff og kjøretøytype. For tunge kjøretøy er det beregnet utslipp både med og uten last. På sitt mest

<sup>3</sup> Tørset m.fl. (2013): CUBE - Regional persontransportmodell versjon 3. Sintef-rapport A24717.

<sup>4</sup> <https://www.ssb.no/klreg>

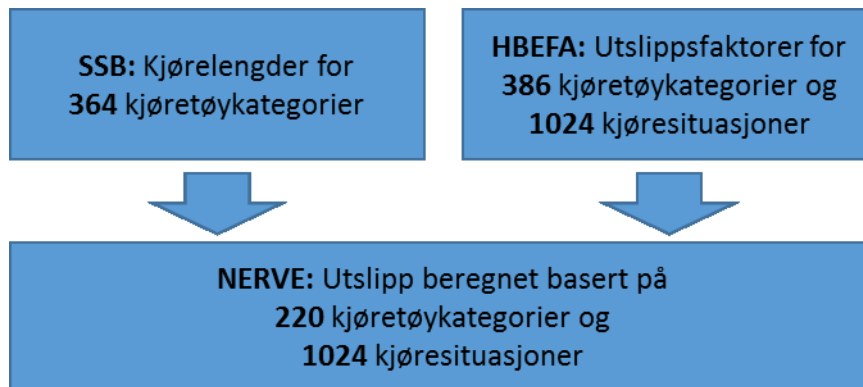
<sup>5</sup> Keller, M., Hausberger, S., Matzer, C., Wüthrich, P. and Notter, B., 2017. HBEFA Version 3.3. Background documentation, Berne, 12.

disaggregerte nivå inneholder denne HBEFA versjonen utslippsfaktorer for 386 forskjellige utslippsklasser.

I tillegg til slike kjøretøyspesifikke parametere gir HBEFA utslippsfaktorer ved forskjellige kjøresituasjoner klassifisert ved hastighet, stigning, veitype, trafikkflyt (kø) og miljø (by/rural). Totalt gir HBEFA utslippsfaktorer for 1024 forskjellige kjøresituasjoner for hver av de 386 utslippsklassene. Se Vedlegg A for en nærmere beskrivelse av HBEFA.

## 2.2 Kjøretøykategoriene i NERVE

De 386 kjøretøykategoriene i HBEFA-datasettet og de 364 i SSB kjørelengderegisteret er hver for seg tilpasset slik at de tangerer hverandre i 220 felles kjøretøykategorier som benyttes i utslippsmodellen NERVE (Figur 2-1). En nærmere beskrivelse av denne tilpasningen er gitt i Vedlegg A.



Figur 2-1 SSBs og HBEFAs kjøretøykategori-inndeling er samlet i NERVEs 220 kjøretøykategorier. Forøvrig bruker NERVE HBEFAs inndeling i 1024 kjøresituasjoner.

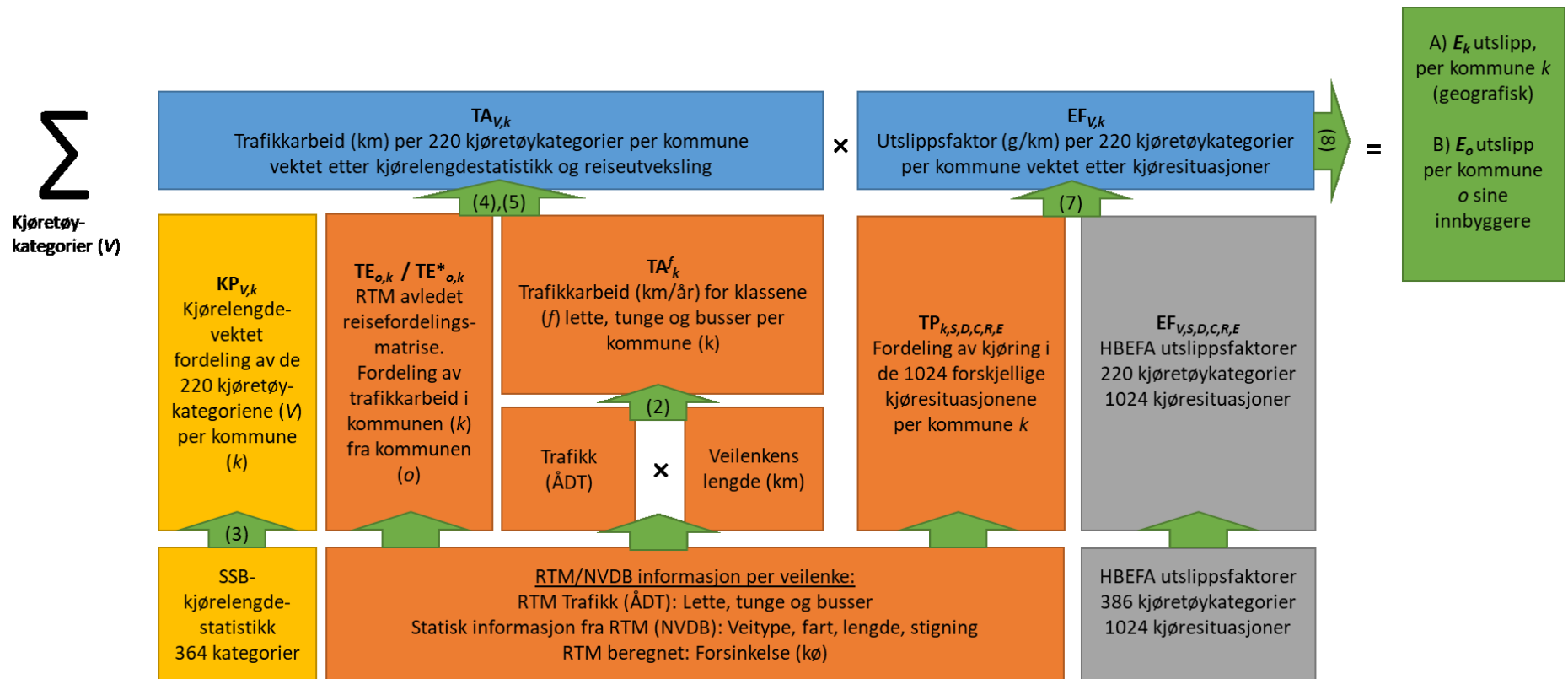
En kompakt beskrivelse av de resulterende kjøretøykategoriene er gitt i Tabell 2-1, mens Vedlegg B lister alle de 220 kjøretøykategorier i modellen. Kjøretøykategoriene motorsykel/moped brukes ikke i modellen per i dag, fordi det ikke foreligger trafikkarbeid i transportmodellene eller kjørelengder i SSB kjørelengderegister for disse. Personbil, el-bil og små godsbiler regnes innenfor kjøretøyklassen lette kjøretøy, mens lastebil og trekkbiler regnes innenfor tunge kjøretøy. Utslippsfaktorer for alle busser er basert på et gjennomsnitt av utslippsfaktorer for bybuss der disse er definert, samt turbuss. Utslippsfaktorer for bybuss er i hovedsak kun definert ved hastigheter og veityper som er typiske for bykjøring.

Tabell 2-1 Kompakt beskrivelse av de 220 kjøretøykategoriene som er definert i NERVE. For eksempel består Personbil (PC) av 3 motorstørrelser over 7 Euro-klasser og i 2 drivstoffkategorier som totalt gir 42 kjøretøykategorier for personbil (utenom LPG).

Klasse	Kjøretøytyper (HBEFA-navn)	Størrelse (motor/vekt)	Euro-klasse	Drivstoff	Antall kategorier
2-hjul	Moped	< 50 cc	«0», 1, 2	Bensin (to-takt)	3
	Motorsykel (MC)	< 150   151 -250   251 – 750   > 750 cc	«0», 1, 2, 3	Bensin (to-/fire-takt)	20
Lette	Personbil (PC)	< 1400   1400-1999   >= 2000 cc	(0 – 6)	Bensin   Diesel	42
	Personbil (PC)	-	(2 – 6)	LPG	5
	Små godsbiler (LCV)	< 1305   1305-1759   >= 1760 kg	(0 – 6)	Bensin   Diesel	42
	El-bil (Zero Emission)				1
Tunge	Lastebil (RT)	<7,5 t   12-14 t   14-20 t   20-26 t   26-28 t   >32 t	(0 – 6)	Diesel	42
	Lastebil (RT)	-	0	Bensin	1
	Trekkbiler (TT/AT)	< 7,5 t   > 14-20 t   20-28 t   34-40 t   40-50 t   >50-60 t	(0 – 6)	Diesel	42
Busser	Bybuss (UBus)	<= 15 t	(0 – 6)	Diesel	7
	Turbuss (Coach)	<=18 t   > 18 t	(0 – 6)	Diesel	14
	Bybuss (Ubus)	> 15-18 t	6	CNG	1
<b>SUM kjøretøykategorier</b>					<b>220</b>

### 2.3 Skjematisk framstilling av modellens oppbygning

Figur 2-2 viser hvordan modellen prinsipielt er bygget opp nedenfra («bottom-up») fra de respektive datakildene til øverste nivå hvor trafikkarbeid ( $TA_{V,k}$ ) ganges med en utslippsfaktor ( $EF_{V,k}$ ) for hver kjøretøyklasse ( $V$ ) i hver kommune ( $k$ ). Modellen kan generelt deles i to hoveddeler, hvor den ene omfatter beregning av et vektet trafikkarbeid (vist i venstre del av figuren) og den andre en beregning av en vektet utslippsfaktor (vist i høyre del av figuren).



Figur 2-2 Skjematisert framstilling av NERVES utslippsberegning fra datasettene; SSB kjørelengdestatistikk, HBEFA utslippsfaktorer, Vei- og trafikkinformasjon fra RTM/NVDB. Venstre del av figuren skisserer oppbygningen av et vektet trafikkarbeid innenfor hver kommune fordelt på de angitte kjøretøykategoriene. Høyre del av figuren skisserer sammensetningen til en vektet utslippsfaktor tilpasset det vektede trafikkarbeidet. Pilene angir flyten i dataprosesseringen med referanse til ligningene i kapittel 2.4, 2.5 og 2.6 der det finnes.



Det vektete trafikkarbeidet ( $TA_{V,k}$ ) beregnes ved å ta utgangspunkt i trafikkarbeidet per kommune ( $TA_k^f$ ) beregnet som summen av produktet av ÅDT og veilengde per veilenke fordelt på lette og tunge kjøretøy og busser. Dette trafikkarbeidet fra RTM fordeles videre på en bilpark som er differensiert på 220 forskjellige kjøretøykategorier per kommune etter data fra kjørelengderegisteret ( $KP_{V,k}$ ).

Informasjon om *hvor* bilene kjører gis gjennom en matrise som fordeler trafikkarbeidet i og mellom kommuner ( $TE_{o,k}$ ) basert på trafikkutvekslingen som er beregnet ved RTM-data. Fra dette beregnes et trafikkarbeid  $TA_{V,k}$  for en bilpark,  $V$ , i en kommune,  $k$ , sammensatt av kommunens og nabokommuners kjøretøy.

Den vektete utslippsfaktoren for bilparksammensetningen for hver kommune ( $EF_{V,k}$ ) beregnes ved kjøretøyenes utslippsfaktor som er gitt av HBEFA-datasettet. Etter behandling av datasettet er utslippsfaktorene gitt for 220 forskjellige kjøretøykategorier og 1024 forskjellige kjøresituasjoner som representerer hastighet ( $S$ ), veiens stigning ( $D$ ), trafikkflyt/kø ( $C$ ), veitype ( $R$ ) og omgivelse ( $E$ , urban/rural). Kjøresituasjonene er en egenskap ved veilenkene og denne informasjonen hentes fra RTM (NVDB) og vektet for hver kommune etter trafikkarbeid i hver kjøresituasjon. Dette gir en vektet utslippsfaktor for hver kjøretøykategori i hver kommune som reflekterer kjøresituasjonene i kommunen.

Basert på vektet trafikkarbeid ( $TA_{V,k}$ ) og utslippsfaktor ( $EF_{V,k}$ ) per kjøretøykategori og kommune beregnes modellens hovedresultat som er A) utslipp innen kommunens geografisk område ( $E_k$ ) og B) utslipp fra kommunens innbyggere ( $E_o$ ), dvs. fra kjøretøy registrert i kommunen, også når de kjører i andre kommuner.

Oppbygningen av modellen er videre beskrevet i detalj i påfølgende delkapitler gjennom tekst og ligninger.

## 2.4 Beregning av trafikkarbeid ( $TA_{V,k}$ )

### 2.4.1 Trafikktall for alle landets veier

Utregning av trafikkarbeid per veilenke per døgn gjøres gjennom RTM. Dette er nærmere beskrevet i vedlegg C. Når det utføres trafikktellinger skiller det som regel kun mellom lange og korte kjøretøy, og dette er valideringsgrunnlaget til RTM, der trafikk i modellen ved tellepunkter er vurdert opp mot tellinger. I tillegg er bompasseringer, primært ved større byer et grunnlag å validere modellen på (se Vedlegg C).

Trafikkarbeidet  $TA_k^f$  for hver av landets kommuner beregnes ved å summere produktet av årsdøgntrafikk  $\text{ÅDT}_{r,k}$ , veilengde  $L_r$  og antall dager i året for alle veier  $r$  i kommunen  $k$ :

$$TA_k^f = \sum_r \text{ÅDT}_{r,k} \times L_r \times 365 \quad (2)$$

Trafikkarbeidet beregnes ved ligning (2) for klassene ( $f$ ) lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser med data på veilenkenivå fra RTM.

Trafikkarbeidet for en gitt kommune kan videre splittes i en andel gjennomfartstrafikk (eksterntrafikk) og en andel med trafikk som enten starter eller stopper i kommunen (interntrafikk). Se Vedlegg C for en nærmere beskrivelse.

### 2.4.2 Riktig bilpark på veien

Gitt trafikk tall på et veinett for kjøretøyklassene (lette og tunge kjøretøy) er en hovedutfordring for modellen å plassere de 220 kjøretøykategoriene i de rette kommunene og med de faktiske kjøreforhold hver kommune har. Til dette bruker NERVE kjørelengdestatistikken fra SSB for hver kommune sammen med en beregnet trafikkutveksling mellom kommuner basert på RTM. NERVE fordeler antall kjøretøy på vei ved først å beregne relative bidrag fra hver kategori til trafikkarbeidet i hver kommune basert på kjørelengdestatistikken, der  $KL_{V,k}$  er kjørelengde for hver kjøretøykategori i hver kommune, og  $KP_{V,k}$  blir den kjørelengdevektede andelen av kommunens bilpark på veiene:

$$KP_{V,k} = KL_{V,k} / \sum_V KL_{V,k} \quad (3)$$

Siden veitrafikken i en gitt kommune også består av kjøretøy fra andre kommuners bilpark som har en annen sammensetning og dermed forskjellig gjennomsnittlig utslippsfaktor, så må det tas høyde for trafikkutveksling mellom kommunene. Bilparken på vei korrigeres etter hvordan de respektive andre kommunenes kjøretøy kjører i den aktuelle kommunen. Denne trafikkutvekslingen er beregnet basert på reisematriser i RTM (beskrevet i Vedlegg C, kapittel 3.3) og gir fordelingen,  $TE_{o,k}$  av opphavskommunene,  $o$ , til trafikken i den aktuelle kommunen,  $k$ . For eksempel vil  $x$  prosent av trafikkarbeidet i Oslo utføres av Oslos bilpark,  $y$  prosent av Bærums bilpark,  $z$  prosent av Skedsmos, osv., og disse kommunenes bilpark er definert etter kjørelengderegisteret. Hver kommune får slik en sammensetning av trafikkarbeidet for hver kjøretøygruppe som både er vektet etter kjørelengdestatistikken internt, men også etter bidraget fra andre kommuners kjøring. Det vektete trafikkarbeidet for alle kjøretøykategoriene  $V$  i kommunen  $k$ , beregnes ved

$$TA_{V,k} = TA_k^f \times \sum_o KP_{V,o} \times TE_{o,k} \quad (4)$$

der  $KP_{V,o}$  er kjørelengdevektet bilpark fra opphavskommunen,  $o$ , og  $TE_{o,k}$  er fordelingen av opphavskommuner til trafikken i den aktuelle kommunen,  $k$ .  $TA_k^f$  er trafikkarbeidet for lette, tunge eller busser i kommunen  $k$  beregnet fra ligning (2) fordelt på kjøretøykategoriene  $V$  som angitt i Tabell 2-1.

Trafikkutvekslingsmatrisen kan også benyttes til å beregne i hvor stor grad innbyggerne i en kommune kjører i andre kommuner, noe som er viktig for å få med effekten av kjøresituasjoner (hastighet, stigning, veitype og trafikkflyt) i de forskjellige kommunene ved beregning av innbyggernes sitt utslipp. Trafikkarbeidet utført av innbyggere i opphavskommunen,  $o$ , beregnes ved å summere andelen av denne kommunens kjøring i andre kommuner,  $k$

$$TA_{V,o} = KP_{V,o} \times \sum_k TA_k^f \times TE_{o,k}^* \quad (5)$$

hvor  $TE^*$  er andelen av innbyggerne fra kommunen,  $o$ , sin kjøring i kommunen,  $k$ .<sup>6</sup> Hver kommune får da et trafikkarbeid for sin kjøretøypark i kommunene den utveksler trafikk med, dvs. de kommunene hvor  $TE^* > 0$ . For eksempel vil  $x$  prosent av kjøringen til innbyggere i Bø

<sup>6</sup>  $TE$  og  $TE^*$  er basert på den samme beregningen av trafikkutveksling, men  $TE$  er vektet slik at summen av andelen trafikkarbeid fra de forskjellige kommunene  $o$  innenfor en gitt kommune  $k$  blir 1, mens  $TE^*$  er vektet slik at summen av andelen trafikkarbeid fra kommunen  $o$  innenfor de forskjellige kommunene  $k$  blir 1.

kommune foregå i Bø, y i Notodden, z prosent i Seljord, osv. Summert over all kommuner vil trafikkarbeidet beregnet ved ligning (5) fravike noe fra trafikkarbeidet beregnet ved ligning (4). Dette fordi trafikkutvekslingsmatrisen ikke inneholder all trafikk (se Vedlegg C, kapittel 3.3). I modellen skaleres trafikken beregnet ved ligning (5) slik at totalen for alle kommuner samsvarer med totalt trafikk tall ved ligning (4).

Siden trafikkutvekslingen ikke skiller på kjøretøykategori eller klasse kan ikke beregningen skille på hvilken del av bilparken som kjører hvor, for eksempel dersom elektriske biler i større grad enn fossilbiler brukes for pendlerreiser til og fra en gitt kommune.

## 2.5 Beregning av utslippsfaktorer ( $EF_{V,k}$ )

### 2.5.1 Effekt av kjøresituasjoner

Kjøresituasjonene i hver kommune påvirker også utslippene. For eksempel vil utslippene per km øke dersom veien er bratt og svingete eller om det er mye kø. Derfor tar NERVE i betraktning hvordan veiene i hver kommune er preget av forskjellige kjøreforhold og disse gis en vekt etter trafikkarbeidet på de aktuelle veiene. Informasjon om dette er hentet fra RTM som i stor grad er basert på NVDB. Med unntak av trafikkflyt/kø, er alle disse faktorene som påvirker utslipp fysiske (statiske) egenskaper ved veinettet. Hver offentlig vei i hver kommune blir etter HBEFA klassifisert etter 256 veifaktorer som inneholder type vei, hastighet (km/t) og stigning (prosent). Hver vei har etter HBEFA også 4 utslippsfaktorer som er avhengig av trafikkflyten, som igjen er avhengig av antall kjøretøy og beregnet forsinkelse på veien. Totalt gir dette 1024 utslippsfaktorer for hver av de 220 kjøretøykategoriene.

Utslippsfaktoren EF for hvert kjøretøy  $V$  er bestemt av veiegenskapene; Veilenkens hastighet ( $S$ ), stigning ( $D$ ), veitype ( $R$ ), om veilenken ligger i tettbygd strøk ( $E$ ) og kø-mengde ( $C$ ) gjennom et gjennomsnittsdøgn. Vedlegg A gir en oppsummering av kjøretøyrelaterte faktorer og beskriver inndelingen i veiegenskaper og trafikkflytsituasjoner i større detalj.

Kø modelleres ved å anvende volumhastighets-funksjoner i RTM som angir tidsforsinkelsen under morgen- og ettermiddagsrush. Den gjennomsnittlige tidsforsinkelsen i prosent over disse periodene i døgnet gir inndelingen i de 4 trafikkflytsituasjonene definert av HBEFA; fri flyt: 0,1 prosent; tett trafikk 0,1 – 4 prosent; mettet trafikk: 4 – 15 prosent; kø > 15 prosent. Denne inndelingen er basert på gjennomsnittshastighetene som HBEFA oppgir for disse situasjonene.

### 2.5.2 Kommunale utslippsfaktorer

For å beregne en kommunes utslippsfaktor for hver kjøretøykategori benytter NERVE et veinett med trafikkarbeid på hver veilenke. Utslippet i NERVE beregnes ikke på veilenke-nivå, men ved en trafikkarbeidsvektet fordeling av de 1024 kjøresituasjoner per kommune. Dette gir kjøresituasjonsfordelingen,  $TP_{k,S,D,C,R,E}$ , som beskriver fordeling av kjøring i kommunen,  $k$ , ved forskjellige fartsgrenser ( $S$ ), stigningsforhold ( $D$ ), kø-forsinkelser ( $C$ ), veityper ( $R$ ) og omgivelser ( $E$ ). NERVE beregner så en kommunespesifikk utslippsfaktor for hver kjøretøykategori  $V$  ved å vekte utslippsfaktoren ved forskjellige kjøresituasjoner med fordelingen av disse kjøresituasjonene i kommunen  $k$ :

$$EF_{V,k} = \sum_{S,C,D,R,E} TP_{k,S,C,D,R,E} \times EF_{V,S,D,C,R,E} \quad (6)$$

$EF_{V,k}$  er dermed en trafikkarbeidsvektet utslippsfaktor for gjennomsnittlig kjøring i kommunen som tar høyde for de ytre påvirkninger som det er kontrollert for. For eksempel, dersom mye av kommunens trafikk avvikes på veier med periodevis mye kø, vil den gjennomsnittlige utslippsfaktoren for kommunen øke for alle kjøretøykategorier.

## 2.6 Beregning av utslipp

For å komme fra utslippsfaktor til utslipp ganges utslippsfaktoren i ligning (6) med trafikkarbeidet fra ligning (4) som beskrevet med ligning (1),

$$E_k = \sum_V E_{V,k} = \sum_V TA_{V,k} \times EF_{V,k} \quad (7)$$

hvor  $E_k$  er totalutslippet fra kommunen,  $k$ . NERVE beregner kommunespesifikke utslipp for hver kjøretøykategori,  $E_{V,k}$ , og summert over alle kjøretøykategorier,  $V$ , gir dette totalutslippet for kommunen,  $k$ . Fra de 220 kjøretøykategoriene kan utslippet skilles ut for klasser (lette, tunge og buss) eller andre underklasser som for eksempel forskjellige typer drivstoff, varebil, el. Ved å benytte andelen av trafikkarbeidet i kommunen beregnet som eksternt trafikkarbeid, kan det beregnes et utslipp fra gjennomfartstrafikk.

Ved fordelingen av trafikkarbeidet til en bestemt kommunes innbyggere beregnet i ligning (5) kan utslippet fra bilparken til innbyggerne i en kommune beregnes ved

$$E_o = \sum_V E_{V,o} = \sum_V TA_{V,o} \times \left( \sum_k TE_{o,k}^* \times EF_{V,k} \right) \quad (8)$$

hvor  $TE^*$  er andelen av innbyggerne fra kommunen,  $o$ , sin kjøring i kommunen,  $k$ . Utslippsfaktoren,  $EF_{V,k}$ , er vektet med trafikkkutvekslingen  $TE^*$  for å ta høyde for kjøresituasjonene i alle (nabo)kommunene som innbyggerne kjører i.

Til slutt er utslippene beregnet etter ligning (7) og (8) korrigert med den årlige andelen bioinnblanding i drivstoffet. Årlig estimeres en gjennomsnittlig prosentandel bioinnblanding for bensin,  $a$ , og en tilsvarende prosentandel for diesel,  $b$ . Andel bioinnblanding er beregnet basert på innrapportert salg av biodrivstoff til Miljødirektoratet (Miljødirektoratet). Utslippsfaktoren for alle kjøretøykategorier bensin multipliseres med faktoren  $(1-a/100)$ , mens utslippsfaktoren for alle kjøretøykategorier diesel multipliseres med faktoren  $(1-b/100)$ .

## 2.7 Historiske utslipp og årlig oppdatering av statistikken

Det er beregnet historiske utslipp fra veitrafikken tilbake til 2009. I tillegg skal statistikken oppdateres årlig ved hjelp av nye trafikktall fra NVDB og nytt uttrekk fra kjørelengdestatistikken til SSB.

### 2.7.1 *Historiske trafikk tall*

Historisk data er gjort tilgjengelig via et spesialisert uttak gjennomført av Statens vegvesen<sup>7</sup>. Dette uttaket bygger på målinger, men målingene spres utover i NVDB-nettverket slik at lenker som ikke har tilgjengelig målinger får en angitt verdi. Dette datamaterialet er ganske omfattende og med enkelte mangler. Datapunktene er «matchet» geografisk etter råd fra NVDB-staben for å være helt sikker på at man teller likt over årene.

For å kun telle med lenker hvor det er gjort faktisk datainnsamling (og ikke en avledet beregning i NVDB), er data over operative<sup>8</sup> tellepunkter lastet ned fra NVDB og lagt inn i kart. Lokasjonen til tellepunktene er så koblet mot lenkene som har informasjon om historisk trafikk. Med «kobling» menes her at man slår sammen målinger (som er registrert på veilenker) og målepunkter basert på geografisk plassering. Det er slik kun registreringer som kan kobles geografisk til et operativt målepunkt som benyttes i modellen. I tillegg gjøres en rekke steg for å sortere ut data som ikke er egnet til å beskrive tidsutviklingen. Dette er nærmere dokumentert i koden og kan styres av brukeren (Se Vedlegg C).

### 2.7.2 *Oppdatering av trafikk tall*

Det er utviklet en metode for å skalere trafikken i år påfølgende 2016 med oppdaterte tall i NVDB. Det forutsettes at data fra NVDB manuelt lastes ned. Modellen kan senere utvides ved direkte kobling mot API. Nye kjøringar med RTM vil kunne utføres hvert 4-5 år for eksempel i forbindelse med revisjon av nasjonal transportplan. Dette vil gi en annen fordeling av trafikken geografisk og mellom klassene lette, tunge og busser.

Årlig oppdatering framover vil fungere ved at man innhenter data for tellepunkt fra NVDB. Ved å holde tellinger per 2016 opp mot det aktuelle året bestemmes, som for de historiske trafikk tall, én samlet vekstfaktor for alle kjøretøyklasser samlet per kommune per år. Dette betyr at endringer i forholdet mellom lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser, ikke samles opp i historiske og fremtidige skaleringer. For eksempel vil en vekst i tungtrafikk forårsaket av nye virksomheter i en kommune fordeles jevnt over alle tre kjøretøyklasser. Slike endringer tas først med ved oppdatering av RTM. Dette er beskrevet videre i Vedlegg C.

### 2.7.3 *Oppdatering av utslippsfaktorer*

For beregning av utslippsfaktorer før 2016 er data for kjøretøyparken tilbake til 2009 hentet ut fra kjørelengdestatistikken ved et spesialisert uttak levert av SSB. Ved oppdatering til nye år må tilsvarende datasett hentes ut fra kjørelengdestatistikken. HBEFAs utslippsfaktorer brukt i modellen er fra 2015. Ved neste revisjon av disse vil nye faktorer kunne tilpasses og legges til modellen.

## 3 **NERVE –bruksområder, begrensninger og usikkerhet**

Dette kapittelet gir en introduksjon til bruksområdene for modellen og usikkerheter og begrensninger som modellen innehar.

<sup>7</sup> <https://www.vegdata.no/2016/12/20/historiske-data-trafikkmengde/>

<sup>8</sup> Operative tellepunkter er tellepunkter i bruk. Disse kan ha ulike tellingsfrekvens (kontinuerlig eller periodevis).

NERVEs styrke er at den er basert på en komplett sammensetning av kjørelengdene (SSB) til den norske bilparken fordelt på mange kategorier som gir god differensiering. Den er også basert på et komplett sett med HBEFA utslippsfaktor gitt for en høy grad av differensiering på kjøretøypark og kjøresituasjoner. Kjøresituasjonene er evaluert gjennom å hente informasjon fra veiene på lenkenivå som spesifisert i RTM (NVDB). Gjennom den høye detaljeringsgraden er modellen rigget for utvidelse til andre forurensningskomponenter.

### 3.1 NERVEs primære bruksområder

Modellens primære bruksområde er å beregne klimagassutslipp

- fra veitrafikken totalt innenfor hver kommune geografisk med tilhørende gjennomsnittlig utslippsfaktorer (g/km) for lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser,
- og utslippet fra kommunens innbyggere som totalt utslipp fordelt på de samme kjøretøyklassene.

Modellen er bygget opp slik at det også kan beregnes utslippsfaktorer for en mer detaljert kjøretøypark, i prinsippet for de 220 kjøretøykategoriene.

NERVE gir tidsutviklingen i klimagassutslipp tilbake til 2009 og er rigget for oppdateringer til framtidige år med den nøyaktigheten som er gitt av tellinger registrert i NVDB og kjørelengdestatistikken til SSB.

Modellen kan angi statistisk hvordan klimagassutslippet fordeles for forskjellige kjøretøykategorier og kjøresituasjoner i hver kommune. Utslippene fra gjennomfartstrafikk kan også skilles ut.

### 3.2 Modellens begrensninger

NERVEs trafikkgrunnlag er basert på en RTM-kjøring for 2016 skalert med tellinger fra NVDB for historiske data før 2016 og for år etter 2016. Tallgrunnlaget for skaleringen historisk er i varierende grad representativt for lokale endringer, spesielt for mindre kommuner. Dersom antall tellepunkter og registreringer ved disse for en kommune er lite, eller at det er store avvik i tallene, vil det nasjonale snittet brukes istedenfor. Kommuner som har gjennomført trafikkreduserende tiltak, men som ikke har tilstrekkelig med tellinger registrert i NVDB for de aktuelle årene, vil ikke kunne se igjen tiltaket som utslippsreduksjon i regnskapet. NVDB er under kontinuerlig forbedring og tallgrunnlaget for framtidig oppdateringer er mye mer representativt enn det historiske tallgrunnlaget. Nøyaktigheten i det historiske uttrekket av kjørelengdedata (SSB) regnes som god, slik at endringer i kjøretøypark skal være godt representert i modellen.

Skaleringen av trafikken differensierer heller ikke mellom lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser. Det betyr at endringer som påvirker fordelingen mellom disse klassene ikke vil fanges opp i modellen. Dette kan være etablering eller utvidelse av næringsvirksomhet som gir økt trafikk med tunge kjøretøy, eller etablering av større boligområder som gir økt andel lette kjøretøy. Disse endringene vil bli ivaretatt når modellen oppdateres med nye RTM-data, ca. hvert 4-5 år.

Trafikktallet som inngår i NERVEs aktivitetsdata er gjennomsnittlig døgntrafikk for et angitt år. Dette betyr at tiltak som endrer tidsvariasjonen av trafikken gjennom døgnet som typisk vil

påvirke trafikkflyten, ikke vil fanges opp før det gjøres en ny kjøring av RTM. Et slik tiltak som ikke fanges opp kan for eksempel være rushtidsdifferensierte bomsatser som ikke behøver å redusere totaltrafikken, men smører ut trafikktoppene som gir bedre trafikkflyt og i praksis lavere utslipp. Dersom dette tiltaket gir utslag i lavere trafikk tall ved NVDB-registrerte tellinger på kommunens veier, så vil dette fanges opp ved den årlige oppdateringen av modellen.

NERVES utslipp er beregnet ved en utslippsfaktor per kommune som er vektet etter trafikkarbeidet i de forskjellige kjøresituasjonene som er representert i modellen. Modellen håndterer derfor ikke utslipp per veilenke. En resulterende begrensning er at utslipp på et geografisk sub-område til en kommune ikke kan hentes ut, for eksempel utslippet fra byområdet eller en lavutslippssone. Skaleringen av trafikk mellom år er også gitt på kommunenivå.

NERVE skiller ikke på hvilket formål de forskjellige biltyperne brukes til, utover inndelingen gitt i Tabell 2-1. Det betyr at modellen for eksempel kan skille mellom utslippet fra varebil (LCV) og personbil (PC), men ikke differensiere utslippet fra personbiler mellom private og kommersielle formål (for eksempel drosjer). Som ligningene (4) og (5) beskriver skiller ikke trafikkutvesklingsmatrisen på kjøretøyklasse eller -kategori. Det betyr at NERVE ikke skiller på hvilken del av en annens kommunes bilpark som krysser kommunegrensen eller på hvilken del av veinettet den kjører. Modellen kan derfor heller ikke plassere el-bilen til formålet «pendlerreise» eller SUV-en på de lenger reisene – som et eksempel.

Utslippet fra utenlandsk registrerte biler (spesielt tunge kjøretøy) kan ikke skilles ut i statistikken. Gjennom at RTM er kalibrert mot faktiske tellinger så vil trafikkarbeidet fra disse kjøretøyene være inkludert, men de utenlandske bilenes utslipp vil i statistikken være basert på utslippsfaktorer som baserer seg på den norske bilparken.

Modellen gir ikke et estimat på utslippsbidraget fra motorsykler og mopeder og dette bidraget er derfor ikke inkludert i statistikken.

### 3.3 Vesentlige usikkerhetsmoment

En usikkerhet i NERVE er trafikkarbeidet beregnet gjennom RTM. Kapittel 4.1 og Vedlegg C gir en sammenligning av trafikk- og trafikkarbeidstall som til en viss grad evaluerer usikkerheten. Usikkerheten skyldes:

- Veinettet er grovere, en del mindre veier er ikke representert i RTM, og veier ut fra grunnkretser er representert ved fiktive konnekteringslenker<sup>9</sup>. Private veier er representert i veldig liten grad. RTM gir en akseptabel representasjon av det offentlige veinettet.
- RTM er i stor grad kalibrert mot trafikk tellinger (ÅDT) og mindre grad mot trafikkarbeid (km). Trafikkarbeidet for lette kjøretøy er drøyt 18 prosent lavere i RTM enn i SSBs kjørelengdestatistikk.

Trafikktallet som brukes i modellen er hentet fra de regionale RTM-modellene. Det er laget flere spesialtilpassede lokale RTM-modeller som vil skille seg fra trafikktallene i denne

<sup>9</sup> Veitilkobling fra en sone bestående av flere småveier til hovedveinettet er i RTM gjennomført med såkalte konnekteringslenker. Dette er fiktive veilenker som representerer trafikken på alle småveiene i sonen.

modellen og til dels gi trafikk tall i bedre overenstemmelse med tellinger og bompasseringer. For Oslo eksisterer det en egen modell kalt RTM23+ som er evaluert mot RTM i Vedlegg C.

Metoden som er benyttet for skalering av trafikk mellom år ha en relativt stor usikkerhet i forhold til å beregne lokale variasjoner i trafikkutvikling. Dersom det er for få telledata i en kommune vil nasjonalt snitt benyttes istedenfor.

I beregningen av trafikkutvekslingsmatrisen (TE) inngår bare lokale direkte reiser under 70 km, fordi de andre reisematrixene i RTM er mindre tilgjengelige (se vedlegg C). Lokale direkte reiser utgjør omtrent 30 prosent av det totale trafikkarbeidet i modellen. Dette betyr for eksempel at utslipp i hyttekommuner eller gjennomfartskommuner ikke vil basere seg på bilparken fra byene, fordi de stort sett befinner seg mer enn 70 km unna. Modellen er sensitiv til forskjellig bilparksammensetninger, men endringer ved liten prosentvis innblanding fra andre kommuner endrer ikke bilparksammensetning vesentlig og det antas at dette ikke har stor innvirkning på endelig utslippsfaktor. Dette begrenser derimot modellens mulighet til å analysere hvordan trafikkarbeidet importeres og eksporteres mellom kommuner.

Utslipet fra innbyggernes kjøring er basert på en tilsvarende trafikkutvekslingsmatrise (TE\*) som også er beregnet ved kun de lokale direkte reisene (30 prosent av trafikkarbeidet). Dette betyr at den gjennomsnittlige utslippsfaktoren til innbyggerne ikke er basert på kommuner lenger vekk enn 70 km. For eksempel vil ikke utslippsfaktoren for Bergen kommune reflektere at noen kjøretøy kjører i Eidfjord kommune opp på Hardangervidda. For beregning av totalt trafikkarbeid fra innbyggernes kjøring er trafikkarbeidet *fra* hver kommune skalert slik at det samsvarer med totalt summert trafikkarbeid *i* alle kommuner.

HBEFA oppgir ingen utslippsfaktorer for hybridbiler i sine data fra 2015 som er benyttet i dette arbeidet. Inntil pålitelige data er på plass er hybridbilers utslipp antatt som bensinbilers utslipp. Alternativt kan utslippet fordeles mellom bensin, elektriske og dieselmotorer etter en viss nøkkel. Uttrekket fra kjørelengderegisteret skiller heller ikke mellom forskjellige typer hybridbiler. Utslipet fra hybridbiler og spesielt plug-in hybrid vil være svært avhengig av bruksmønsteret, og da disse utgjør en stadig større del av bilparken vil dette være viktig å få inkorporert.

NERVE beregner utslipp basert på en varm motor («Hot- emission factor»). Det kan imidlertid være vesentlig forskjell på disse og utslipp ved kald motor. Det er ikke kartlagt hvor lang tid det tar før motoren blir varm og videre hvor stor andel av trafikken som kjøres med kald motor (HBEFA oppgir utslippsfaktorer for kaldstart). Det er heller ikke brukt meteorologiske data i modellen.

Effekten av køkjøring på utslipp er modellert og vil være avhengig av beregnet tidsforsinkelse i RTM og hvordan denne tidsforsinkelsen er oversatt til trafikkflytsituasjoner. Det er stor forskjell mellom utslippsfaktorer ved *tett trafikk* og *kø*, og utslippet er derfor sensitivt til hvor mye av totaltrafikken som regnes å foregå i kø i hver kommune.

Utslippsfaktorer for tunge kjøretøy og særlig TT/AT er svært avhengig av vektclassen de tilhører, hvilken lasteprocent de har og i hvilken grad de kjøres med henger. I HBEFA er vektclassene for TT/AT definert i forhold til kjøretøyenes faktiske totalvekt, mens SSBs vektclasser er definert ved akseltrykket på selve trekkvognen og ikke kjøretøyets totalvekt. Det er derfor en viss usikkerhet knyttet til plasseringen av tunge kjøretøy slik de er definert i SSBs kjørelengderegister i forhold til HBEFAs vektinndeling for sine utslippsklasser.

Usikkerheter er også diskutert i Vedlegg A.



## 4 Verifikasjon og sammenligning mot nasjonale tall

NERVE er sammenlignet og verifisert mot følgende datakilder:

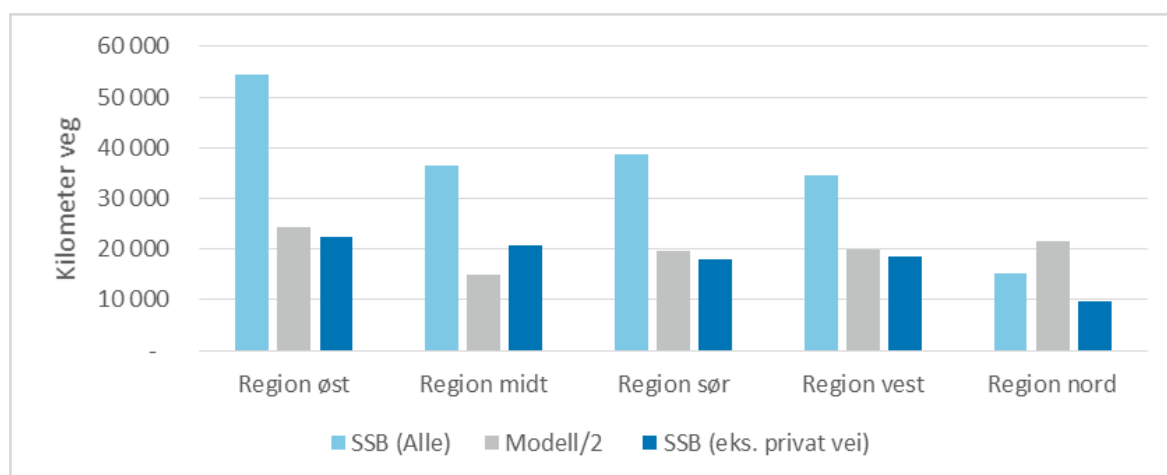
- SSBs tall for veilengder
- SSBs kjørelengderegister for alle norske registrerte kjøretøy
- Enkelte data fra bompasseringer i noen norske byer
- SSB salgstall for drivstoff
- SSB utslippsstatistikk fra veitrafikken i Norge basert på gjeldende innrapporterte tall

### 4.1 Verifikasjon av veilengder og trafikk tall

Veilengder i RTM er bygget på NVDB-nettverket, men ikke alle veilenker er inkludert. I SSBs statistikk for veilengder finnes det fire kategorier: Europa/riksvei, fylkesvei, kommunal vei og privat vei. Private veier er i veldig liten grad kodet inn i RTM. Total veilengde i RTM samsvarer relativt godt med SSBs veilengder fratrukket privat vei (se Figur 4-1) med unntak av Region Midt og spesielt Region Nord.

I RTM ligger de fleste veier, men ikke alle, inne som to lenker som representerer de to kjøreretningene. Ved summering må derfor total veilengde deles på to, noe som ikke er helt nøyaktig fordi noen veilenker kun er representert ved én kjøreretning.

Mindre veier innenfor en sone i RTM er koblet mot større veier med konnekteringslenker som generelt ikke representerer veilengdene som kjøres innenfor disse sonene. Man kan forvente at beregnet total veilengde innenfor disse sonene er vesentlig mindre enn faktisk veilengde som dermed gir mindre kjørelengde til bosatte i området.



Figur 4-1 Sammenligning av veilengder registrert hos SSB og i RTM («Modell/2»). Dersom private veier trekkes fra SSB sitt register er samsvaret med RTM rimelig godt med unntak av Region Nord og til dels Region Midt.

Generelt er RTM kalibrert mot tellinger av lette (korte) og tunge (lange) kjøretøy. I dette prosjektet er det i tillegg gjort en validering mot bomdata i Oslo (Fjellinjen) og Trondheim

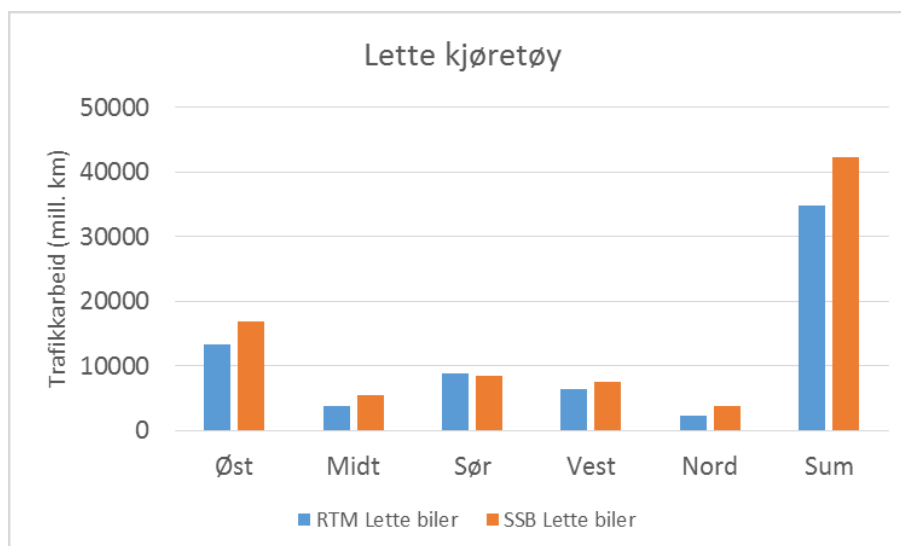
(Vegamot). RTM har også blitt sammenlignet med den lokalt tilpassede modellen i Oslo (RTM23+). Dette er presentert i Vedlegg C, kapittel 4.1.

RTM er først og fremst validert mot trafikk tall (ÅDT) gjennom tellinger og i mindre grad totalt utført trafikkarbeid. Figur 4-2 og Figur 4-3 sammenligner kjørelengdedata fra SSB med trafikkarbeidstall beregnet fra RTMs trafikk og veinett. Kjørelengdedata fra SSB er basert på måleravlesning ved periodisk kjøretøykontroll for alle norskregistrerte kjøretøy. Transportarbeidet i RTM bokføres i det geografiske området det ble gjennomført, mens kjørelengdestatistikken bokføres på eierens hjemkommune. Slik sett er sammenligningen av summen over alle regioner mest relevant, mens delsummene på hver region ikke direkte kan sammenlignes.

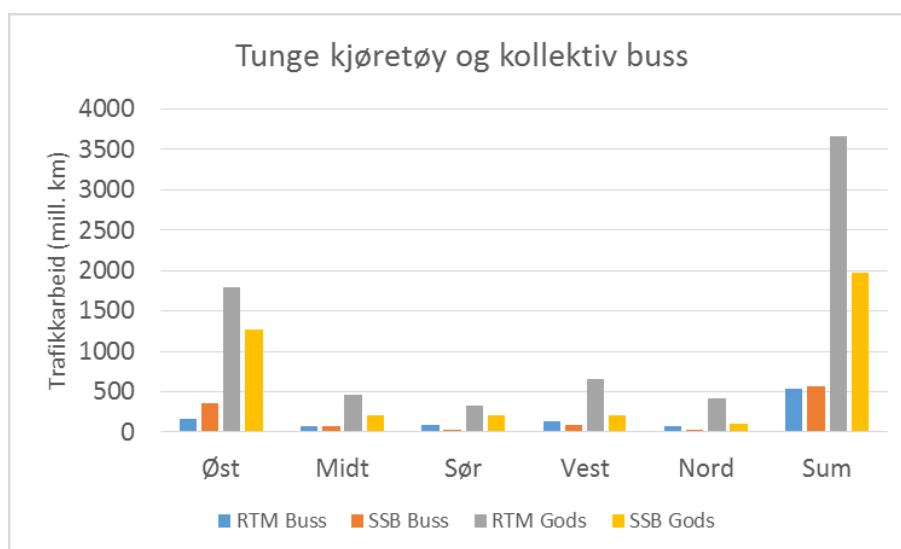
Totalt er det omtrent 13 prosent mindre trafikkarbeid i RTM enn kjøretøykilometer i kjørelengdestatistikken. Tallene viser at totalt trafikkarbeid for lette kjøretøy er omtrent 18 prosent lavere i RTM enn i SSB sin statistikk (Figur 4-2). Forskjellen kan delvis forklares ved manglende veilenker i RTM og at en del veilenker er representert ved konnekteringslenker. RTM er generelt ikke kalibrert mot trafikkarbeid, men mot tellinger. At trafikkarbeidet fra tunge kjøretøy er 85 prosent høyere i RTM enn i SSB-statistikken (hvor tunge kjøretøy er definert som «Gods») kan skyldes utenlandske kjøretøy som bidrar til transportarbeidet, men som ikke telles i kjørelengdestatistikken (Figur 4-3). I 2015 utgjorde 2,8 prosent av alle bomplasseringer utenlandsk registrerte kjøretøy (både lette og tunge)<sup>10</sup> Ved å anta at en høy andel av disse er tunge kjøretøy, så kan dette forklare mye av avviket. To prosent av totaltrafikken tilsvarer i underkant av 1000 millioner kjøretøy-km. I tillegg kan det være en viss grad av dobbelttelling hvor noe kollektiv-trafikk i RTM er regnet inn i Gods-trafikken ved at denne er kalibrert mot tellinger på tunge kjøretøy. På den annen side vil norsk-registrerte kjøretøys kjøring i utlandet være representert i kjørelengderegisteret, men i prinsippet ikke ved trafikk i RTM og ved trafikk tellinger i NVDB. Kollektiv-transportarbeidet i seg selv stemmer rimelig godt mellom RTM og SSB-statistikken.

---

<sup>10</sup> <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/Pressemeldingsarkiv/Vegdirektoratet/hoy-bombrikke-andel-i-norge>



Figur 4-2 Sammenligning av trafikkarbeid (mill. km) i SSB-statistikken og RTM for lette kjøretøy. Lette kjøretøy er summen av personbiler og små godsbiler i SSB-statistikken. Det vil være til dels store forskjeller mellom trafikkarbeid i regioner når man sammenligner RTM og SSB fordi disse datasettene er definert forskjellig.



Figur 4-3 Sammenligning av trafikkarbeid (mill. km) i SSB-statistikken og RTM for tunge kjøretøy (definert som «Gods» i SSB-statistikken) og buss (kollektiv).

## 4.2 Sammenligning av resultat fra NERVE mot nasjonale forbrukstall

HBEFA oppgir også forbruksfaktorer for drivstoff (g/km), og med samme metodikk som for klimagassene er det regnet ut et totalt drivstofforbruk fra kjøretøyparken.

Drivstofforbruket i NERVE er sammenlignet med salgstall for drivstoff, hentet fra SSB<sup>11</sup>. SSB sine tall representerer bilbensin og autodiesel solgt ved "Alle næringer". Salgstallene spesifiserer ikke til hvilket formål drivstoffet er solgt, og MC/moped, fritidsbåter, snøskutere

<sup>11</sup> Tabell 11185: Sal av petroleumsprodukt, etter næring (SN2007) og produkt (1 000 liter). Endelege tal (F) 2009 – 2017. Data for «Alle næringer»

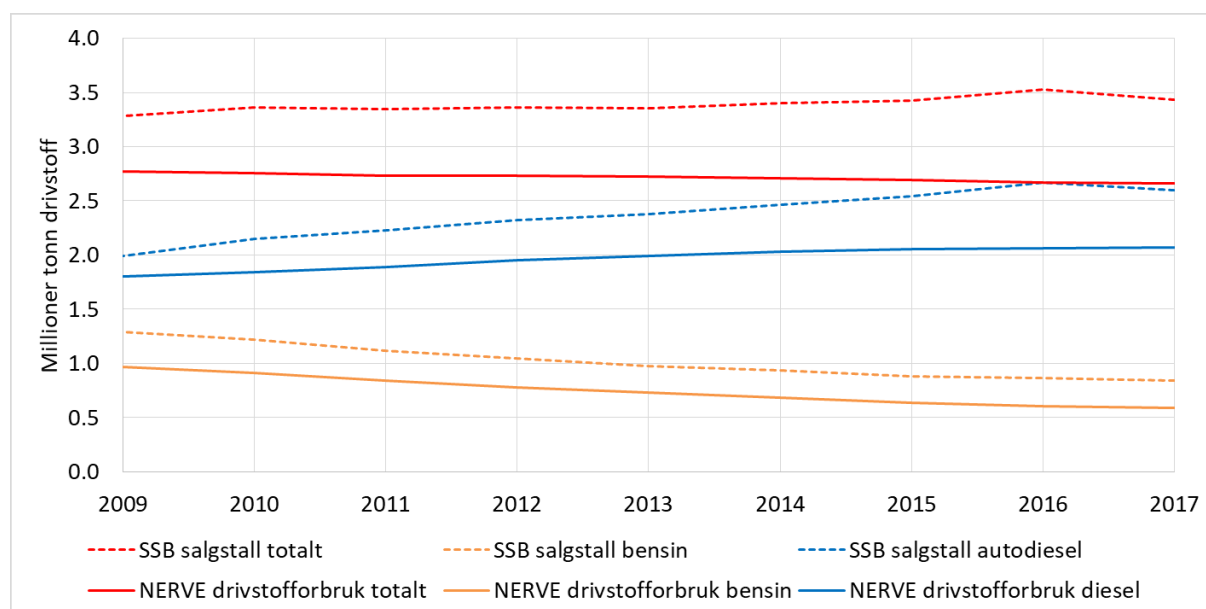
og annet kjøretøy eller maskineri som kan bruke autodiesel eller bilbensin må antas å stå for noe av forbruket. Tap ved fordampning, spill eller drivstoff som forblir ubrukt vil også stå for et lite tap. Det må antas at en del av drivstoffet forbrukt på vei er kjøpt i utlandet eller via andre kilder. Dette gjør at tallene for forbrukt drivstoff fra NERVE og solgt drivstoff ikke er direkte sammenlignbare, men er likevel den beste kilden til validering av drivstofforbruk.

Tabell 4-1 viser SSB-statistikk over det totale drivstoffsalget i millioner tonn og drivstofforbruket i NERVE. I omregningen fra volum i SSB-statistikken til vekt er det brukt en egenvekt på bensin og diesel på henholdsvis 748,9 g/liter og 850,5 g/liter. I 2016 er beregnet totalt drivstofforbruk i NERVE omtrent 24 prosent lavere enn totalt drivstoffsalg etter SSB-statistikken. Fra 2009 fram til 2016 er det en svak nærmest kontinuerlig økning i salgstallene for drivstoff, mens NERVE beregner en svak reduksjon over samme periode. Det er en større økning i salgstallene mellom 2015 og 2016 enn i perioden forøvrig. Fra 2016 til 2017 reduseres salget.

Tabell 4-1 Totalt salgstall drivstoff (SSB) og drivstofforbruk som beregnet ved NERVE

Millioner tonn drivstoff	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Salgstall (SSB)	3,28	3,37	3,34	3,37	3,36	3,40	3,43	3,53	3,44
NERVE drivstofforbruk	2,77	2,76	2,73	2,73	2,72	2,71	2,69	2,67	2,66

Figur 4-4 gir salgstall for bilbensin og autodiesel og tilsvarende beregnet for drivstofforbruk i NERVE. For en videre analyse av forskjellene er det sett på kjøretøygruppene lette bensin, lette diesel og tunge/buss diesel separat.



Figur 4-4 Utvikling i salgstall for drivstoff og drivstofforbruk beregnet i NERVE fordelt på bensin og autodiesel

For bensin har drivstofforbruket i NERVE samme nedadgående trend som salget av bensin. Den relative forskjellen mellom salget og forbruket er 30 prosent i 2016. Salgsstatistikken

inkluderer også drivstoffsalg til MC og moped, samt fritidsbåter, snøskutere og annet kjøretøy eller maskineri som ikke er registrert som kjøretøy med registrering LL 12345, og dermed ikke er inkludert i NERVEs beregning. Hvis man legger SSBs fordeling av CO<sub>2</sub>-utslipp til MC og moped til grunn utgjør dette 6 prosent av veitrafikkutslippet i 2016 og det er overførbart til forbruk. Tilsvarende evaluering er ikke gjort for fritidsbåter, snøskutere og andre kjøretøy og maskiner men antas å være i samme størrelsesorden.

Forbruk i andre motorer og spill er mindre enn at det forklarer hele forskjellen mellom salg og forbruk. NERVE tar blant annet ikke høyde for økt forbruk som følge av kaldstart og tomgangskjøring, samt andre usikkerhetsfaktorer som vil påvirke forbruket som dekktrykk, kjøring med takboks og henger, kjørestil osv. Hovedkilden til at det beregnede bensinforbruket i NERVE er lavere enn salgsstatistikken antas å være trafikkarbeidet for personbil i NERVE som ligger 18 prosent under tilsvarende tall i kjørelengderegisteret (2016).

For autodiesel har både NERVE og salgsstatistikken en økende trend fra 2009 frem mot 2016. Økningen i salgstallet er noe større enn økning i forbruk i NERVE. I 2016 er beregnet forbruk med NERVE 23 prosent lavere enn salgsstatistikken. Tilsvarende som for MC og moped er dieselsalget fordelt mellom tunge kjøretøy/busser og lette kjøretøy etter SSBs fordeling av CO<sub>2</sub>-utslipp<sup>12</sup>. Beregnet forbruk fra lette dieseler i NERVE ligger med dette 28 prosent under salgstallene i 2016. Tar vi høyde for at trafikkarbeidet for lette kjøretøy i RTM er 18 prosent lavere enn kjørelengderegisteret er differansen mellom beregnet forbruk og salgstall på 13 prosent. Salget av autodiesel vil også være påvirket av forbrukere som ikke er relatert til veitrafikk.

For tunge kjøretøy er det flere større kilder til usikkerhet ved å sammenligne salgstall og forbruk. Salgsstatistikken med SSBs fordeling på kjøretøyklasser tilsier at det er 15 prosent mer solgt til tunge kjøretøy enn beregnet forbruk i NERVE. Da godstransport er mer internasjonalt er det større innblanding av utenlandske kjøretøy, og det er usikkerhet rundt forholdet mellom drivstoff kjøpt i Norge og forbrukt utenfor Norge og drivstoff kjøpt utenfor Norge og forbrent på norske veier. I «National Inventory Report»<sup>13</sup> antas det at kjøring med utenlandske kjøretøy i Norge tilsvarer norske kjøretøys kjøring i utlandet.

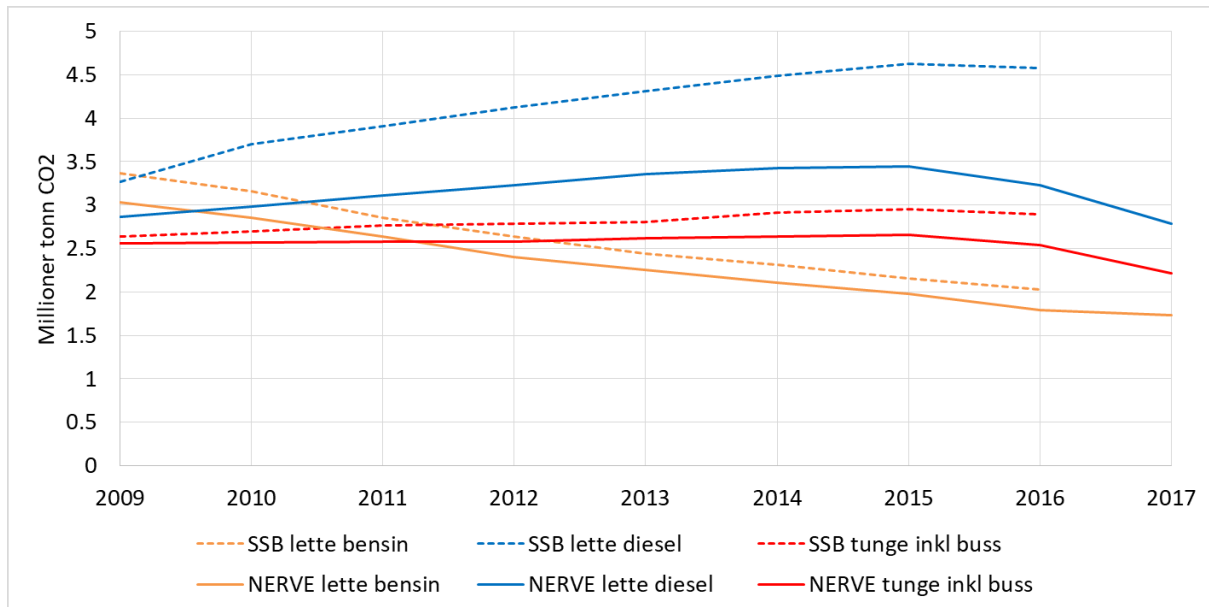
I motsetning til lette kjøretøyer er det totale trafikkarbeidet til tunge kjøretøy og busser samlet 65 prosent høyere enn total kjørelengde i kjørelengdestatistikken. Dette vil si at NERVE beregner et mye lavere forbruk per kjørte kilometer enn det salgstall per kjørelengde gir. Vektclassene i SSBs kjørelengderegister er gitt utslipp for tilsvarende vektclasser i HBEFA. Vi vet at dette gir en noe lettere tung kjøretøypark enn hva kjøretøyenes totalvekt skulle tilsi da vektclassene i SSB uttrekket ikke inkluderer vekt av henger mens HBEFA utslippstallene er for totalvekt. I tillegg til lasteprocent vil derfor i hvilket omfang tunge biler kjører med henger også ha stor betydning. I tillegg kommer effekter som kaldstart og tomgangskjøring som for andre kjøretøy. Spesielt tomgangskjøring kan ha et vesentlig bidrag for tunge kjøretøy med lokal distribusjon.

<sup>12</sup> Gjennom Miljødirektoratet er prosjektet gitt tilgang til et datasett med inndeling av klimagassutslipp fra hovedkjøretøyklasser for årene fram til 2016. Data bygger på SSB-statistikk tabell 08940.

<sup>13</sup> Norwegian Environmental Agency "Greenhouse Gas Emissions 1990-2015, National Inventory Report", M-724/2015

### 4.3 Sammenligning mot nasjonale utslippstall

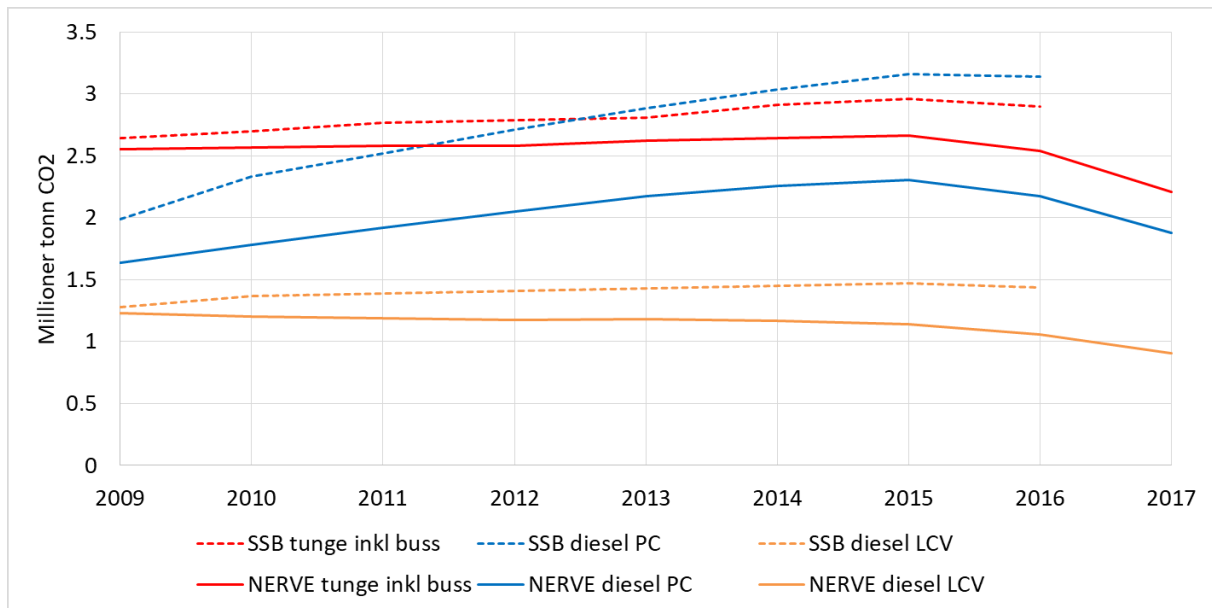
CO<sub>2</sub>-utslippsdata fra SSB sin statistikk for utslipp fra veitrafikk (tabell 08940) er sammenlignet med resultat fra NERVE (Figur 4-5). Utslippsstatistikken er i hovedsak basert på drivstoffsalg fratrukket bidraget fra enkelte forbruksgrupper. I både SSB-statistikken og NERVE er det tatt høyde for bioinnblanding. Totalt beregner NERVE et CO<sub>2</sub>-utslipp i 2016 på 7,56 millioner tonn som ligger omtrent 20 prosent under SSB-statistikken på 9,50 millioner tonn. Mye av dette kan skyldes at trafikkarbeidet for lette kjøretøy i NERVE gitt ved RTM er lavere enn kjørelengdestatistikken tilsier.



Figur 4-5 CO<sub>2</sub>-utslipp fordelt på kjøretøyklasser og drivstoff

CO<sub>2</sub>-utslippet fra lette bensinbiler beregnet ved NERVE og SSB statistikken følger den samme nedadgående trenden. Beregnet utslipp i NERVE ligger noe under SSB-tallene (10 prosent i 2016). Ved å ta høyde for manglende trafikkarbeid i NERVE vil CO<sub>2</sub>-utslippet fra lette bensinbiler beregnet med NERVE ligge noe over CO<sub>2</sub>-utslippet i SSB-statistikken. Dette kan ha sammenheng med antagelsen for hybridbiler, hvor hybridbiler er behandlet som bensinbiler generelt.

I 2016 er lette diesebilers CO<sub>2</sub>-utslipp 31 prosent lavere i NERVE enn i SSB-statistikken. Igjen kan dette i stor grad forklares ved et lavere trafikkarbeid i RTM. I fordelingen av utslippet mellom tunge kjøretøy, små godsbiler (LCV) og personbiler (PC), som vist i Figur 4-6, er avviket mellom lette diesebilers utslipp i NERVE og SSB-statistikken størst.



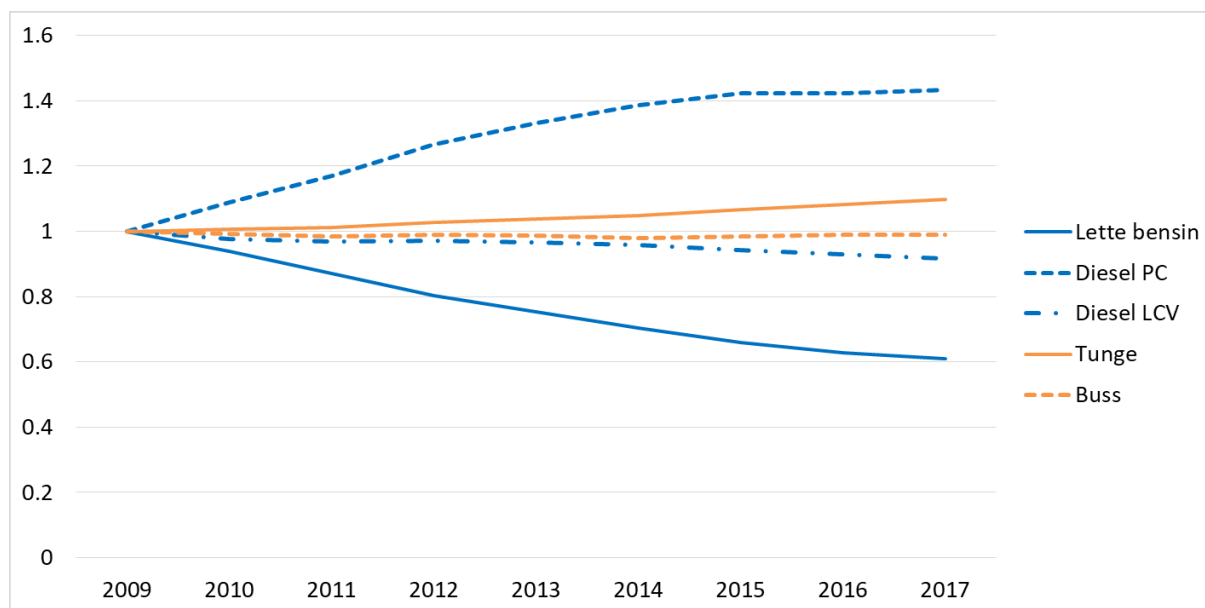
Figur 4-6 Utslipp fra dieseldrevne kjøretøy etter kjøretøygruppe.

Tunge kjøretøy inkludert buss er har et 12 prosent høyere CO<sub>2</sub>-utslipp i SSB-statistikken i 2016 på tross av at trafikkarbeidet er lavere i SSB-statistikken enn i RTM ved godsmatrisene. Det er kjent at plasseringen av SSB vektklasser i HBEFA utslippsklasser i NERVE resulterer i en lettere bilpark med resulterende lavere gjennomsnittlig utslippsfaktor.

#### 4.4 Beregnet utvikling i forbruk og utslipp mellom 2009 og 2017

I dette avsnittet presenteres noen overordnede analyser av tidsutviklingen fra 2009 til 2017 i forbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp mellom kjøretøyklassene og hoved-drivstoffgruppene i NERVE. NERVE er bygget opp som en «bottom-up» modell fra detaljerte datasett som muliggjør mer finmaskede analyser enn hva som er gitt her.

Ser vi på den relative endringen i totalt drivstofforbruk mellom 2009 og 2017 er det forbruket av diesel til lette (PC og LCV) som øker mest, med 43 prosent (Figur 4-7). Tunge kjøretøy har også en viss økning på ca. 10 prosent noe over den generelle trafikkveksten som i NERVE er på omtrent 5 prosent i tidsperioden. Forbruket av bensin reduseres med 39 prosent og varebilers (LCV) bidrag går ned med 8 prosent. Tunge kjøretøy utenom buss øker sitt totalforbruk med 10 prosent, mens totalforbruket fra busser er relativt uendret.

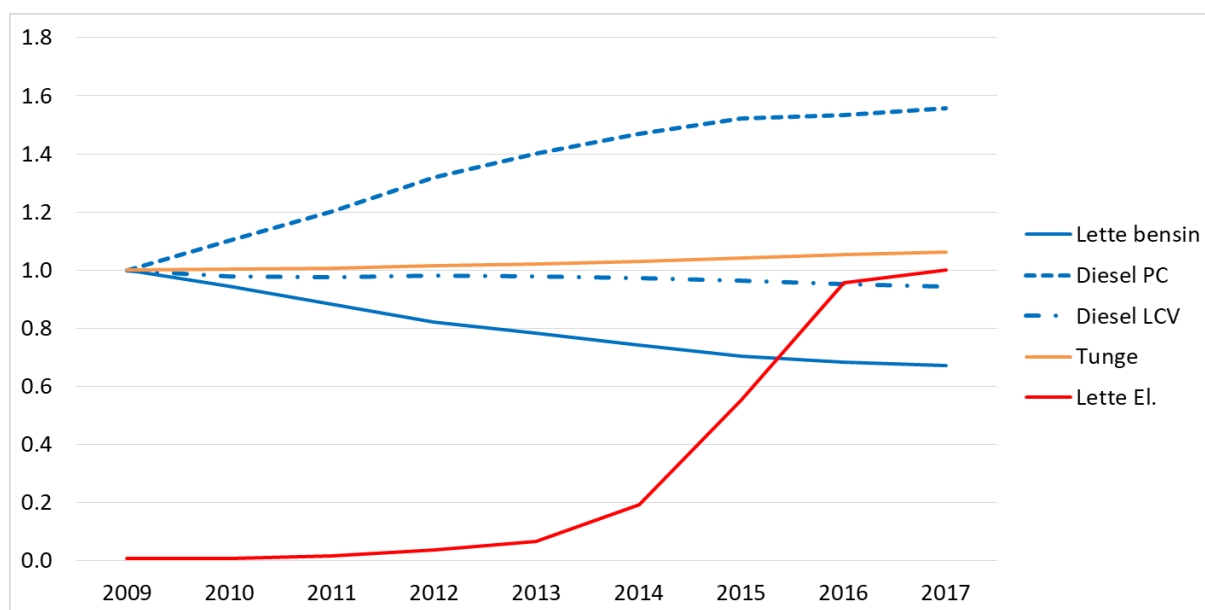


Figur 4-7 Endring i totalt forbruk av bensin og diesel på kjøretøyklassene

Utviklingen i totalutslipp henger i veldig stor grad sammen med endringer i totalt trafikkarbeid innenfor hver kjøretøyklasse og drivstoffgruppe som vist i Figur 4-8. I NERVE er totaltrafikken skalert for kjøretøyklassene lette, tunge og busser som beskrevet i Vedlegg C. Dette tilsvarer dermed trafikkutviklingen som vist for tunge kjøretøy i figuren og busser følger den samme utviklingen. Denne skaleringen samsvarer rimelig godt med utviklingen i totalt rapporterte kjørelengder, men det vil kunne være noe forskjeller mellom kjøretøyklassene. Innenfor kjøretøyklassen lette er trafikkarbeidet fordelt etter fordelingen i kjørelengderegisteret som blant annet gir utviklingen i trafikkarbeid for lette bensin personbiler<sup>14</sup>, lette elektrisk, diesel personbil (PC), diesel varebil (LCV), tunge kjøretøy og busser (Figur 4-8).

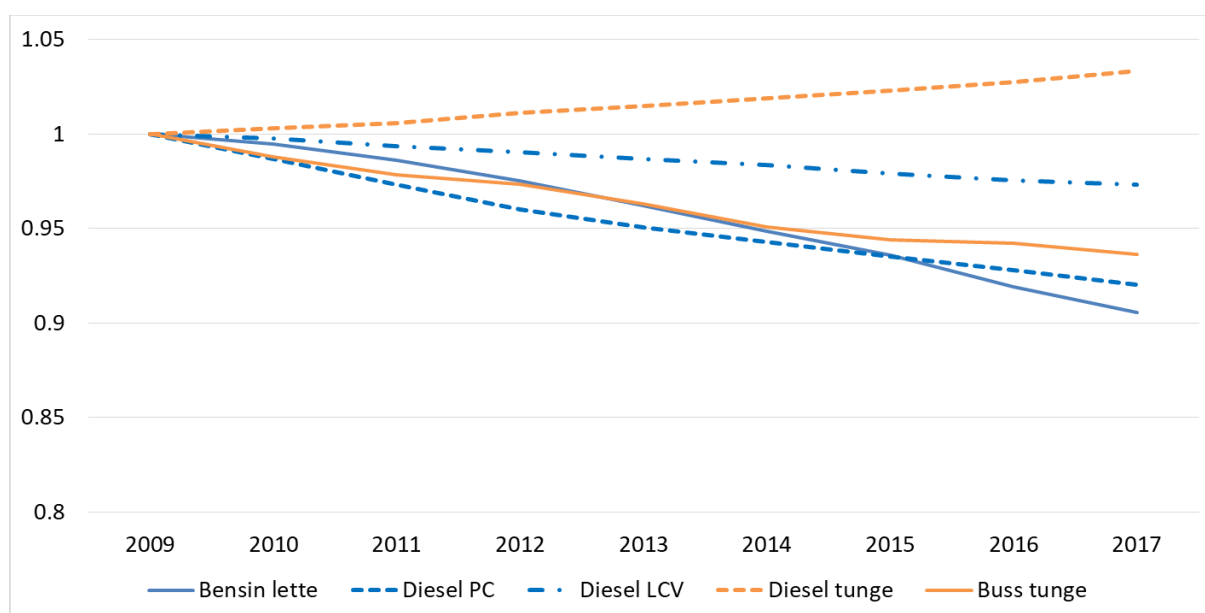
<sup>14</sup> I hovedsak er lette bensinbiler personbiler (PC), det er kun i underkant av 2 prosent av bensinbilers kjørelengder som er ved varebiler (LCV)





Figur 4-8 Endring i årlig beregnet trafikkarbeid i NERVE relativt til 2009. Den relative utviklingen i trafikkarbeid for el-biler er vist med 2017 som referanseår.

Forbedringer i gjennomsnittlig kjøretøyteknologi ved fornyelse av bilparken vil kunne gi lavere forbruk og klimagassutslipp. Men for drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp kan vektfordelingen være av like stor betydning. Figur 4-9 viser at NERVE beregner en generell nedgang i utslippsfaktor for kjøretøyklassene bensin lette (PC+LCV) med 10 prosent, diesel personbil (PC) med 8 prosent, diesel varebil (LCV) med 3 prosent og busser med 7 prosent. Denne nedgangen handler i hovedsak om en fornyelse av bilparken hvor nyere kjøretøy er mer effektive med lavere drivstofforbruk. Tunge kjøretøys utslippsfaktor øker med 4 prosent over perioden. Dette skyldes en økning i kjørelengde (og antall) for de tyngre kjøretøyene (>20 tonn) i denne perioden.



Figur 4-9 Endring i drivstoff forbruksfaktor fra kjøretøyklassene og drivstoffgruppene bensin og diesel

#### 4.5 Oppsummering og forslag til forbedring av NERVE

Utover generell usikkerhet, er det noen åpenbare mangler i NERVE som bidrar til avviket mellom salgstall for drivstoff og nasjonale CO<sub>2</sub>-utslipp. Disse er relatert til

- manglende lett trafikkarbeid i RTM i forhold til kjørelengdestatistikken
- manglende utslippsfaktorer for kaldstart for alle kjøretøy
- den forskjellige vektclassifiseringen i HBEFA og SSB for tunge kjøretøyer, og da spesielt trekkbiler (TT/AT)

Alle disse manglene leder til at forbruket og klimagassutslippet underestimeres i forhold til eksisterende statistikk. Dersom det er ønskelig at kommunenes utslipp summerer til nasjonale tall fra SSB, som innrapportert i «National Inventory» M-724/2015, anbefales det å lage en restpost, med tydelige instruksjoner om hvordan denne skal brukes ved beregning av for eksempel kommunale klimabudsjetter.

Trafikkdataene i RTM kan forbedres ved i større grad å anvende lokalt tilpassede RTM-modeller, som f.eks. RTM 23+ i Oslo/Akershus. Det finnes flere slike modeller i bruk for mer nøyaktige og detaljerte analyser lokalt. Stadig bedre trafikkelledata i NVDB vil forbedre skaleringen mellom år, men kan også i seg selv brukes til en bedre kalibrering av RTM. Dersom datagrunnlaget fra tellinger er tilstrekkelig, kan skaleringen av trafikken over år inndeles i lette og tunge kjøretøy. Ved at data fra lokale tellinger og data fra bompasseringer rapporteres inn til NVDB vil datagrunnlaget her også forbedres. Metoden for beregning av trafikkutvekslingen er begrenset til de lokale direktereisene som bare omfatter omtrent 30 prosent av totaltrafikken. Ved en mer avansert metodisk tilnærming, kan en større andel av totaltrafikken inngå i denne beregningen.

På utslippssiden er det først og fremst behov for bedre data som kan plassere tunge kjøretøy i HBEFAs vektclasser etter SSBs fordeling og definisjon for tunge kjøretøys vekt. I denne sammenheng bør også mer data relatert til kjøretøyenes last og bruk av henger samles inn i så stor grad som mulig. For tunge kjøretøy spesielt vil tomgangskjøring gi et utslippsbidrag som ikke er reflektert i veitrafikk eller kjørelengder. Mer data om utenlandske bilers kjøretøypark og kjøring i Norge vil også forbedre utslippsberegningen for en vesentlig andel av utslippet fra tunge kjøretøy.

Videre bør modellen utvides med faktorer for kaldstart og med en modell for hvor stor andel av trafikkarbeidet som er omfattet av denne kjøremodusen. En annen forbedring vil være å utvide med flere utslippsklasser for blant annet hybrid og andre nye biltyper. Usikkerheten relatert til utslippsfaktorer for hybridbiler («plug-in» og ikke-«plug-in») må reduseres gjennom tester og kartlegging av bruksmønster i forhold til lading. Til slutt vil utslippsberegningene kunne utvides med kategoriene motorsykel og moped. Disse kategoriene bidrar relativt lite til klimagassutslippet, men betyr mer for lokale forurensningskomponenter som NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO og PM.

## Referanser

- Fedoryshyn, N., & Holmengen, N. *Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetoder, data og resultater*. SSB-notat 2015/22
- Figenbaum E., Weber C. *Eksperimentell testing av ladbare hybridbiler – Virkninger på CO<sub>2</sub>-utslipp, energiforbruk og luftforurensning*, TØI-rapport 1239/2016
- Hagman R. og Amundsen A.H. *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi*, TØI-rapport 1259/2013
- Keller, M., Hausberger, S., Matzer, C., Wüthrich, P. and Notter, B. *HBEFA Version 3.3. Background documentation*, Berne, 12, 2017
- Norwegian Environmental Agency. *Greenhouse Gas Emissions 1990-2015, National Inventory Report*, M-724/2015
- Rexeis, M., Hausberger, S., Kühlwein, J. and Luz, R., 2013. *Update of emission factors for Euro 5 and Euro 6 vehicles for the HBEFA version 3.2*. TUG Report I-31/2013/Rex EM-I 2011/20/679 TU Graz
- Statistisk Sentralbyrå (SSB), kjørelengderegister, <https://www.ssb.no/klreg>
- Statistisk Sentralbyrå *Tabell 11185: Sal av petroleumsprodukt, etter næring (SN2007) og produkt (1 000 liter). Endelege tal (F) 2009 – 2017*
- Statens Vegvesen, vegdata fra Nasjonal vegdatabank (NVDB) <https://www.vegdata.no/>
- Statens Vegvesen, historisk uttak av trafikkdata, <https://www.vegdata.no/2016/12/20/historiske-data-trafikkmengde>
- Tørset m.fl. (2013) *CUBE - Regional persontransportmodell versjon 3*. Sintef-rapport A24717.

## Vedlegg A

### Tilpasning av datakilder i NERVE

Modellen er i stor grad bygget opp rundt åpne datakilder som slås sammen for å kunne beregne trafikk og utslippsfaktorer for hver enkelt kommune spesifisert på typer trafikk og utslippsteknologiklasser.

I de følgende delkapitlene presenteres hver av de respektive datakildene, HBEFA, SSB, RTM/NVDB og hvilke tilpasninger som er gjort. Det er også gjort noen betraktninger rundt metodevalg og antagelser og hvilken effekt og usikkerhet det tilfører NERVE.

#### **A.1 Datasett: Trafikk- og veidata fra RTM/NVDB**

Vedlegg C gir en omfattende beskrivelse av tilpasninger som er gjort for å etablere ett datasett for trafikk i hele Norge, skalere trafikk tallene historisk og framover, og beregne en trafikkutvekslingsmatrise mellom kommuner.

De viktigste metodiske valgene er:

- Det er definert 5 RTM regionmodeller for trafikk som representerer hver av de 5 regionene innenfor Statens Vegvesen (Øst, Sør, Vest, Midt og Nord). Det er stor grad av overlapp mellom disse regionmodellene, men kjerneområdene i disse modellene, som representerer et sett med fylker, overlapper ikke. De 5 RTM regionmodellene er satt sammen til én samlet trafikkfil for hele Norge ved at trafikken på veienkene innenfor hver av de fem kjerneområdene er klippet ut. Dette kan gi enkelte utfordringer i overgangen mellom region Sør og Øst (på Liertoppen) hvor det er relativt stor befolkningstetthet. Møre og Romsdal tilhører heller ikke entydig én region, noe som kan gi utslag i noe forskjellige tall. Dette er beskrevet i kapittel 3.1 i Vedlegg C.
- Det antas at telldata i en kommune er representative for gjennomsnittlig trafikkvekst. Dersom telldata er utilstrekkelig brukes det nasjonale snittet istedenfor. Dette er beskrevet i kapittel 3.2 i Vedlegg C.
- Ved manglende tellinger benyttes interpolering/ekstrapolering mellom år. Dette er beskrevet i kapittel 3.2 i Vedlegg C.
- Dersom skaleringen er basert på få målepunkt vil endringen være mer sårbar for endring i rutevalg. Hvis det i tillegg er små telleverdier, så blir det også mer usikkert. Dette er beskrevet i kapittel 3.2 i Vedlegg C.

- Det er kun matriser som beskriver lokale direkteiser som er benyttet til å beregne trafikkutvekslingsmatrisene. De lokale direkteisene er reiser under 70 km uten noen mellomstopp på reisen. De lokale direkteisene representerer omtrent 30 prosent av totaltrafikken. Årsaken til dette valget er at det er kun i matrisene for de lokale direkteisene hvor dokumentasjon og strukturen i RTM beskriver at innbyggernes reiser kan skilles ut med full sikkerhet. Se kapittel 3.3 i Vedlegg C.

## **A.2 Datasett: HBEFA utslippsfaktorer**

Utslippsfaktorer til modellen er fra HBEFA<sup>15</sup>. HBEFA er et samarbeid mellom 6 europeiske land om utslippsfaktorer. Ettersom det ikke er mulig å måle utslipp for alle kjøresituasjoner for alle individuelle biler, har HBEFA utslippsfaktorer hovedsakelig sitt opphav i utslippsmodellen PHEM («Passenger car and Heavy duty Emission Model»)<sup>16</sup>, som beregner motorbelastning og utslipp for forskjellige kjøresykluser (ERMES og CADC).

Utslippsfaktorer for individuelle biler er ikke oppgitt, men for kategorier segregert på Euro-utslippsklasse, størrelse, drivstoff og kjøretøytype. For tunge kjøretøy er det beregnet utslipp både med og uten last. På sitt mest disaggregerte nivå inneholder HBEFA utslippsfaktorer for 386 forskjellige utslippskategorier. Det finnes i tillegg høyere aggregeringsnivåer med færre klasser der nasjonal statistikk over bilbestand legges til grunn.

En bils utslipp og forbruk vil også avhenge av hvordan og hvor bilen kjøres. Utslipp er for en typisk bil lavest ved konstant hastighet og rundt 70 km/t. Gjennomsnittsfart, fartsendringer, stigning og veikvalitet vil påvirke drivstofforbruk og også utslipp.

På sitt mest disaggregerte nivå skiller HBEFA utslippsfaktorer mellom alle de 9 fartsgrensene vi har i Norge fra 30 km/t til 110 km/t. Utover dette er det også oppgitt utslipp hvis veien har en stigning. Tolv forskjellige veityper og omgivelse («urban/rural») påvirker utslippene gjennom endrede kjøremønstre og er også en del av HBEFA sine beregninger. En stor påvirkning er ved trafikkflyt, der det er beskrevet utslippsfaktorer for fire forskjellige biltetthetsituasjoner. Totalt gir HBEFA utslippsfaktorer for 1024 forskjellige kjøresituasjoner for hver av de 386 utslippsklassene.

Som for bilklasser er det tilsvarende tilgjengelig høyere aggregeringsnivåer opp til gjennomsnittlig utslipp der de underliggende utslippsfaktorene er satt sammen til en faktor per utslippsklasse, vektet etter norske kjøreforhold.

---

<sup>15</sup> Keller, M., Hausberger, S., Matzer, C., Wüthrich, P. and Notter, B., 2017. HBEFA Version 3.3. Background documentation, Berne, 12.

<sup>16</sup> Rexeis, M., Hausberger, S., Kühlwein, J. and Luz, R., 2013. Update of emission factors for Euro 5 and Euro 6 vehicles for the HBEFA version 3.2. TUG Report I-31/2013/Rex EM-I 2011/20/679 TU Graz.

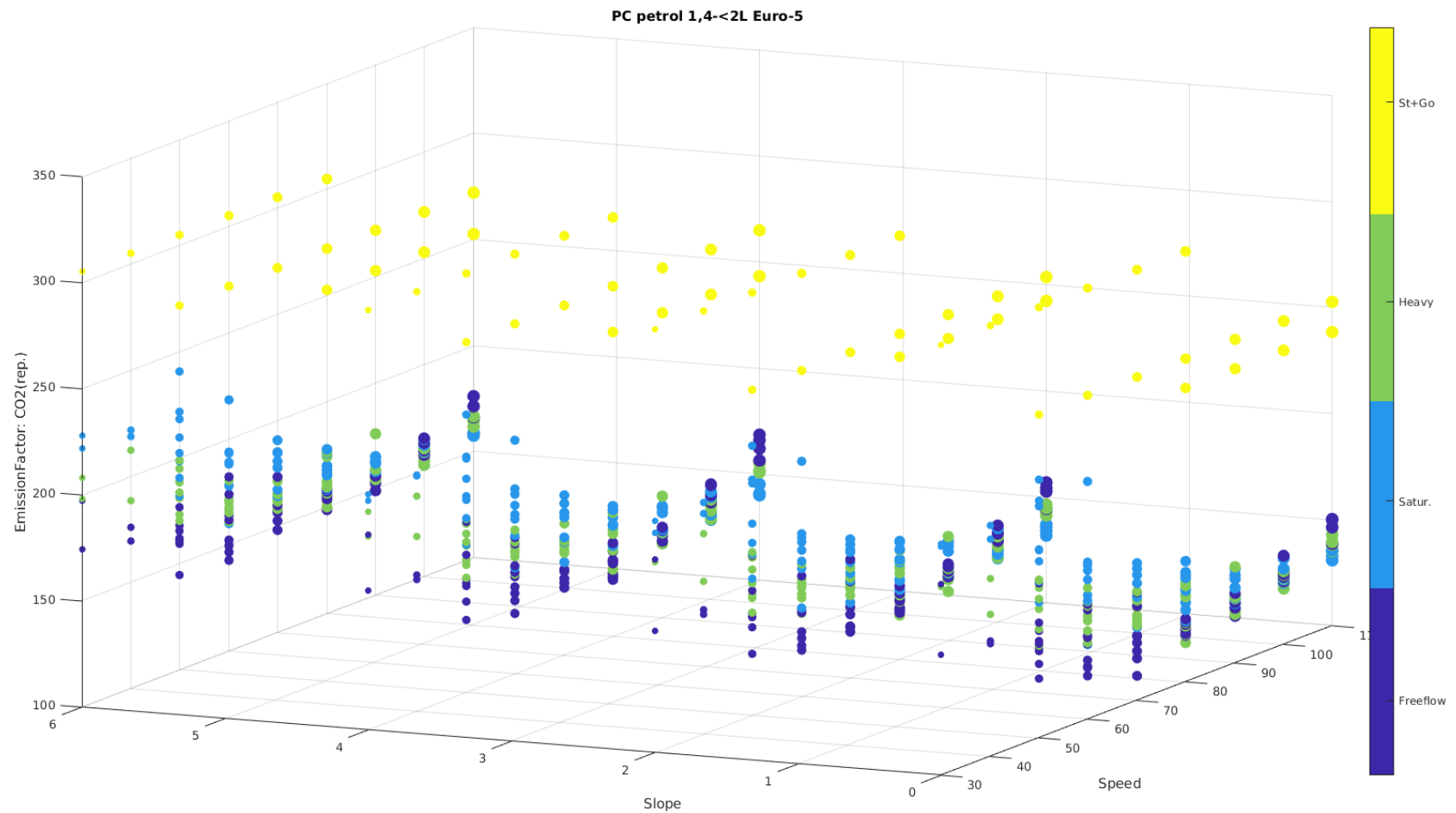
Tabell A 1 Kompakt framstilling av de faktorer som HBEFA har kjøresituasjon for. Totalt er det 1024 trafikksituasjoner, da ikke alle krysskoblinger av veitype, omgivelse og fartsgrenser er definert. \*Det finnes egne tall for stigning

Veityper (12)	Trafikkflytsituasjoner (4)	Veiens stigning i prosent (4)*	Skiltet Hastigheter (9)	Omgivelse (2)
Access	Freeflow	0	30	Urban
Distr	Saturated	+/-2	40	Rural
Distr-sin.	Heavy	+/-4	50	
Local	St. & Go	+/-6	60	
Local-sin.			70	
MW			80	
MW-City			90	
MW-Nat.			100	
Semi-MW			110	
Trunk				
Trunk-City				
Trunk-Nat				

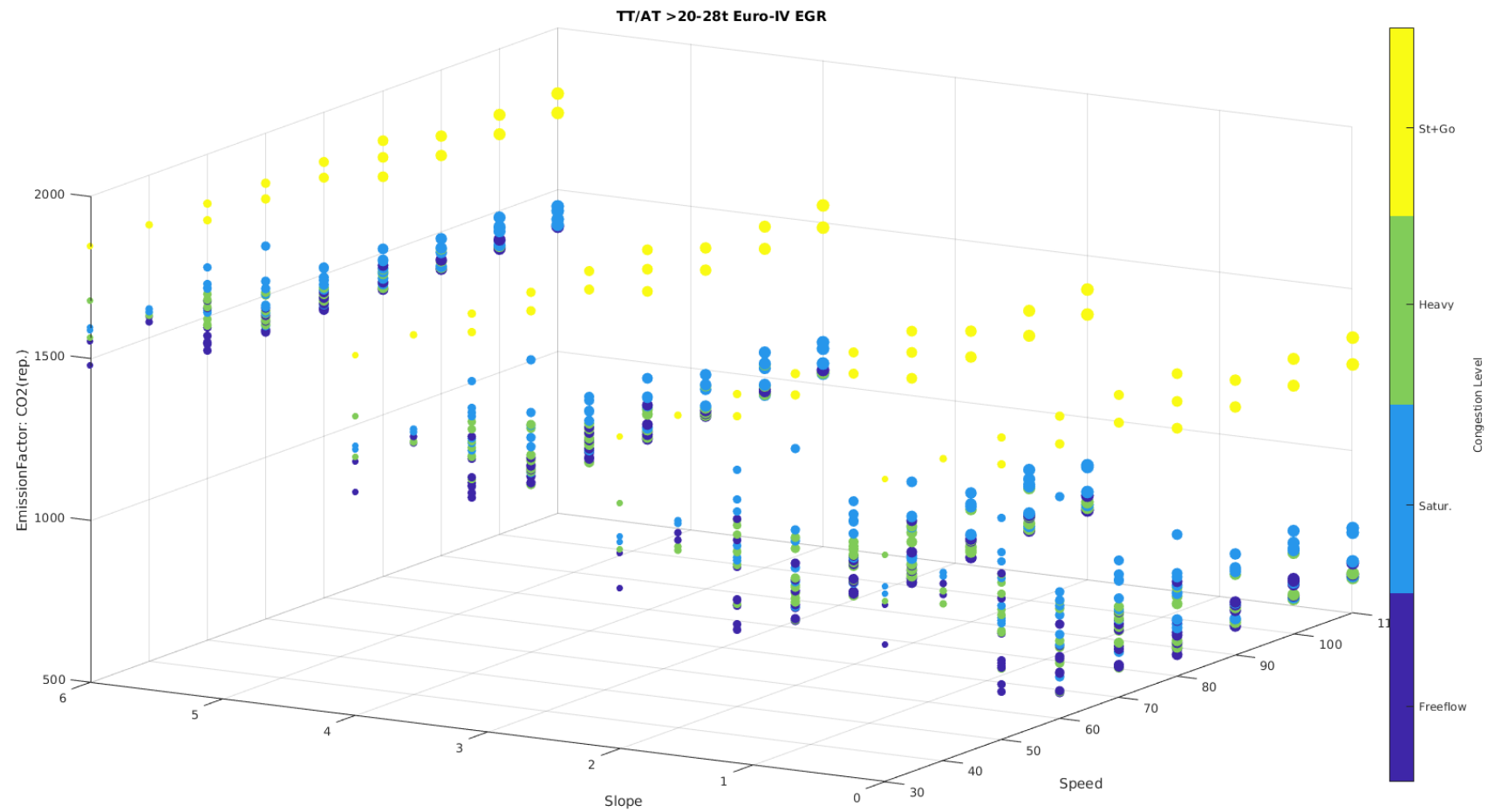
Figur A 1 gir et flerdimensjonalt kart over alle HBEFA utslippsfaktorer som er definert for en Euro 5 bensin personbil i størrelsesklassen 1.4-2 liters motor. Denne viser betydningen av hastighet, stigning og trafikkflytsituasjon på utslippsfaktoren. Figuren viser at det er et stort sprang i utslippsfaktor til trafikkflytsituasjonen kø («St+Go»). De forskjellige veitypene er indikert ved punkter med noe forskjellig størrelse rangert etter rekkefølgen i tabellen over.

Figur A 2 gir tilsvarende et flerdimensjonalt kart over alle HBEFA utslippsfaktorer som er definert for en Euro IV diesel trekkbil i størrelsesklassen 20 – 28 kg. Figuren viser at en slik tung bil i veldig stor grad er påvirket av stigningsforholdene på veien, og mer enn effekten av kø.

Figur A 3 viser effekten av hastighet, veitype, trafikkflyt og stigning på en gjennomsnittlig utslippsfaktor beregnet som et ikke-vektet gjennomsnitt over alle lette kjøretøy og alle faktorer som ikke endres i den aktuelle figuren. Merk at utslippsfaktorer for veitypene er vektet over de hastighetene som de er definert for. Variasjonen i disse faktorene skyldes derfor i stor grad effekten av forskjellig hastighet. For eksempel vil RUR/MW (landlig motorvei) være definert ved høyere hastigheter med en lavere utslippsfaktor, mens URB/Access er definert ved lavere hastigheter med en høyere utslippsfaktor.

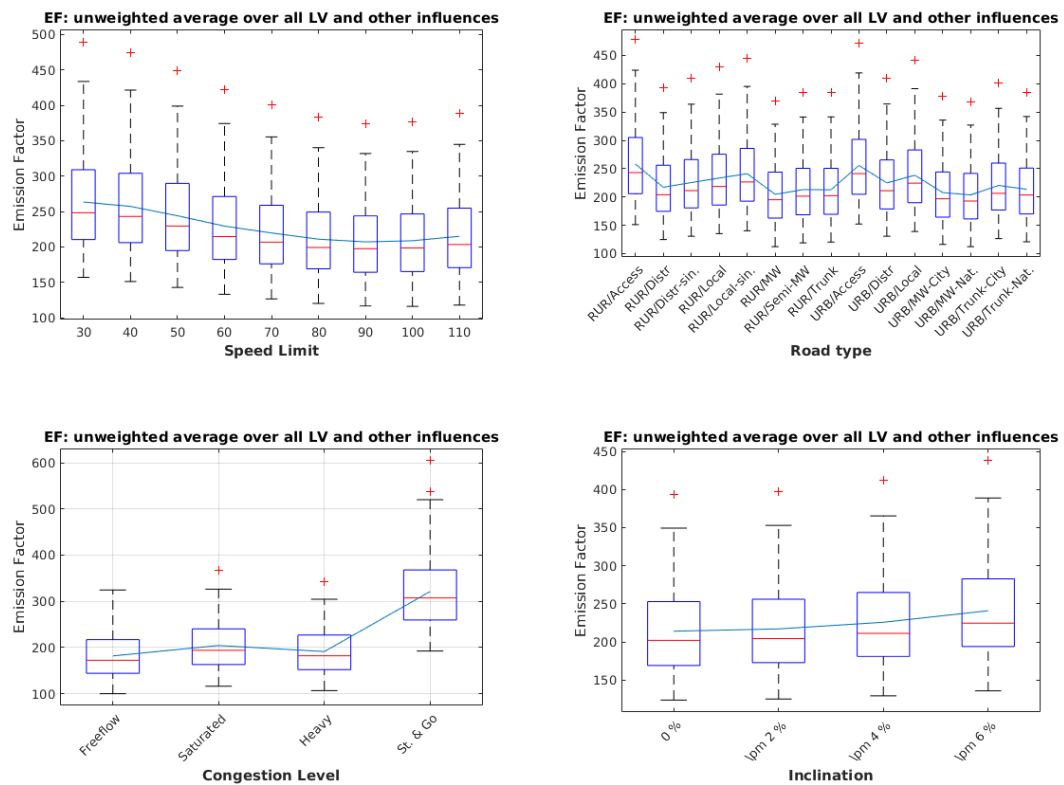


Figur A 1 Flerdimensjonalt kart over utslippsfaktorer (g/km) for en Euro 5 bensin personbil i størrelsesklassen 1,4 til 2 liters motor. Fargeskalaen angir trafikkflyt fra fri flyt «Free flow» til kø «St.+Go». Effekt av hastighet og stigning er gitt langs aksene i horisontalplanet og i utslippet på den vertikale akse. Forskjellige veityper og urban/rural er angitt ved punkter med forskjellig størrelse.



Figur A 2 Flerdimensjonalt kart over utslippsfaktorer (g/km) for en Euro IV diesel trekkbil(TT/AT) i størrelsesklassen 20 til 28 tonn. Fargeskalaen angir trafikkflyt fra fri flyt «Free flow» til kø «St.+Go». Effekt av hastighet og stigning er gitt langs aksene i horisontalplanet og i utslippet på den vertikale aksene. Forskjellige veityper og urban/rural er angitt ved punkter med forskjellig størrelse.





Figur A 3 Effekt av hastighet, veitype, trafikkflyt og stigning på en gjennomsnittlig utslippsfaktor beregnet som et ikke-vektet gjennomsnitt over alle lette kjøretøy og alle faktorer som ikke endres i den aktuelle figuren. Merk at utslippsfaktorer for veitypene er vektet over de hastighetene som de er definert for og at variasjonen i disse faktorene i stor grad skyldes effekten av forskjellig hastighet.

### Tilpasning av HBEFA-datasettet til modellen

HBEFA gir utslippsfaktorer for 386 kjøretøykategorier. Disse kategoriene reduseres til totalt 220 kjøretøykategorier fordelt på Euroklasse, størrelse, type og drivstoff. For en del kjøretøy er det ikke en 1:1 match mellom disse 220 kategoriene og kategoriene i HBEFA, og det er gjort enkelte tilpasninger.

For flere kjøretøytyper er det i HBEFA skilt mellom kjøretøy med og uten dieselpartikkelfilter (DPF). Der den er tilgjengelig er HBEFAs vektingsfaktor mellom kategoriene brukt til å slå sammen kategorier. Det finnes i tillegg for de fleste kjøretøy flere enn én Euro 0 kjøretøyklasse. Disse er også slått sammen etter en vektning der det er antatt at det er et økende antall kjøretøy med alder. Dette resulterer i 219 kjøretøykategorier. I tillegg er én nullutslipps klasse av lette kjøretøy lagt til som gjør at modellen har totalt 220 kjøretøykategorier. De 220 kategoriene er listet i sin helhet i Vedlegg B, mens en komprimert framstilling er gitt i rapportens hoveddel kapittel 2.2.

I hovedsak er tilpasninger nødvendig for to typer kjøretøy a) svært gamle personbiler og b) busser og tunge kjøretøy (trekkbiler eller lastebiler). Betydning for a) er svært liten da det dreier seg om en del av kjøretøyparken med relativt liten årlig kjørelengde. Konsekvensen for b) er større, siden disse kjøretøyene bidrar til en relativt stor andel av totalutslippene.

Usikkerheten relaterer seg til sammenslåing av enkelte vektkategorier, spesielt for tunge kjøretøy.

Modellen antar en lasteprocent på 57 prosent for tunge kjøretøy. Modellen er sensitiv til denne antagelsen fordi lasten på tunge kjøretøy har relativt mye å si for utslippet.

### **Hybridbilers utslipp**

HBEFA oppgir ingen utslippsfaktorer for hybridbiler i sine data fra 2015. Inntil pålitelige data er på plass er hybridbilers utslipp antatt likt som fra bensinbilers utslipp. Utslipet fra hybridbiler og spesielt plug-in hybrid vil være svært avhengig av bruksmønsteret. Hybridbilene eksisterer som en egen kategori i kjørelengdestatistikken og kan derfor enkelt skilles ut og gis en utslippsfaktor på et senere tidspunkt.

Hybridbiler kombinerer elektrisk framdrift med en bensin- eller dieselmotor. Så godt som alle hybridbiler er bensinbiler per i dag. Batteri gjør det mulig å gjenvinne bremseenergien som gjør bilen mer energieffektiv. På den annen side gir batteripakken bilene høyere vekt. Plug-in hybridbiler kan ved lading fra strømmettet operere med elektrisk framdrift over en viss rekkevidde. En studie utført av TØI i 2016 for en kompakt- og en mellomklasse hybridbil gir at utslippet kan reduseres med 30 til 50 prosent avhengig av rekkevidden fra fulladet kapasitet<sup>17</sup> og forutsatt at bilen lades før hver tur. Bruksmønsteret er kartlagt gjennom en undersøkelse som støtter opp under disse tallene.

### **Tomgangskjøring**

Utslipp ved tomgangskjøring er ikke hensyntatt i NERVE. Tomgangskjøring er verken representert ved kjørelengder eller trafikk, og et eventuelt utslippsestimat må baseres på undersøkelser eller andre kilder. Det er forventet at spesielt tomgangskjøring for tunge kjøretøy med lokal distribusjon er vesentlig.

### **Kaldstart**

Det er ikke tatt høyde for økt forbruk ved kaldstart eller kjøring i kalde temperaturer.

HBEFA oppgir gjennomsnittlige utslippsfaktorer ved varm- og kaldstart. Forskjellen i disse utslippsfaktorene er omtrent 7 prosent høyere ved kaldstart gitt omgivelsestemperatur på 23 grader. Forskjellen vil være større ved kaldere omgivelsestemperaturer. En studie utført av TØI viser at forbruk og utslipp av CO<sub>2</sub> øker med maksimalt 25 prosent ved kaldstart på kortere turer for enkelte biltyper<sup>18</sup>, men effekten varierer mye mellom kjøretøykategoriene. Økte utslipp ved kaldstart vil være en effekt som er viktigst om vinteren og på de kortere turene, slik at betydningen for gjennomsnittlig utslippsfaktor over året vil være betydelig mindre. Effekten av kaldstart er også generelt mye større for andre utslippskomponenter som NO<sub>x</sub> og PM enn CO<sub>2</sub>.

---

<sup>17</sup> Figenbaum E., Weber C. «Eksperimentell testing av ladbare hybridbiler – Virkninger på CO<sub>2</sub>-utslipp, energiforbruk og luftforurensning», TØI-rapport 1239/2016

<sup>18</sup> Hagman R. og Amundsen A.H. «Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi», TØI-rapport 1259/2013

### **Hastighet på veien**

Kjøretøyenes hastighet har generelt stor innvirkning på utslippene. Veilenkens hastighet er definert ved RTM sin hastighetsfunksjon som beregner typisk kjørehastighet på veilenken. Denne kan være forskjellig fra fartsgrensen. HBEFA definerer utslippsfaktorer for veilenker i kategoriene 30 km/t til 110 km/t med 10 km/t inkrement.

Enkelte veier i RTM har hastighet lavere enn 30 km/t, og for disse antas samme utslipp som ved 30km/t. Det er relativt få veier med lavere hastighet enn 30 km/t i RTM og effekten av å anta at disse har utslipp som en 30 km/t vei, er ubetydelig.

### **Trafikkflytsituasjoner**

HBEFA definerer utslippsfaktorer for 4 trafikkflytsituasjoner; fri flyt («Free flow»), tett trafikk («heavy»), mettet trafikk («saturated») og kø («stop and go»). Kjøring innenfor hver av disse situasjonene er beregnet ved «volume-delay» funksjoner i RTM som angir tidsforsinkelsen under morgen-rush og ettermiddags-rush. Tidsforsinkelsen (i prosent) gir inndeling i trafikkflytsituasjoner etter følgende nøkkel:

- fri flyt «Free flow»: <0,1%
- mettet trafikk «Saturated»: 0,1% – 4 %
- tett trafikk «Heavy»: 4% - 15%
- kø «St.&Go»: >15%

HBEFA oppgir gjennomsnittsfart for hver trafikkflytsituasjon. Gjennomsnittsfarten er omregnet til en gjennomsnittsforsinkelse og dette er brukt for å definere tersklene over.

Som vist i figur Figur A 3 er det relativt liten endring i gjennomsnittlig utslippsfaktor mellom de tre trafikkflytsituasjonene med minst trafikk. For kø derimot, øker utslippet med en faktor fra 1,5 til over 3 avhengig av kjøretøytype.

Usikkerheten i beregningen av kø er stor. For det første avhenger den av nøyaktigheten i volumhastighetsfunksjonene fra RTM som igjen er avhengige av et riktig døgntrafikknivå på den aktuelle lenken. Dernest er omsetningen av en slik forsinkelse til de fire trafikkflytsituasjonene forbundet med relativt stor usikkerhet. Modelleringen av kø regnes som en av de største usikkerhetsfaktorene i utregningen av en kommunal utslippsfaktor.

### **Omgivelse**

HBEFA definerer utslippsfaktorer for to omgivelser («urban» og «rural»). Det er ubetydelige forskjeller i utslippsfaktorer for de to omgivelsene for samme veitype og hastighet. Om veien er «urban» eller «rural» er basert på om veilenkens midtpunkt ligger i et tettsted etter SSBs definisjon<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> <https://www.ssb.no/a/kortnavn/befteft/digtettgr.html>

## ***Veityper***

HBEFA definerer utslippsfaktorer for 12 forskjellige veityper. RTM/NVDB definerer veiene i fire hovedkategorier; Europavei (EV), Fylkesvei (FV), Riksvei (RV) og Kommunal vei (KV). I tillegg er det en rekke veier som ikke er kategorisert (for eksempel mindre private veier, eller veier hvor det mangler informasjon). Veitypene i RTM er oversatt til HBEFA veityper ved følgende nøkkel: Først er veiene delt inn i om de er urban eller rural etter definisjonen over. Deretter sjekkes hvilke tilgjengelige veityper som finnes for veilenkens fartsgrense. Dersom veitypen ikke er entydig definert etter hastighet, så brukes veilenkens ÅDT til å kategorisere veien.

Veitypen har i seg selv relativt liten effekt på utslippsfaktoren, og variasjonene vist i Figur A 3 skyldes i hovedsak at forskjellige veityper er definert for forskjellige fartsgrenser.

## ***Veiens stigning***

Veiens stigning (netto) påvirker utslipp, og i særlig grad for tunge kjøretøy (se Figur A 2). HBEFA definerer utslippsfaktorer for fire forskjellige stigningsprosent (0%, 2%, 4% og  $\geq 6\%$ ). Veiens stigning er beregnet fra RTM ved å ta differansen i høyde over havet mellom start og slutt punkt på en veilenke. Denne metodikken tar ikke høyde for lokale minimum/maksimum på veilenken, som potensielt kan gi en viss underestimert av stigningens betydning. En kvalitativ vurdering ved stikkprøver i datasettet har ikke avdekket store unøyaktigheter ved denne metoden.

Den beregnede stigningen fra RTM avrundes så til de fire HBEFA kategoriene. Effekten av denne avrundingsfeilen på en kommunes utslipp er vurdert å være liten.

### **A.3 Datasett: Kjøretøypark ved SSBs kjørelengderegister**

For å lage en kjøretøyfordeling er det innhentet data fra SSB sitt kjørelengderegister, som i uttaket er gitt som antall og kjørelengder (km) fordelt over 364 kjøretøykategorier. Registeret er sjekket opp mot motorvognregisteret og funnet komplementært til dette. Fordelingen av kjøretøy basert på registrert antall og kjørelengder kan være signifikant forskjellig som reflekterer til dels store bruksforskjeller mellom biler. For eksempel kjører typisk nyere biler lenger enn eldre biler. I modellen definerer fordelingen av kjørelengder sammensetningen av kommunenes kjøretøypark som genererer utslippet på veiene.

SSBs kjørelengdestatistikk (<https://www.ssb.no/klreg>) bygger på en kombinasjon av Det sentrale motorvognregisteret og måleravlesninger i forbindelse med periodiske kjøretøykontroller som Statens vegvesen samler inn. Det eksisterer slike måleravlesninger for omtrent 75% av bilparken, så kjørelengder for de resterende 25% estimeres på bakgrunn av lignende kjøretøy. I den offisielle kjørelengdestatistikken skiller det mellom hovedkategorier av kjøretøy, blant annet mellom gods, buss og person/varebil og bensin/diesel.

Gjennom prosjektet med utviklingen av NERVE har Miljødirektoratet på bestilling fått tilgang til en mer detaljert versjon av kjørelengdestatistikken som gir kjørelengder for bilkategorier fordelt som vist i Tabell A 2 under. Totalt er det 52 kategorier fordelt på kjøretøytype, størrelse og drivstoff. I tillegg er disse kategoriene fordelt på registreringsårene; 2014 og nyere; 2010-2013; 2007-2009; 2002-2006; 1997-2001; 1994-1996; 1993 og eldre. Disse registreringsårene representerer henholdsvis Euro-klassene fra 0 til 6. Dette gir til sammen 364 kjøretøykategorier.

Tabell A 2 Kompakt framstilling av de 52 kjøretøykategoriene i SSBs kjørelengderegister fordelt på type, størrelse og drivstoff. Eks: Første rad i tabellen gir totalt 12 kategorier (2 kjøretøytyper x 3 størrelser x 2 drivstoff). I tillegg er disse 52 kategoriene fordelt på 7 Euro-klasser som tilsammen gir 364 kjøretøykategorier

Kjøretøytyper	Størrelse	Drivstoff
Personbil   Drosje	< 1400   1400-1999   >= 2000 cc	Bensin   Diesel
Personbil   Drosje	-	bensin/diesel hybrid
Personbil   Drosje	-	Fullelektrisk   Annet
Minibusser   Små godsbiler	< 1305   1305-1759   >= 1760 kg	Bensin   Diesel
Minibusser   Små godsbiler		Fullelektrisk   Annet
Busser	< 15   15-18   > 18 tonn	Diesel og bensin   LPG/CNG
Busser	-	Annet
Lastebiler	-	Bensin
Lastebiler   Trekkbiler	< 7,5   7,5 – 13,9   14 - 27,9   > 28 tonn	Diesel

Statistikken gir totalt antall kjøretøy og kjørelengde per disse 364 kjøretøykategoriene, fordelt på kjøretøyets registreringskommune. Det regnes én bilpark per år, og det er utlevert data for årene 2009 til og med 2016.

En svakhet ved statistikken er at det ikke nødvendigvis er samsvar mellom eierens bostedsadresse og det stedet bilen blir kjørt. Et eksempel på dette er biler som er eid av leasingselskaper eller transportselskaper registrert på adressen til hovedkontoret.

### **Tilpasning av datasettet til modellen**

Uttaket fra SSBs kjørelengderegister gir kjørelengder for 364 kjøretøykategorier. Disse kategoriene reduseres til totalt 220 kjøretøykategorier fordelt på Euroklasse, størrelse, type og drivstoff. Som for HBEFA utslippsfaktorer er det for en del kjøretøy ikke en 1:1 match mellom disse 220 kategoriene og kategoriene i kjørelengderegisteret. Det er derfor gjort enkelte tilpasninger.

Først og fremst er kategoriene personbil og drosje slått sammen, og minibuss og små godsbiler (LCV). Det eksisterer ikke utslippsfaktorer for hybridbiler og derfor er disse slått sammen med bensinbiler fordi hybridbiler inntil siste år i hovedsak er bensinbiler. Deretter er det enkelte kategorier med uspesifisert drivstoff «Annet» som er slått sammen med andre mer spesifiserte kategorier. Det er gjort enkelte pragmatiske valg hvor kategorier med svært lik utslippsfaktor eller med ubetydelig samlet kjørelengde er slått sammen med andre nærliggende kategorier.

### **Utenlandsk registrerte kjøretøy**

SSBs kjørelengderegister er basert på norskregistrerte kjøretøy og dermed er utenlandsk registrerte kjøretøy utelatt fra statistikken. I hovedsak er trafikkarbeidet fra utenlandsk registrerte kjøretøy av klassen tunge kjøretøy. Trafikkarbeidet til de utenlandske kjøretøyene

regnes ivaretatt gjennom trafikk tallene og godsmatrisen i RTM og at denne er kalibrert mot faktiske målinger på vei. Dette impliserer at NERVE tar høyde for trafikkarbeidet fra utenlandsk registrerte kjøretøy, men antar at disse kjøretøyene har samme standard og utslipp som norskregistrerte kjøretøy.

Statens vegvesen referer: «I 2015 passerte 16,6 millioner utenlandske kjøretøy – både lette og tunge - en bomstasjon i Norge, noe som utgjorde 2,8 prosent av den samlede trafikken.»<sup>20</sup> I følge samtale med TØI er det ikke store forskjeller i Euro-klasse mellom norskregistrerte og utenlandske vogntog, men alderen er noe høyere. Konsekvensen er liten for CO<sub>2</sub>, men middels til betydelig for andre komponenter.

### ***Motorsykler beregnes ikke i spesifikt statistikken***

I denne leveransen er utslippsbidraget fra motorsykler og mopeder ikke regnet med. Transportarbeid for motorsykler inngår ikke i tallene fra kjørelengdestatistikken og det finnes heller ikke tilgjengelige trafikk tall i RTM eller fra tellinger. Bidraget fra motorsykler og mopeder kan beregnes overordnet ved å bruke andelen i SSB sin nasjonale statistikk hvor motorsykler og mopeder bidrar med ca. 1,2% av klimagassutslippene fra veitrafikken.

For CO<sub>2</sub> er betydningen av denne antagelsen liten. For andre komponenter som for eksempel CO og NM-VOC, kan det ha en stor betydning og spesielt fra to-takters kjørelengder.

HBEFA oppgir CO<sub>2</sub> utslippsfaktor for to-hjulinger og utslippsberegninger kan legges til NERVE på et senere tidspunkt når transportarbeidstall er tilgjengelig for disse kjøretøyene.

---

<sup>20</sup> <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/Pressemeldingsarkiv/Vegdirektoratet/hoy-bombrikke-andel-i-norge>

## Vedlegg B

### Kjøretøykategoriene i modellen

Dette vedlegget lister de 220 kjøretøykategoriene i modellen.

HBEFA Class [0-5]:

- 0: MC/Moped;
- 1: «PC» Personbil;
- 2: «LCV» Varebil,
- 3: «RT» Lastebil;
- 4: Buss;
- 5: «TT» Trekkvogn

HBEFA Size [0-6]: Størrelseskategorier er definert litt forskjellig for forskjellige kjøretøykategorier. Typisk brukes motorstørrelse om lette biler og totalvekt om tunge biler.

HBEFA Fuel:

- 0: Elektrisk;
- 1: Bensin;
- 2: Diesel;
- 4: LNG/CNG

HBEFA\_EURO [0-6]:

- Euro 0
- Euro 1 / Euro I
- Euro 2 / Euro II
- Euro 3 / Euro III
- Euro 4 / Euro IV
- Euro 5 / Euro V
- Euro 6 / Euro VI

Num\_Vehclasses: Angir antall originale HBEFA-klasser som er sammenslått

HBEFA Name: Navn på HBEFA kjøretøyklasse. Dersom flere er sammenslått, så er det navnet på én av de sammenslåtte kategoriene.

Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
1	0	0	1	0	1	Moped <=50cc preEuro
2	0	0	1	2	1	Moped <=50cc Euro-2
3	0	0	1	1	1	Moped <=50cc Euro-1
4	0	1	1	0	2	50pct MC 2S <=150cc preEuro
5	0	1	1	1	2	50pct MC 2S <=150cc Euro-1
6	0	1	1	2	2	50pct MC 2S <=150cc Euro-2
7	0	1	1	3	2	50pct MC 2S <=150cc Euro-3
8	0	2	1	0	1	MC 2S >150cc preEuro
9	0	2	1	1	1	MC 2S >150cc Euro-1
10	0	2	1	2	1	MC 2S >150cc Euro-2
11	0	2	1	3	1	MC 2S >150cc Euro-3
12	0	3	1	0	1	MC 4S 151-250cc preEuro
13	0	3	1	1	1	MC 4S 151-250cc Euro-1
14	0	3	1	2	1	MC 4S 151-250cc Euro-2
15	0	3	1	3	1	MC 4S 151-250cc Euro-3
16	0	4	1	0	1	MC 4S 251-750cc preEuro
17	0	4	1	1	1	MC 4S 251-750cc Euro-1
18	0	4	1	2	1	MC 4S 251-750cc Euro-2
19	0	4	1	3	1	MC 4S 251-750cc Euro-3
20	0	5	1	0	1	MC 4S >750cc preEuro
21	0	5	1	1	1	MC 4S >750cc Euro-1
22	0	5	1	2	1	MC 4S >750cc Euro-2
23	0	5	1	3	1	MC 4S >750cc Euro-3
24	1	1	1	0	6	10pct PC petrol <1,4L <ECE
25	1	1	1	1	1	PC petrol <1,4L Euro-1
26	1	1	1	2	1	PC petrol <1,4L Euro-2
27	1	1	1	3	1	PC petrol <1,4L Euro-3
28	1	1	1	4	1	PC petrol <1,4L Euro-4
29	1	1	1	5	1	PC petrol <1,4L Euro-5
30	1	1	1	6	1	PC petrol <1,4L Euro-6
31	1	1	2	0	2	50pct PC diesel <1,4L 1986-1988
32	1	1	2	1	1	PC diesel <1,4L Euro-1
33	1	1	2	2	2	10pct PC diesel <1,4L Euro-2
34	1	1	2	3	2	10pct PC diesel <1,4L Euro-3
35	1	1	2	4	2	10pct PC diesel <1,4L Euro-4
36	1	1	2	5	1	PC diesel <1,4L Euro-5 DPF
37	1	1	2	6	1	PC diesel <1,4L Euro-6 DPF



Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
38	1	2	1	0	6	10pct PC petrol 1,4-<2L <ECE
39	1	2	1	1	1	PC petrol 1,4-<2L Euro-1
40	1	2	1	2	1	PC petrol 1,4-<2L Euro-2
41	1	2	1	3	1	PC petrol 1,4-<2L Euro-3
42	1	2	1	4	1	PC petrol 1,4-<2L Euro-4
43	1	2	1	5	1	PC petrol 1,4-<2L Euro-5
44	1	2	1	6	1	PC petrol 1,4-<2L Euro-6
45	1	2	2	0	2	50pct PC diesel 1,4-<2L 1986-1988
46	1	2	2	1	1	PC diesel 1,4-<2L Euro-1
47	1	2	2	2	2	10pct PC diesel 1,4-<2L Euro-2
48	1	2	2	3	2	10pct PC diesel 1,4-<2L Euro-3
49	1	2	2	4	2	10pct PC diesel 1,4-<2L Euro-4
50	1	2	2	5	1	PC diesel 1,4-<2L Euro-5 DPF
51	1	2	2	6	1	PC diesel 1,4-<2L Euro-6 DPF
52	1	2	4	2	1	PC LPG Euro-2
53	1	2	4	3	1	PC LPG Euro-3
54	1	2	4	4	1	PC LPG Euro-4
55	1	2	4	5	1	PC LPG Euro-5
56	1	2	4	6	1	PC LPG Euro-6
57	1	3	1	0	6	10pct PC petrol >=2L <ECE
58	1	3	1	1	1	PC petrol >=2L Euro-1
59	1	3	1	2	1	PC petrol >=2L Euro-2
60	1	3	1	3	1	PC petrol >=2L Euro-3
61	1	3	1	4	1	PC petrol >=2L Euro-4
62	1	3	1	5	1	PC petrol >=2L Euro-5
63	1	3	1	6	1	PC petrol >=2L Euro-6
64	1	3	2	0	2	50pct PC diesel >=2L 1986-1988
65	1	3	2	1	1	PC diesel >=2L Euro-1
66	1	3	2	2	2	10pct PC diesel >=2L Euro-2
67	1	3	2	3	2	10pct PC diesel >=2L Euro-3
68	1	3	2	4	2	10pct PC diesel >=2L Euro-4
69	1	3	2	5	1	PC diesel >=2L Euro-5 DPF
70	1	3	2	6	1	PC diesel >=2L Euro-6 DPF
71	2	1	1	0	5	80pct LCV petrol M+N1-I 3WCat 1987-1990
72	2	1	1	1	1	LCV petrol M+N1-I Euro-1
73	2	1	1	2	1	LCV petrol M+N1-I Euro-2
74	2	1	1	3	1	LCV petrol M+N1-I Euro-3

Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
75	2	1	1	4	1	LCV petrol M+N1-I Euro-4
76	2	1	1	5	1	LCV petrol M+N1-I Euro-5
77	2	1	1	6	1	LCV petrol M+N1-I Euro-6
78	2	1	2	0	1	LCV diesel M+N1-I conv< 1986
79	2	1	2	2	1	LCV diesel M+N1-I Euro-2
80	2	1	2	3	2	10pct LCV diesel M+N1-I Euro-3
81	2	1	2	4	2	10pct LCV diesel M+N1-I Euro-4
82	2	1	2	5	1	LCV diesel M+N1-I Euro-5 DPF
83	2	1	2	6	1	LCV diesel M+N1-I Euro-6 DPF
84	2	2	1	0	5	80pct LCV petrol N1-II 3WCat 1987-1990
85	2	2	1	1	1	LCV petrol N1-II Euro-1
86	2	2	1	2	1	LCV petrol N1-II Euro-2
87	2	2	1	3	1	LCV petrol N1-II Euro-3
88	2	2	1	4	1	LCV petrol N1-II Euro-4
89	2	2	1	5	1	LCV petrol N1-II Euro-5
90	2	2	1	6	1	LCV petrol N1-II Euro-6
91	2	2	2	0	2	50pct LCV diesel N1-II conv< 1986
92	2	2	2	1	2	50pct LCV diesel M+N1-I Euro-1
93	2	2	2	2	1	LCV diesel N1-II Euro-2
94	2	2	2	3	2	10pct LCV diesel N1-II Euro-3
95	2	2	2	4	2	10pct LCV diesel N1-II Euro-4
96	2	2	2	5	1	LCV diesel N1-II Euro-5 DPF
97	2	2	2	6	1	LCV diesel N1-II Euro-6 DPF
98	2	3	1	0	5	80pct LCV petrol N1-III 3WCat 1987-1990
99	2	3	1	1	1	LCV petrol N1-III Euro-1
100	2	3	1	2	1	LCV petrol N1-III Euro-2
101	2	3	1	3	1	LCV petrol N1-III Euro-3
102	2	3	1	4	1	LCV petrol N1-III Euro-4
103	2	3	1	5	1	LCV petrol N1-III Euro-5
104	2	3	1	6	1	LCV petrol N1-III Euro-6
105	2	3	2	0	5	50pct LCV diesel N1-III conv< 1986
106	2	3	2	1	1	LCV diesel N1-III Euro-1
107	2	3	2	2	1	LCV diesel N1-III Euro-2
108	2	3	2	3	2	10pct LCV diesel N1-III Euro-3

Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
109	2	3	2	4	2	10pct LCV diesel N1-III Euro-4
110	2	3	2	5	1	LCV diesel N1-III Euro-5 DPF
111	2	3	2	6	1	LCV diesel N1-III Euro-6 DPF
112	3	1	2	0	6	10pct RT <=7.5t 60ties
113	3	1	2	1	2	50pct RT <=7.5t Euro-I
114	3	1	2	2	2	50pct RT <=7.5t Euro-II
115	3	1	2	3	2	50pct RT <=7.5t Euro-III
116	3	1	2	4	4	25pct RT <=7.5t Euro-IV EGR
117	3	1	2	5	4	25pct RT <=7.5t Euro-V EGR
118	3	1	2	6	2	50pct RT <=7.5t Euro-VI
119	3	2	1	0	1	RT petrol
120	3	2	2	0	3	20pct RT >12-14t 60ties
121	3	2	2	1	1	RT >12-14t Euro-I
122	3	2	2	2	1	RT >12-14t Euro-II
123	3	2	2	3	1	RT >12-14t Euro-III
124	3	2	2	4	2	50pct RT >12-14t Euro-IV EGR
125	3	2	2	5	2	50pct RT >12-14t Euro-V EGR
126	3	2	2	6	1	RT >12-14t Euro-VI
127	3	3	2	0	3	20pct RT >14-20t 60ties
128	3	3	2	1	1	RT >14-20t Euro-I
129	3	3	2	2	1	RT >14-20t Euro-II
130	3	3	2	3	1	RT >14-20t Euro-III
131	3	3	2	4	2	50pct RT >14-20t Euro-IV EGR
132	3	3	2	5	2	50pct RT >14-20t Euro-V EGR
133	3	3	2	6	1	RT >14-20t Euro-VI
134	3	4	2	0	3	20pct RT >20-26t 60ties
135	3	4	2	1	1	RT >20-26t Euro-I
136	3	4	2	2	1	RT >20-26t Euro-II
137	3	4	2	3	1	RT >20-26t Euro-III
138	3	4	2	4	2	50pct RT >20-26t Euro-IV EGR
139	3	4	2	5	2	50pct RT >20-26t Euro-V EGR
140	3	4	2	6	1	RT >20-26t Euro-VI
141	3	5	2	0	5	10pct RT >26-28t 60ties
142	3	5	2	1	2	50pct RT >26-28t Euro-I
143	3	5	2	2	2	50pct RT >26-28t Euro-II
144	3	5	2	3	2	50pct RT >26-28t Euro-III

Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
145	3	5	2	4	4	25pct RT >26-28t Euro-IV EGR
146	3	5	2	5	4	25pct RT >26-28t Euro-V EGR
147	3	5	2	6	2	50pct RT >26-28t Euro-VI
148	3	6	2	0	3	20pct RT >32t 60ties
149	3	6	2	1	1	RT >32t Euro-I
150	3	6	2	2	1	RT >32t Euro-II
151	3	6	2	3	1	RT >32t Euro-III
152	3	6	2	4	2	50pct RT >32t Euro-IV EGR
153	3	6	2	5	2	50pct RT >32t Euro-V EGR
154	3	6	2	6	1	RT >32t Euro-VI
155	4	1	2	0	5	10pct UBus Artic >18t 70ties
156	4	1	2	1	1	UBus Midi <=15t Euro-I
157	4	1	2	2	1	UBus Midi <=15t Euro-II
158	4	1	2	3	2	20pct UBus Midi <=15t Euro-III
159	4	1	2	4	4	20pct UBus Midi <=15t Euro-IV EGR
160	4	1	2	5	4	20pct UBus Midi <=15t Euro-V EGR
161	4	1	2	6	1	UBus Midi <=15t Euro-VI
162	4	2	2	0	6	5pct Coach Std <=18t 60ties
163	4	2	2	1	4	20pct Coach Std <=18t Euro-I
164	4	2	2	2	4	20pct Coach Std <=18t Euro-II
165	4	2	2	3	5	20pct Coach Std <=18t Euro-III
166	4	2	2	4	6	10pct Coach Std <=18t Euro-IV EGR
167	4	2	2	5	6	10pct Coach Std <=18t Euro-V EGR
168	4	2	2	6	3	40pct Coach Std <=18t Euro-VI
169	4	3	2	0	2	20pct Coach 3-Axes >18t 70ties
170	4	3	2	1	1	Coach 3-Axes >18t Euro-I
171	4	3	2	2	1	Coach 3-Axes >18t Euro-II
172	4	3	2	3	1	Coach 3-Axes >18t Euro-III
173	4	3	2	4	2	50pct Coach 3-Axes >18t Euro-IV EGR
174	4	3	2	5	2	50pct Coach 3-Axes >18t Euro-V EGR
175	4	3	2	6	1	Coach 3-Axes >18t Euro-VI
176	5	1	2	0	4	25pct TT/AT <=7,5t 80ties
177	5	1	2	1	2	50pct TT/AT <=7,5t Euro-I
178	5	1	2	2	2	50pct TT/AT <=7,5t Euro-II

Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
179	5	1	2	3	2	50pct TT/AT <=7,5t Euro-III
180	5	1	2	4	4	25pct TT/AT <=7,5t Euro-IV EGR
181	5	1	2	5	4	25pct TT/AT <=7,5t Euro-V EGR
182	5	1	2	6	1	TT/AT <=7,5t Euro-VI
183	5	2	2	0	3	20pct TT/AT >14-20t 60ties
184	5	2	2	1	1	TT/AT >14-20t Euro-I
185	5	2	2	2	1	TT/AT >14-20t Euro-II
186	5	2	2	3	1	TT/AT >14-20t Euro-III
187	5	2	2	4	2	50pct TT/AT >14-20t Euro-IV EGR
188	5	2	2	5	2	50pct TT/AT >14-20t Euro-V EGR
189	5	2	2	6	1	TT/AT >14-20t Euro-VI
190	5	3	2	0	3	20pct TT/AT >20-28t 60ties
191	5	3	2	1	1	TT/AT >20-28t Euro-I
192	5	3	2	2	1	TT/AT >20-28t Euro-II
193	5	3	2	3	1	TT/AT >20-28t Euro-III
194	5	3	2	4	2	50pct TT/AT >20-28t Euro-IV EGR
195	5	3	2	5	2	50pct TT/AT >20-28t Euro-V EGR
196	5	3	2	6	1	TT/AT >20-28t Euro-VI
197	5	4	2	0	1	TT/AT >34-40t 80ties
198	5	4	2	1	1	TT/AT >34-40t Euro-I
199	5	4	2	2	1	TT/AT >34-40t Euro-II
200	5	4	2	3	1	TT/AT >34-40t Euro-III
201	5	4	2	4	2	50pct TT/AT >34-40t Euro-IV EGR
202	5	4	2	5	2	50pct TT/AT >34-40t Euro-V EGR
203	5	4	2	6	1	TT/AT >34-40t Euro-VI
204	5	5	2	0	1	TT/AT >40-50t 80ties
205	5	5	2	1	1	TT/AT >40-50t Euro-I
206	5	5	2	2	1	TT/AT >40-50t Euro-II
207	5	5	2	3	1	TT/AT >40-50t Euro-III
208	5	5	2	4	2	50pct TT/AT >40-50t Euro-IV EGR
209	5	5	2	5	2	50pct TT/AT >40-50t Euro-V EGR
210	5	5	2	6	1	TT/AT >40-50t Euro-VI
211	5	6	2	0	1	TT/AT >50-60t 80ties
212	5	6	2	1	1	TT/AT >50-60t Euro-I
213	5	6	2	2	1	TT/AT >50-60t Euro-II
214	5	6	2	3	1	TT/AT >50-60t Euro-III

Kjøretøy_ID	HBEFA Class	HBEFA Size	HBEFA Fuel	HBEFA_EURO	Num_Vehclasses	HBEFA_Name
215	5	6	2	4	2	50pct TT/AT >50-60t Euro-IV EGR
216	5	6	2	5	2	50pct TT/AT >50-60t Euro-V EGR
217	5	6	2	6	1	TT/AT >50-60t Euro-VI
218	2	1	2	1	1	LCV diesel M+N1-I XXIII
219	4	2	4	6	1	UBus Std >15-18t CNG EEV
220	1	2	0	2	24	Zero Emission

## **Vedlegg C**

### **Urbanet rapport: Dokumentasjon og validering av trafikkberegninger**





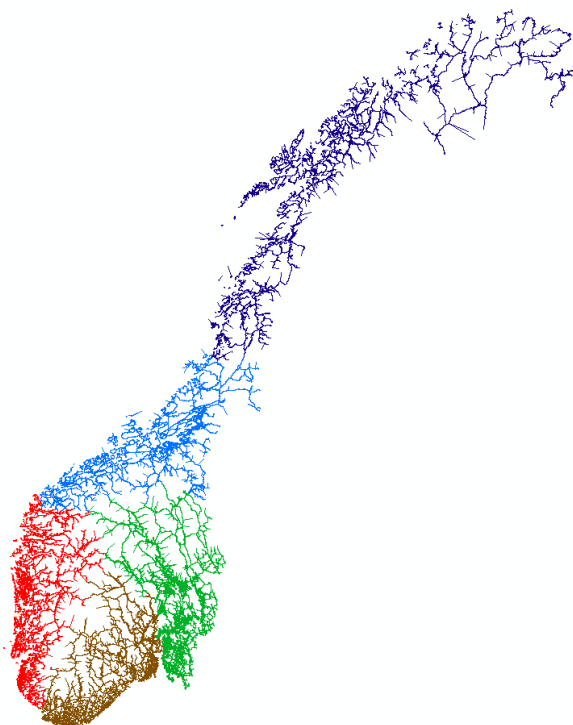
# Notat

Harald Høyem  
Tormod Wergeland Haug

129/2018

## NERVE

Dokumentasjon og validering av  
trafikkberegninger



# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Den regionale transportmodellen (RTM) .....</b>	<b>4</b>
	2.1 Modellsystemet.....	4
	2.2 Geografisk inndeling.....	7
<b>3</b>	<b>Metodikk.....</b>	<b>8</b>
	3.1 Transportnettverk med trafikk.....	8
	Behandling av overlapp.....	8
	Annen utprøvd metodikk .....	11
	3.2 Skalering av trafikk mellom år.....	12
	3.3 Fordeling av trafikkarbeid .....	22
<b>4</b>	<b>Validering av modeller og resultater .....</b>	<b>28</b>
	4.1 Validering av transportmodeller og nettverksfil .....	28
	4.2 Validering av skaleringsfil .....	42
	4.3 Validering av utvekslingsmatrise.....	45
	4.4 Validering av internt/eksternt transportarbeid .....	53
	<b>Referanser .....</b>	<b>54</b>

## 1 Innledning

Dette dokumentet gjennomgår oppsett og validering av trafikkberegningene gjennomført i for modellen NERVE av Urbanet analyse på oppdrag fra Miljødirektoratet/NILU. Hos Urbanet har oppdraget blitt gjennomført av Tormod Wergeland Haug og Harald Høyem.

Formålet med oppdraget var å slå sammen de fem regionmodellene i RTM-systemet<sup>21</sup> til en nasjonal modell for å kunne beregne trafikkarbeid for hele landet. Videre er det etablert en metodikk for å skalere trafikken fra et referanseår, basert på telldata fra NVDB. Til sist er det også etablert metodikk for å beregne trafikkutveksling mellom kommuner.

Det gis først en generell beskrivelse av modellsystemet RTM. Deretter gjennomgås metodikken som er brukt i prosjektet. Til sist valideres resultatene opp mot ulike datakilder.

---

<sup>21</sup> Regional Transportmodell

## 2 Den regionale transportmodellen (RTM)

### 2.1 Modellsystemet

RTM<sup>22</sup> er transportetatens offisielle modellverktøy til bruk i transportplanlegging (Tørset m.fl. 2013). Det er en såkalt makroskopisk transportmodell som beregner reisetterspørsel mellom og internt i alle soner i modellområdet. Bilturmatrisen fordeles på nettverket og gir reisestrømmer på veilenkenivå.

Modellen beregner etterspørselen basert på inngangsdata om befolkning, arbeidsplasser, annen aktivitetsdata, vegnett, bompenger, kollektivtilbud etc. Modelleringen gjøres i prinsippet i fire steg: Først beregnes mulige reiseruter, deretter reisemiddelvalg, så valg av reisemål, til sist antall turer. Modellsystemet gjentar så de ulike beregningene i iterasjoner, hvor de fire delene lenkes sammen til det oppnås en likevekt. Dette sikrer at etterspørselen påvirkes av forsinkelser i vegnettet. Hvor riktig etterspørselen blir beregnet, vil dermed avhenge av hvor riktig forsinkelsene blir beregnet. Økt forsinkelse på vei vil normalt gi en lavere etterspørsel etter bilreiser.

Etterspørselsmodellen i RTM-modellen beregner trafikk mellom og internt i grunnkretser<sup>23</sup> (reisematriser), og fordeler trafikk på lenker i nettverk (rutevalg) på bakgrunn av hvor attraktive ulike ruter er, på bakgrunn av såkalte «generaliserte reisekostnader»<sup>24</sup>. Beregningen gjøres for en yrkesdag (YDT) og omregnes ofte til et gjennomsnittlig årsdøgn (ÅDT). Beregningen som gjennomføres er fordelt på ulike reisehensikter, arbeidsreiser, tjenestereiser, fritidsreiser, hente/levere, privat, skole, flyplass, gods (tungtrafikk) og lange reiser (over 70 km).

---

<sup>22</sup> Regional transportmodell

<sup>23</sup> Det er ca. 14 000 grunnkretser i Norge. Grunnkrets er en mindre geografisk enhet som brukes for å arbeide med og presentere regionalstatistikk

<sup>24</sup> Generaliserte reisekostnader er en sammenstilling av monetære og tidsmessige ulemper ved å foreta en reise. For bilister regnes f.eks. tidsbruk, kostnad per kjørt kilometer og evt. parkerings- og bomavgifter sammen. Tidsbruken omregnes til kroner ved hjelp av «tidsverdier» som uttrykker betalingsvillighet for å redusere reisetiden i kroner/time.

2.1 viser en oversikt over 4-trinnsmetodikken som benyttes i RTM-modellen. Første steg er turproduksjon. Her bearbeides ulike inndata som nettverk, befolkning, arbeidsplasser og andre sosioøkonomiske faktorer som benyttes for å lage et anslag på totalt antall reiser i modellen.

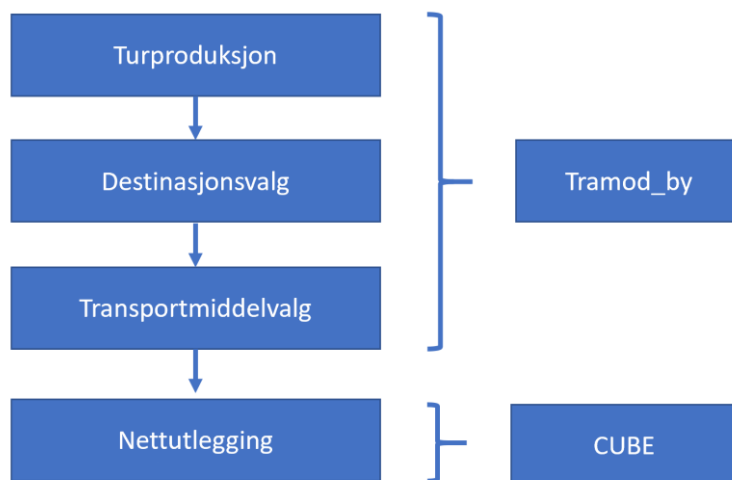
Andre steg er destinasjonsvalg, hvor reisene fordeles etter ulike soner basert på «attraktivitet». En soners attraktivitet består av, blant annet, antall arbeidsplasser, handlemuligheter (kjøpesenter, etc.), kinoer, hoteller osv. Turene fordeles til hver enkelt sone<sup>25</sup> basert på formål og sonenes attraktivitet.

Tredje steg er transportmiddelvalg. Her fordeles turene på ulike transportmidler, basert på faktorer ved befolkningen i den enkelte grunnkrets (inntekt, alder, etc.) og kostnadene ved å benytte de enkelte transportmidlene.

Fjerde steg er nettutlegging. I dette steget fordeles turene utover nettverkene i modellen. I RTM er det egne nettverk for bil, kollektiv og gods. I foreliggende versjon brukt i dette prosjektet, brukes bilnettverket for nettutlegging av gang- og sykkelreiser. Nettutleggingen finner den beste ruten for de ulike transportmidlene, hvor definisjonen av hva som er best, avhenger av hvilket transportmiddel man ser på.

Nettutleggingen beregner også nivået på kø. Utleggingen gjøres i flere omganger, med en viss andel av det totale bilreiseomfanget av gangen. Hver omgang, beregnes det beste rute i nettverket og trafikken legges ut på veilenkene. Deretter oppdateres tiden på hver veilenke ved hjelp av køberegningemetoder, som gir nye anslag på beste rute for trafikken som legges ut i neste omgang. Dette gir en fordeling av trafikken og et anslag på kø per veilenke.

Til sist er det slik at modellen itererer over de fire trinnene til likevekt er oppnådd.



<sup>25</sup> Sonene i RTM er i all hovedsak det samme som grunnkretser, slik at disse betyr det samme i denne rapporten.

*Figur 2.1 Modellflyt i en firetrinnsmodell.*

I RTM er firetrinnsmodellen implementert ved hjelp av programvaren Cube. Programmet styrer det overordnede modellflyten. Beregning av turproduksjon, destinasjons- og transportmiddelvalg gjennomføres i et separat program kalt «Tramod\_by». Selve nettutleggingen og beregning av såkalte LOS-data (Level of Service) gjennomføres i Cube<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> Mer informasjon om modellene finnes på [ntp.dep.no](http://ntp.dep.no).

## 2.2 Geografisk inndeling

RTM-systemet er inndelt i ulike geografiske regioner som følger inndelingen i Statens vegvesens regionale organisering. Modellsystemet er i bruk ved utarbeiding av nasjonal transportplan (NTP) som danner det langsiktige kunnskapsgrunnlaget for prioritering av ressurser innen transportsektoren.

Modellene som er benyttet i dette prosjektet er innhentet på forespørsel fra de ulike regionene i Statens vegvesen (SVV). Modellene er de sist oppdaterte som ble benyttet i forbindelse med siste NTP (2018-2029). Grunnen til at denne fremgangsmetoden ble valgt var blant annet:

- Modellene er ferdig kalibrert. Dette innebærer at de er kontrollert opp mot faktiske måltall og de frihetsgradene som er innebygd i modellene er benyttet så langt det lar seg gjøre innen ressursrammene for å gi et realistisk bilde av dagens situasjon
- Det er relativt få modeller sett opp mot det geografiske området Norge dekker.
- Ved å velge modeller benyttet i NTP-sammenheng, vil trolig modellene være mest mulig sammenlignbare.

Prosjektet har fått oversendt modeller fra de ulike regionene:

- Region Midt
- Region Øst
- Region Sør
- Region Vest
- Region Nord

Enkelte av modellene har blitt levert med inndata for 2014. Det har derfor vært nødvendig å gjøre enkelte tilpasninger slik at sosiodemografiske data er sammenlignbare mellom de ulike modellene.

Etter at modellene er mottatt fra SVV er de kjørt av Urbanet med de samme forutsetningene som i NTP-analysen, så langt dette er mulig. De ferdige modellene danner så grunnlaget for analysen vi gjennomfører videre.

Siden modellene er kalibrert og validert i forbindelse med NTP-prosessen, har vi ikke gjennomført noe omfattende gjennomgang av modellene i dette prosjektet. Vi har gjennomført en overordnet kvalitetssikring for å vurdere hvor godt modellene treffer på de kriteriene som er viktige i dette prosjektet.

### 3 Metodikk

Hovedmålet med oppdraget er å lage et uttak som gir trafikkarbeid (kjøretøykm) for personbil og tungtrafikk, fordelt på produksjon som foregår internt og som er gjennomgangstrafikk per kommune.

Fordi det mangler statistikk fra NVDB for mange veilenker, spesielt kommunale, vil den regionale transportmodellen (RTM) benyttes til å beregne totalt trafikkarbeid for et utgangår (2016).

Deretter vil data fra historiske registreringer i NVDB benyttes til å justere årlige tall tilbake til 2009 med den kommunevise veksten. Det vil da være en antagelse om at trafikken på veilenker uten tellinger fra NVDB vokser i samme takt som veilenker med tellinger, per kommune.

#### 3.1 Transportnettverk med trafikk

Transportnettverk med trafikk er hentet fra RTM. I RTM gjennomføres det en såkalt nettutlegging der trafikken fordeles på vegnettet ved at man minimerer den totale reisebelastningen for gitte reiserelasjoner sett fra hver enkelt bilists ståsted.

Nettutleggingen for bil gjennomføres for to klasser av kjøretøy i RTM:

- **Personbiler:** Beregnes i RTM-systemet, men ved kalibrering av modellen mot tellepunkt kan denne kategorien i praksis inkludere lett næringstransport.
- **Godstransport:** Reiseomfanget beregnes i den nasjonale godsmodellen og fordeles på nettverket i RTM.

I tillegg beregnes **trafikkarbeid fra kollektivtransport**. Her benyttes inndata om avganger og ruter som er kodet inn for kollektivtransporten til å beregne antall vognkm for buss.

Formålet med beregningen er å angi et totalt transportarbeid fra veitrafikken per kommune fordelt på de tre kjøretøyklassene. Hver veilenke i RTM vil etter ferdig beregning ha et tall for ÅDT innenfor de tre kategoriene. Dette tallet benyttes så sammen med informasjon om lengden på veilenka til å beregne transportarbeid per lenke, per kjøretøyklasse.

#### *Behandling av overlapp*

#### *Utfordringer ved sammensetning av ulike regionmodeller*

Når modellene for hver enkelt region er kjørt sitter man med et nettverk med trafikk per regionmodell. Når data fra modellene skal slås sammen til et nasjonalt datasett er det to hovedspørsmål som må løses:

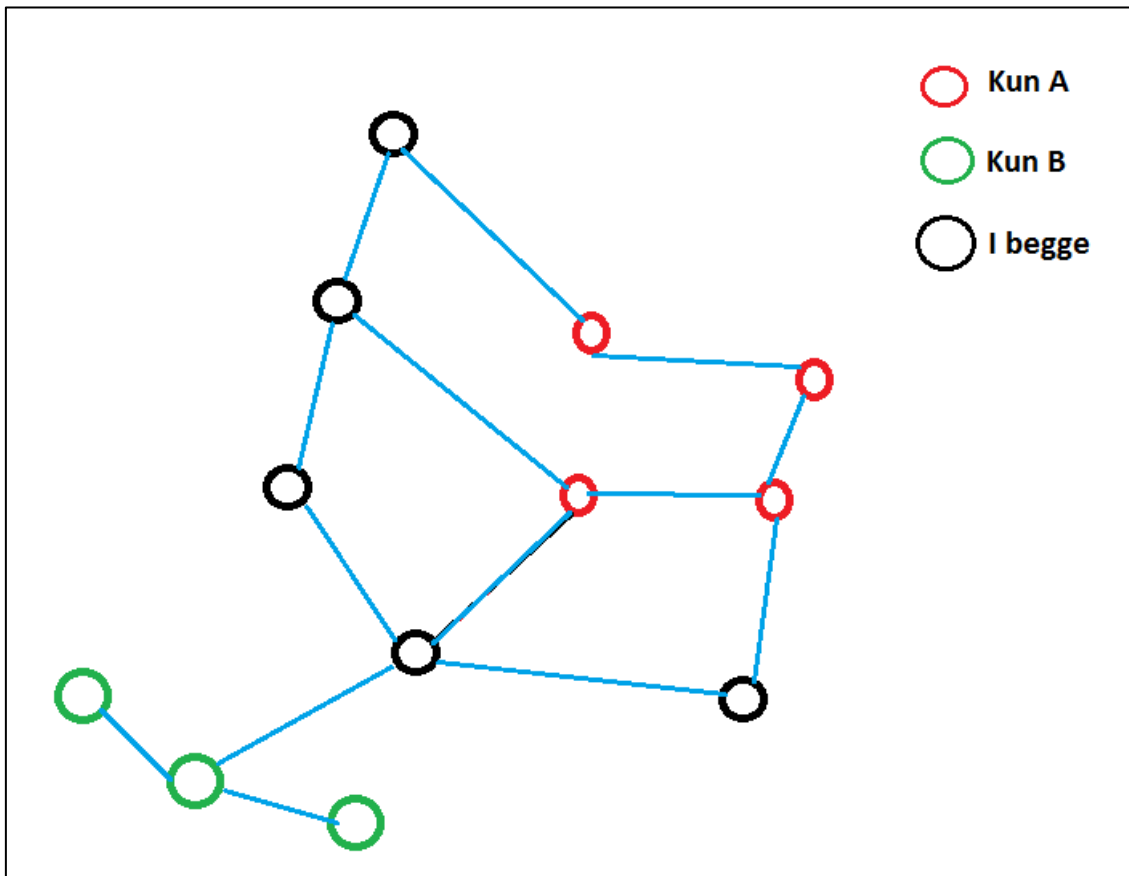
- Hvordan tar man hensyn til overlappende områder mellom modellene?



- Hvilken modell regnes som mest representativ for et gitt område?

Alle RTM-modellene er inndelt i to hovedkategorier av geografiske områder<sup>27</sup> kalt kjerne- og bufferområde. Kjerneområdet omfatter alle soner i modellen der trafikken beregnes ut fra sosiodemografiske og transportkvalitetsdata. Bufferområdet omfatter alle soner i modellen der trafikken fra sonene er representert ved faste matriser, som betyr at reiseomfanget er konstant. Trafikken fra bufferområdet vil normalt komme fra en tilstøtende regionmodell. I tillegg kommer matriser med lange reiser, til og fra flyplasser og fra Sverige, som også er faste.

Utfordringen ved kombinasjon ligger i at selv om kjerneområdene er presist definert, er det stort overlapp mellom nettverkene fra flere modeller. Dette er vist i figur 3.1. Her er det noen soner (røde) som kun er i modell A, og noen (grønne) som kun er i B, mens noen (svarte) er i begge. For hver modell vil det dermed være overlapp på lenkene som omfattes av begge nettverkene i modellen.



Figur 3.1. Illustrasjon av hvordan modellene overlapper med hensyn til nettverk og noder.

### **Sammenslåing basert på kjerneområde**

For å kombinere de ulike modellene valgte vi i dette prosjektet å ta utgangspunkt i definisjonen av kjerneområde i hver modell. Årsaken til at denne tilnærmingen ble valgt, var, for utenom at andre forsøk ikke førte frem at:

<sup>27</sup> I tillegg til såkalte «eksternsoner».

- Hver region har ansvaret for en gitt modell. Det virker derfor rimelig å benytte inndelingen av kjerneområder for hver region i Statens vegvesen
- Man kan kombinere de ulike nettverkene ved å klippe ut innenfor det geografiske området til hver modells kjerne.

For hver modell ble nettverk med tilhørende trafikk klippet ut, og så kombinert til en større fil.

Inndelingen i regioner/kjerneområder følger fylkesgrensene. Dette betyr at alle kommuner i et fylke er allokert til samme modell. Definisjonen av kjerneområdene er:

- **RTM Nord:** Nordland, Troms og Finnmark
- **RTM Midt:** N/S-Trøndelag og Møre og Romsdal
- **RTM Vest:** Rogaland, Hordaland og Sogn- og Fjordane
- **RTM Sør:** V/A-Agder, Buskerud, Telemark og Vestfold
- **RTM Øst:** Akershus, Oslo, Østfold, Oppland og Hedmark

Det ble i løpet av prosessen tatt kontakt med vegvesenet i region Øst og Midt hvor det eksisterer enkelte områder hvor det ble antatt at noen utfordringer kunne oppstå, siden grensene går i områder med mye befolkning. Dette gjelder først og fremst når man beregner effekten av tiltak, siden trafikken utenfor kjerneområdet er representert ved faste matriser og dermed ikke påvirkes av endringer i vegnettet. Det ble meldt tilbake fra region Midt at overgangen mellom RTM Midt og Vest i Møre og Romsdal er noe problematisk, men at dette er løst ved å lage en egen modell og ikke i definisjonen av kjerneområdet. En utviklingsmulighet er dermed å se nærmere på dette området. Siden modellene er benyttet til å estimere dagens situasjon på vegnettet, bør ikke grensegangen mellom modellene være en stor utfordring, da ingen tiltaksberegninger gjennomføres. Fra Region Øst ble det meldt tilbake at overlappet ikke burde være en utfordring for dette prosjektets formål.



Figur 3.2. Illustrasjon av kjerneområder/regioner i RTM-systemet.

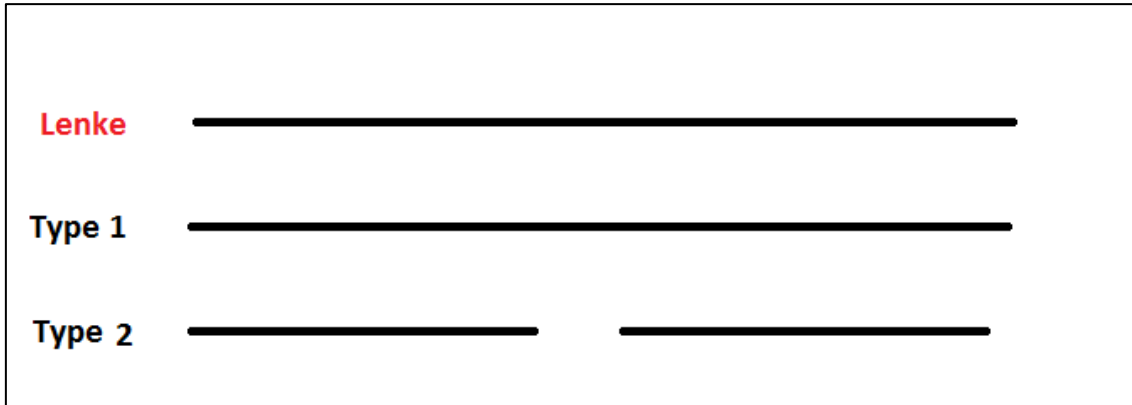
### **Annen utprøvd metodikk**

I dette prosjektet ble det utprøvd flere metoder for å kombinere nettverkene. For å unngå spesifikke antagelser om hvilken modell som er mest representativ for et gitt område, ble det først forsøkt å ta et gjennomsnitt for de områdene det eksisterte overlapp. Denne metodikken viste seg å være veldig utfordrende fordi nettverkene flere steder har ulik oppløsning av lenker.

Figur 3.3 viser hvordan en lenke i en modell kan ha samme lenke i en annen modell. Å fjerne denne typen doblinger ble utprøvd, men det finnes samtidig en annen type overlapp der en lenke er delt inn i to underlenker i en annen modell. Da det viste seg krevende å ta hensyn til slik overlapp på en tilfredsstillende måte, valgte vi å benytte en annen metodikk istedenfor.

Andre muligheter for å kombinere modellene som kunne tenkes var å kjøre modellene uten buffermatriser. Denne tilnærmingen ble ikke valgt fordi man da vil kunne få mindre

trafikk i nettverket enn realistisk. Videre gir ikke kjøring uten buffermatriser nettverk fra modellene som ikke overlapper.



Figur 3.3. Eksempel på typer overlapp mellom ulike nettverk i modellene.

### 3.2 Skalering av trafikk mellom år

Skalering av trafikk mellom år gjennomføres ved hjelp av et skript og datagrunnlag for NVDB.

#### Datagrunnlag

Datagrunnlaget for skaleringen er hentet fra NVDB, men er noe ulikt i den historiske skaleringen og fremtidig oppdatering:

- For den historiske skaleringen er det benyttet et spesialisert uttak som Statens vegvesen har gjort tilgjengelig via sine nettsider<sup>28</sup>. Dette uttaket inneholder historiske målinger som er spredt utover i vegnettet til lenker som ikke har målinger.
- For den fremtidige oppdateringen er meningen at man skal benytte det nyeste tilgjengelige datagrunnlaget fra NVDB.

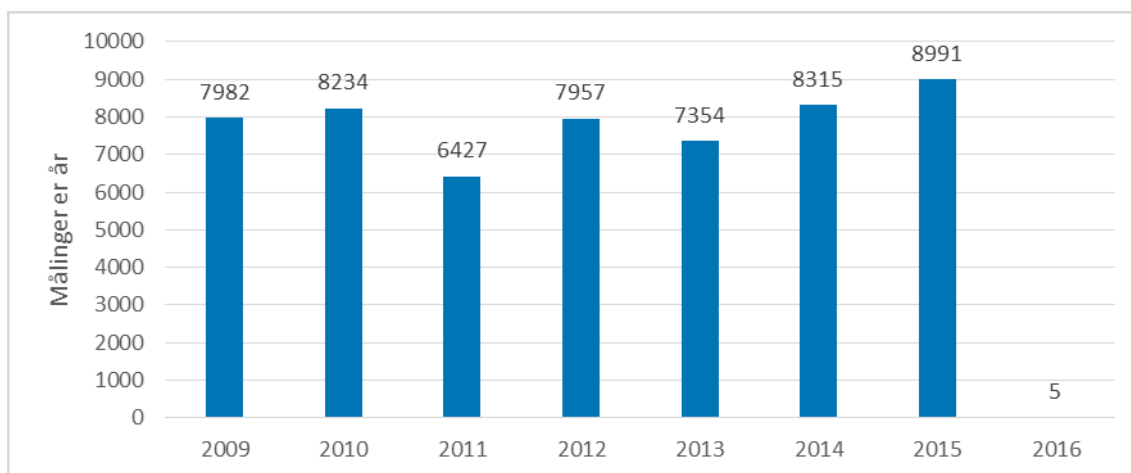
En sentral forutsetning er at trafikken på veilenker uten målinger vokser likt med veilenker uten måling. Dette representerer en viss usikkerhet i modellen. For eksempel vi ikke metoden ta høyde for om veksten foregår i fjellområde i kommunen eller det flatere sentrumsområder, som gjennom kjøresituasjoner vil kunne ha innvirkning på det endelige utslippet.

<sup>28</sup> <https://www.vegdata.no/2016/12/20/historiske-data-trafikkmengde/>

## Historisk trafikk

Historisk data er gjort tilgjengelig via et spesialisert uttak gjennomført av Statens vegvesen. Dette uttaket bygger på målinger, men målingene spres utover i NVDB-nettverket slik at lenker som ikke har tilgjengelig målinger får en angitt verdi.

For å kun telle med lenker hvor det er gjort en måling, ble data over operative<sup>29</sup> tellepunkter lastet ned fra NVDB og lagt inn i kart. Så ble lokasjonen til tellepunktene koblet mot lenkene med informasjon om historisk trafikk koblet sammen. Med «kobling» menes her at man slår sammen målinger (som er registrert på veilenker) og målepunkter basert på geografisk plassering. Et målepunkt på en veilenke med målinger får tilordnet disse målingene. Dermed sitter man kun igjen med registreringer som kan kobles geografisk til et operativt målepunkt.



Figur 3.4. Antall trafikkregistreringer etter år i den historiske databasen.

Etter sammenkoblingen er det 7 471 målepunkter av 8 472<sup>30</sup> tilgjengelig for skriptet som gjennomfører selve skaleringen<sup>31</sup>. Frafallet på 12 % skyldes at noen av punktene ikke kan kobles mot målinger. Fordelingen av antall registreringer over årene er imidlertid noe varierende som figur 3.4 viser, hvor antall registreringer per år er tegnet inn. Det laveste antallet registreringer fant sted i 2016 med kun 5. Dette henger sammen med tidspunktet for når uttaket ble gjennomført (2016). På bakgrunn av det lille antallet målinger i uttaket i 2016, benyttes ikke datagrunnlaget fra NVDB per kommune for å beregne trafikkveksten fra 2015 til 2016, men det fylkesvise snittet fra vegtrafikkindeksen for 2015 til 2016. I den videre gjennomgangen vil derfor vekten bli lagt på veksten fra 2009 til 2015, som er den veksten som beregnes av skriptet. Vekstfaktorene fra vegtrafikkindeksen mellom 2015-2016 er vist tabell 3.1.

<sup>29</sup> Operative tellepunkter er tellepunkter i bruk. Disse kan ha ulik tellingsfrekvens (kontinuerlig eller periodevis).

<sup>30</sup> Tallet tilsvarer antall geografiske objekter («Trafikkregistreringsstasjon») lastet ned fra NVDB-appen til ArcMap som er registrert operative i 2017.

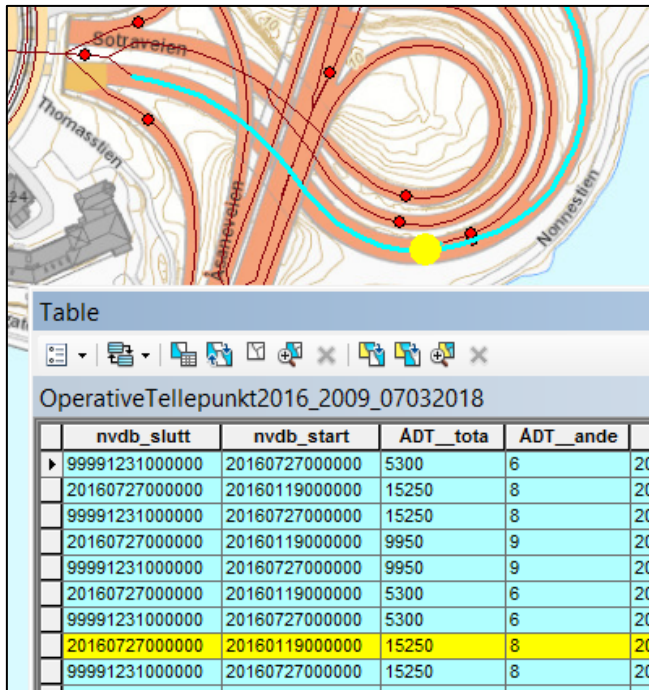
<sup>31</sup> Årsaken til at tallet for antall registreringer ligger noe høyere enn antall målepunkter skyldes at vegtelling fra to nærliggende veier er koblet til samme målepunkt. Dette blir hensyntatt i skriptet.

Tabell 3.1. Fylkesvise vekstfaktorer basert på Vegtrafikkindeksen for 2016-2017. Kilde: Statens vegvesen.

Fylke	2017	2016
Østfold	1.2 %	0.4 %
Akershus	1.4 %	1.3 %
Oslo	0.6 %	-1.4 %
Hedmark	2.0 %	1.7 %
Oppland	1.6 %	1.6 %
Buskerud	0.8 %	0.8 %
Vestfold	3.2 %	1.8 %
Telemark	1.0 %	0.3 %
Aust-Agder	1.9 %	-0.1 %
Vest-Agder	0.7 %	0.3 %
Rogaland	0.3 %	-0.4 %
Hordaland	0.1 %	-0.8 %
Sogn og Fjordane	1.3 %	2.3 %
Møre og Romsdal	1.3 %	0.3 %
Sør-Trøndelag	1.0 %	0.7 %
Nord-Trøndelag	1.0 %	2.4 %
Nordland	1.5 %	0.1 %
Troms	0.1 %	0.8 %
Finnmark	-0.2 %	-0.2 %

Det ble videre gjennomført tester av at koblingen til punkt går riktig for seg. Dette innebærer at konkrete punkt ble undersøkt for å se om tidsseriene ga logiske resultater. I denne prosessen ble det identifisert noen punkter der en registrering blir plassert til feil punkt, eller et punkt får tall fra flere veier.

Sammenkoblingen av data til målepunkt kan medføre enkelte feilkilder. Hvis et målepunkt for eksempel ligger i akkurat i hver sin ende av to lenker, vil trafikk fra begge bli plassert til målepunktet. Undersøkelser gjennom stikkprøver viste at det i noen tilfeller blir tilskrevet en ekstra verdi til tidsserien på hvert punkt som er så ulik at det ikke kan tilhøre det samme punktet, se figur 3.5. I skriptet fjernes denne typen målepunkt fra datamaterialet. Man kan alternativt utvikle modellen videre for å ta et gjennomsnitt.



Figur 3.5. Eksempel på feilkobling av to veier til samme tellepunkt

Et annet eksempel på tellepunkt uten koblet trafikkmengde (grønn) vises i figur 3.6 for Stavanger sentrum. Røde prikker indikerer punkter hvor det er koblet på trafikktellinger.



Figur 3.6. Eksempel på tellepunkter som ikke er koblet sammen med trafikktelling (grønn) og som er koblet sammen (rød).

Den geografiske fordelingen av målepunktene er vist i figur 3.7.



Figur 3.7. Målepunkter i den historiske databasen.

### Ny trafikk

For behandling av ny trafikk må man gjøre et uttak via GIS-applikasjon til NVDB. Dette er nærmere beskrevet i teknisk dokumentasjon.



## Metode

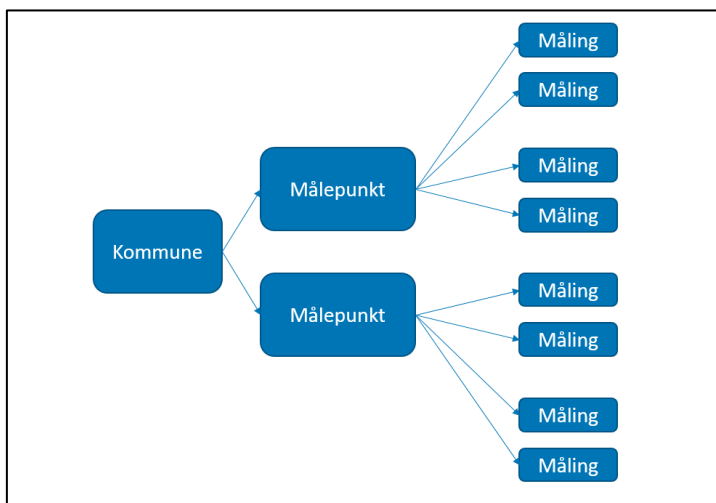
Denne delen av dokumentasjonen beskriver hvordan skaleringsmodellen er bygget opp. Fokus ligger på hvordan de ulike delene er bygget opp mot datagrunnlaget og hvordan man aggregerer opp data til hver kommune. Videre kommenteres overordnet gangen i skriptet og oppbygningen.

## Datastruktur

Modellen er programmert med fire ulike klasser som inneholder informasjonen som benyttes i beregningene:

- **Måling:** Hver enkeltmåling registrert i NVDB
- **Målepunkt:** Identifiserer målepunkt ved målinger som deler lokasjon
- **Kommune:** Hver kommune har en liste med målepunkt
- **Norge:**
  - Klassen har en liste med alle kommuner
  - Alle operasjoner på kommunene er metoder i Norges-klassen, foruten selve innlesingen av data

Datastrukturen er vist i figur 3.8 for en enkelt kommune. Hver kommune har en liste med målepunkter (gitt tilgjengelig datagrunnlag). For hvert målepunkt eksisterer det en rekke målinger. På denne måten grupperes data slik at man kan regne en vekst per kommune basert på målepunktene.



Figur 3.8. Eksempel på datastruktur i skaleringsmodellen.

## Interpolering

Som vist i datagrunnlaget er det ikke like mange målepunkter med telling per år. Konsekvensen av dette er at noen målepunkter får huller som må tettes. Skaleringsmodellen gjennomfører her en inter/ekstrapolering for å fylle inn manglende verdier.

Figuren 3.9 viser prinsippet bak metoden. Gitt at man skal fylle inn 5 år med data, men kun har tilgjengelig to år starter man med en rådataserie. I først steg fyller man inn hvis

år 0 mangler. Deretter fyller man inn hvis år 4 mangler. Begge deler gjøres ved ekstrapolering basert på allerede eksisterende datapunkter. Så gjør man en interpolering for hvert av punktene som ikke har data. Alle inter-/ekstrapoleringer gjøres lineært.

	År 0	År 1	År 2	År 3	År 4
<b>Rådata</b>					
<b>Steg 1</b>					
<b>Steg 2</b>					
<b>Steg 3</b>					

	Mangler data
	Har data
	Ekstra/interpolert

Figur 3.9. Eksempel på inter-/ekstrapolering i modellen.

### Beregning av kommunevis vekst

Beregning av kommunevise vekstfaktorer gjøres med basis i hvert enkelte målepunkt. For hvert målepunkt tar man tidsserien med målinger og legger dette sammen til en total for hver enkelt kommune. Det gjøres ingen vektning av målepunktene foruten denne «summeringen» slik at punktene med mest trafikk teller mest for veksten.

	År 1	År 2	År 3	År 4
<b>Målepunkt 1</b>	10	20	30	40
<b>Målepunkt 2</b>	120	130	130	140
Sum	130	150	160	180
Indeks	1.00	1.15	1.23	1.38

Figur 3.10. Eksempel på beregning av trafikkvekst i en kommune gitt målepunkter per år.

For hvert år konstrueres det dermed en tidsserie per kommune med total trafikk for alle punktene. Dette benyttes så til å beregne en indeks per kommune som viser veksten mot et referanseår hvor indeksen er satt lik 1.

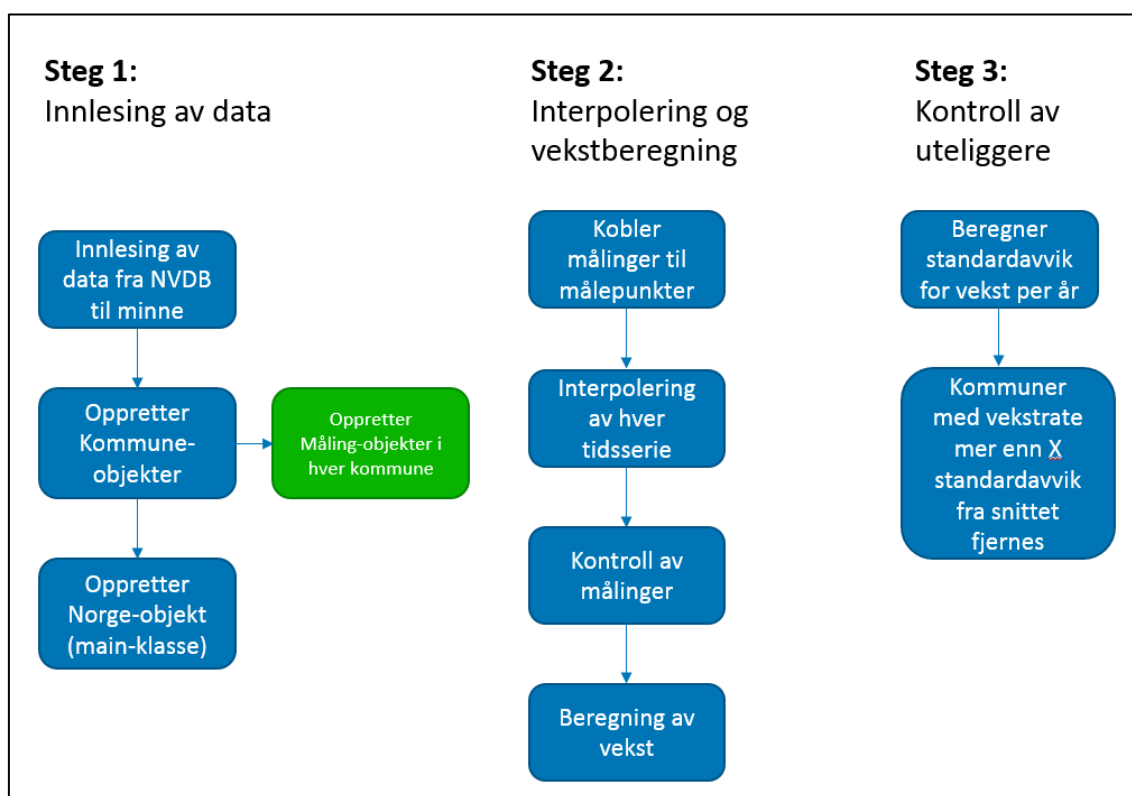
### Beregningssteg i skriptet

Selve gangen i skriptet viser overordnet hvordan beregningen av den historiske trafikkveksten er gjennomført. Beregningen er delt inn i tre steg:

- **Steg 1 Innlesing av data:** I dette steget leses data inn fra fil og til datamaskinens minne. Så opprettes det en rekke kommune-objekter og leser inn og oppretter målinger i hver kommune. Deretter opprettes et Norges-objekt, som i prinsippet styrer hele den videre gangen i skriptet.

- **Steg 2 Interpolering og vekstberegning:** I denne delen kobles først alle målinger til målepunkter basert på koordinater. Deretter gjennomføres interpoleringen innen hvert målepunkt. Så følger et steg hvor målingene gjennomgår en rekke kontroller som er beskrevet under før veksten beregnes.
- **Steg 3 Kontroll av uteliggere:** Som en ekstra sikkerhetsmekanisme mot at enkelte kommuner skal avvike for mye fra det nasjonale gjennomsnittet gjennomføres det en kontroll av uteliggere (data som avviker mye). Dette er også forklart nærmere under.

Figur 3.11 viser et flytskjema for gangen i skriptet.



Figur 3.11. Flytskjema for gangen i skaleringsmodellen.

### Kontroller og konsistenssjekker

For å sikre at svakheter ved datamaterialet ikke inkluderes i beregningene gjennomføres det en rekke kontroller og konsistenssjekker i ulike steg av skaleringsmodellen. Dette er i hovedsak ment å ta hensyn til følgende potensielle feilkilder/svakheter ved inndatamaterialet:

- Feilregistreringer
- Lite utvalg (få punkter per kommune, per målepunkt)
- Dobling av målepunkter
- Kobling av målinger på to ulike veilenker til samme målepunkt dersom punktet ligger i enden av lenkene.

For å imøtekomme disse utfordringene gjennomføres følgende kontroller og korreksjoner:

- Undersøker dobbelttelling av målinger per kommune
  - Alle målepunkter innad i en kommune sammenlignes. Hvis de inneholder akkurat samme verdier, fjernes målepunktene til det ikke er noen duplikater
- Undersøker feilplassering av måling til punkt
  - Undersøker om det er flere enn en registrering per år per målepunkt. Hvis det er flere enn én, fjernes målingen. En fremtidig utviklingsmulighet kan være å beregne et snitt over de ulike målingene.
- Undersøker større hopp i tidsserien.
  - Hvis det er større vekst enn 50 % mellom første og siste registrering, fjernes målepunktet etter en skjønsmessig vurdering basert på at det på mindre veier kan det oppstå større hopp i relativ forstand. Det kan forekomme større hopp dersom feilregistreringer eller koblinger har slått feil.
- Fjerner alle målepunkt færre enn et minimumsantall målinger eller ÅDT.
  - Gjennomføres for at interpoleringen /ekstrapoleringen ikke skal være basert på for få punkter. Dette kan gi for lave eller for høye vekstrater. Minimumsantallet er satt til 10 i denne analysen basert på testing av ulike verdier og i hvilken grad man observerer større hopp i tidsserien, se neste avsnitt. Minimums-ÅDT er satt til 10. Dette er i første rekke for å luke ut veier med feilregistreringer. I Statens vegvesens vegnormal, er veger under 1 500 ÅDT den minste størrelseskategorien. Minimums-ÅDT kan endres etter ønske ved videre bruk av modellen
- Legger et nasjonalt snitt på en kommune dersom det har færre enn 10 målinger) eller avviker mer enn 1.64 standardavvik fra det nasjonale snittet.
  - For å unngå at en kommunes trafikkvekst skal bestemmes av et mindre representativt antall målinger.
  - I tilfeller hvor målepunktene ikke er representative i den forstand at de gir en langt høyere vekst enn antatt og at denne skiller seg fra det nasjonale snittet på en måte som gjør at man må undersøke kommunen nærmere.
  - Satt til 1.64 standardavvik og målinger for mer enn 3 år (minimum 4, altså over 50 % av tidsserien) i den historiske trafikken.

Skriptet er ment å gi et anslag på trafikkveksten i hver kommune. Skriptet konservativt anlagt, slik at det er laget for å erstatte tvilstilfeller med et nasjonalt snitt og heller fjerne datapunkter man er usikker på enn å inkludere dem.

### Usikkerhet grunnet lite utvalg

En spesiell usikkerhet knyttet til skaleringsfilen er antall målinger innad i hver kommune. Det er spesielt to årsaker til at få målepunkt gir høyere usikkerhet:

- Sårbarhet for endringer i rutevalg
- Sårbarhet for små trafikkvolum

Når man har relativt få tellepunkt, betyr dette at en endring i rutevalg blant bilistene vil få en større påvirkning enn dersom man fanger opp en større andel av vegnettet slik at trafikken telles med etter endret rutevalg. Dette er motivasjonen for å kreve at et visst antall målepunkt er med. I videreutvikling av modellen, er dette et viktig punkt å undersøke nærmere. Foreløpig er det satt et minimumstall basert på skjønn og gjennomgang av resultatene ved en uttesting av ulike minimumstall.

På veier med lavt trafikkvolum, vil små endringer gi større endringer i relativ forstand enn på større veier. Dette gir høyere variabilitet i områder med få målepunkt og utgjør hovedmotivasjonen for hvorfor det er lagt et minimumskrav på ÅDT for at en vei skal telles med.

### Glatting av tidsserier

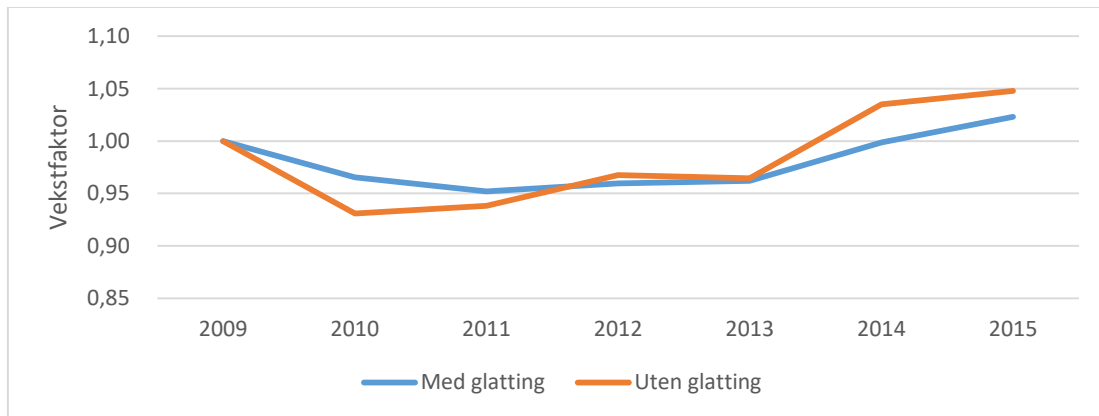
Innledende undersøkelser av den historiske trafikken indikerer at det er en del støy i data. Som vist ovenfor benyttes det en rekke konsistenskontroller som skal fjerne ulogiske observasjoner og minimere effekten av utfordringer ved datagrunnlaget. Spesielt i tilfeller der man reduserer kravet til antall målepunkt per kommune, vil variabiliteten i vekstraten tilta.

For å kunne ta i bruk en større del av datagrunnlaget, men samtidig redusere effekten av svingninger fra år til år som er høyere i kommuner med lavere datagrunnlag, har vi benyttet et glidende eksponentielt gjennomsnitt for den historiske trafikken på kommunenivå (ikke per tellepunkt). En slik tilnærming gjør at en glattet verdi blir vektet, glidende gjennomsnitt mellom estimert trafikk i et gitt år, og tidligere år, hvor effekten er avtagende med tid. Den glattede serien ( $S_t$ ) er beregnet ut fra estimert trafikk i et gitt år ( $T_t$ ) etter formelen

$$S_t = \begin{cases} T_1 & t = 1 \\ \alpha T_t + (1 - \alpha)S_{t-1} & t > 1 \end{cases}$$

I de beregningene som er gjennomført i denne rapporten, er vektingsparameteren  $\alpha$  satt til 0.5 som betyr at man benytter 50 % av estimert trafikk i et gitt år og 50 % av gjennomsnittet tidligere år, som også er vektet. Denne metoden fjerner noe av støyen i data når den benyttes på tidsseriene. Samtidig gjør det at man i større grad må se veksten som et gjennomsnitt over flere år.

Figur 3.12 viser et eksempel på glatting for en konkret kommune. Her er det et større hopp i starten og på slutten av tidsserien, og glattingen jevner ut forskjellene mellom hvert år for å fange den underliggende trenden istedenfor tilfeldige variasjoner mellom registreringsår.



Figur 3.12. Eksempel på glatting av tidsserie - Stord kommune.

### 3.3 Fordeling av trafikkarbeid

Resultatene fra RTM lagres ikke automatisk på det nivået som er nødvendig i dette prosjektet. Det er derfor nødvendig å lage ulike tilleggsmodule eller prosesser som bearbeider dataene til det nødvendige nivået.

Fordi disse beregningene kun skal brukes til å danne et referanseår som det senere beregner årlig vekst i forhold til, vil det ikke være nødvendig for fremtidig brukere å gjennomføre denne prosessen årlig.

Det er gjennomført to ulike beregninger av fordelt transportarbeid i dette prosjektet:

- Fordeling av internt og eksternt transportarbeid
- Utvekslingsmatrise

De ulike oppgavene vil bli gjennomgått under.

#### Fordeling av internt og eksternt transportarbeid

I trafikkarbeidsberegningen brukes en algoritme som fordeler trafikkarbeid på interne og eksterne reiser for en gitt kommune. Internt transportarbeid er:

- Transportarbeid som er foretatt med start eller mål i kommunen, og på en lenke som ligger innenfor kommunens grenser.

Eksternt transportarbeid er:

- Transportarbeid gjennomført av reiser som hverken starter eller stopper i kommunen, på lenker i kommunen.

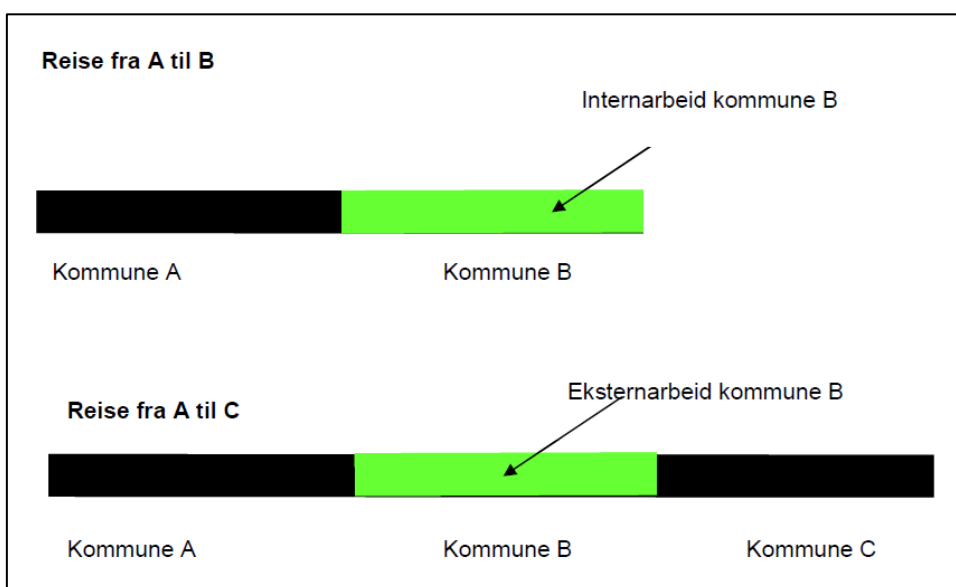
For at beregningen skal kunne gjennomføres, behøver man informasjon om lengden på de ulike lenkene, samt hvilke kommuner ulike grunnkretser tilhører. Denne informasjonen brukes til å gå fra grunnkrets til kommune.

Beregningen prosesserer rutevalgsfiler<sup>32</sup> fra RTM i ett steg av gangen. Dette vil si at den henter ut ruten mellom to grunnkretser, undersøker hvilke kommuner grunnkretsene tilhører, og går gjennom hvert steg i rutevalget. Basert på denne gjennomgangen bokføres transportarbeidet til kommuner og kategori etter reglene vist i forrige avsnitt. Vi går nå litt mer gjennom detaljene rundt dette.

Beregningen kan vises med utgangspunkt i eksempel under. Dersom man reiser mellom to grunnkretser i samme kommune (og veien mellom dem kun går internt i grunnkretsen), vil transportarbeidet legges internt i kommunen (ikke med i figuren).

Dersom man reiser mellom to grunnkretser som ligger i hver sin kommune, vil programmet tilskrive transportarbeidet til kommunen hvor lenken man ser på ligger. Eksempelvis kjører man mellom kommune A og B, men ser på grønn lenke. Denne ligger i kommune B, og dermed tilskrives dette internt transportarbeid i kommune B.

Dersom man kjører mellom to kommuner, og en (eller flere) av lenkene på ruten ikke tilhører start- eller stoppkommunen, plasseres transportarbeidet på lenken i eksternt transportarbeid for kommunen lenken ligger i. Dette er det nederste eksemplet i figuren. Man reiser fra kommune A til C, og på veien passerer man en lenke i kommune B. Transportarbeidet på denne lenken beregnes og legges i kommune Bs eksterne kategori.



Figur 3.13. Prinsippskisse for beregning av transportarbeid.

I beregningen av eksternt/intern er følgende matriser med tilhørende rutevalgsfiler prosessert:

- Arbeidsreiser
- Fritidsreiser
- Tjenestereiser
- Private reiser

<sup>32</sup> En rutevalgsfil beskriver hvilke lenker reiser mellom to soner benytter.

- Hente- og levere-reiser
- Flyplassreiser
- Lange reiser
- Gods

Modulen repliserer deler av rutevalget som gjøres i RTM-modellen, med den hensikt å lagre såkalte rutevalgfiler (path-files). En rutevalgfil er en fil som detaljert beskriver alle turer som er beregnet i modellen på lenkenivå. Dvs at man kan gjøre detaljerte analyser for å beskrive hvordan en trafikant velger å kjøre (hvilke veier eller lenker), gitt forutsetninger om kjøretid, kø, og bomkostnader etc, for reiser mellom alle soner.

Transportarbeid er produktet av antall kjøretøy og reiselengde. Dette kan beregnes på bakgrunn av RTM-data ved å se på antall reisende mellom ulike punkt og hvilke veglenker de benytter.

RTM-modellen produserer rutevalg og reisematriser for et modellområde. Beregningen produserer filer som viser antall reiser mellom grunnkretser og hvilke grunnkretser reisene besøker. Denne informasjonen sendes videre til trafikkarbeidsfordelingen, hvor trafikkarbeid beregnes og bokføres på rett kommune.

### Trafikkutvekslingsmatrise

En viktig del av leveransen er å dokumentere hvordan trafikken med opphav i en spesifikk kommune fordeles over andre kommuner, og hvor transportarbeidet som gjennomføres i en kommune har sitt opphav. Til dette formålet er det laget en trafikkutvekslingsmatrise.

Matrisens rader viser hvilken kommune som er destinasjon for reisen og kolonnene viser transportarbeidet fra en gitt opphavskommune som gjennomføres i en destinasjonskommune.

En viktig del av denne matrisen er å kunne identifisere reiser etter opphavskommune. Man ønsker altså å fordele transportarbeidet til innbyggerne i en gitt kommune til de kommunene hvor kjøringen foretas. Dette gir enkelte begrensninger på hvilke matriser som telles med i beregningen.

I RTM-systemet er det en rekke matriser som beregnes av modellen. Matrisene som blir skrevet ut som standardresultater kan deles inn i ulike undergrupper:

- Matriser som beregnes i modellen:
  - Direktereiser (tur+retur)
  - Reiser med ett eller flere stopp (legs)
  - Skolereiser
- Faste matriser
  - NTM-reiser (> 70 km)
  - Sverige-reiser
  - Reiser til flyplass
  - Gods



Siden transportarbeidet skal bokføre på reisene knyttet til innbyggerne, kan ikke matriser som ikke muliggjør en slik type identifikasjon tas med. Dermed skal ikke returreisene eller reiser hvor man ikke kan identifisere startkommunen tas med. Hvis ikke denne metodikken følges, vil for eksempel en returreise til Oslo fra Bærum telle som transportarbeid gjennomført av en person bosatt i Bærum.

I dette prosjektet er det kun de lokale direktereisene som inkluderes i beregningen av trafikkutvekslingsmatrisen<sup>33</sup>. Det er kun disse matrisene vi har kunnet verifisere via dokumentasjon og strukturen i RTM at vi kan skille ut innbyggernes reiser med full sikkerhet. Øvrige matriser er derfor ikke inkludert, slik at vi ikke teller transportarbeid med opphav i andre kommuner. De lokale direktereisene utgjør ca. i overkant av 30 % av transportarbeidet i modellen<sup>34</sup>. Dette gjør at man baserer beregningene på en mindre andel av trafikken. Hvis transportmønsteret for de lokale direktereisene er vesentlig forskjellig fra «legs»-reisene (med ett eller flere stopp) underveis, vil dette gi større usikkerhet i beregningene. Med «annet transportmønster» må det her innebære at bilistene velger andre ruter. Videre fanges ikke transportarbeidet fra reisene i fjerntliggende områder (reiser lenger enn 70 km) opp i matrisen, som vil kunne påvirke fordelingen av innbyggernes utslipp etter kommune.

En videreutvikling av modellen kan være å vurdere om flere matriser kan inkluderes, evt. hvilke metodiske grep som må gjennomføres for at beregningene skal bli konsistente. Det kan for eksempel tenkes at legs-reisene kan inkluderes ved å tråle gjennom matrisene og koble sammen reisekjedene basert på matriseelementene.

### Grafisk illustrasjon av de to beregningene

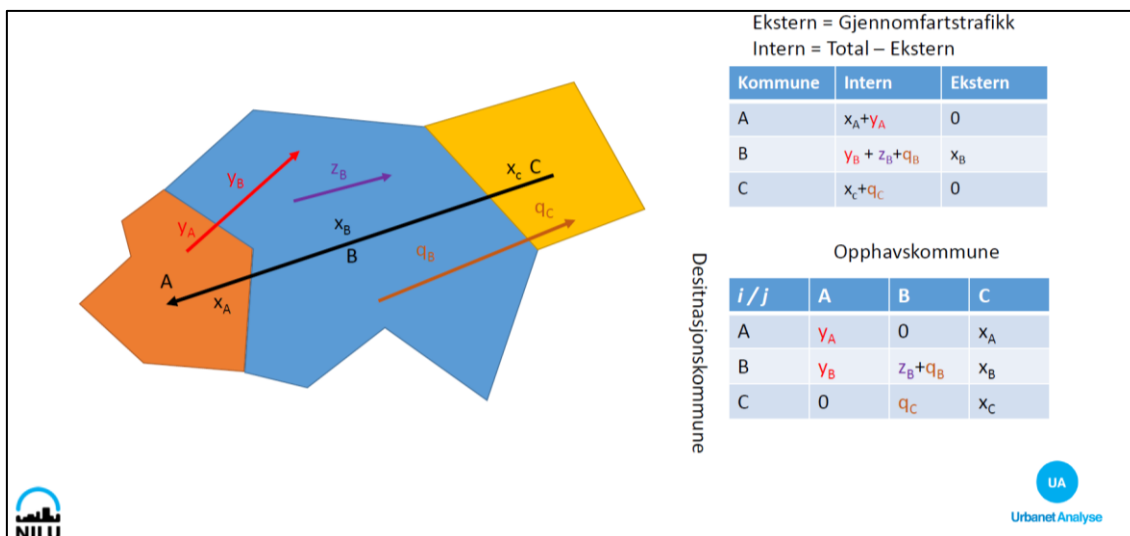
For å gi et inntrykk av hvordan de to ulike matrisene beregnes, gjennomføres en grafisk illustrasjon av dem sammen med noen enkle eksempler.

- Formålet med internt/eksternt-beregningen er å skille ut gjennomfartstrafikken i en kommune.
- Formålet med utvekslingsmatrisen er:
  - Å bestemme hvilken bilparksammensetning som kjører i kommunen (dette ved å finne ut hvor trafikken har sitt opphav).
  - Å bestemme hvilke kommuner en gitt kommunes bilpark kjører i (dette fordi utslippsfaktorene er avhengig av sammensetningen av veityper)
- Figur 3.14 viser noen eksempler på hvordan beregningene er gjennomført.

---

<sup>33</sup> Reiser under 70 km uten stopp på veien.

<sup>34</sup> Tallet er beregnet ved å først beregne hvor stor andel av transportarbeidet lokalreisene utgjør. Deretter er det oppdelt etter andelen reiser direktereisene utgjør av de lokale reisene (direkte + legs)



Figur 3.14. Illustrasjon av metodikken bak utvekslingsmatrisen og beregning av internt og eksternt trafikkarbeid.

En reise med opphav i kommune A til kommune B (rød strek) vil legge igjen  $y_A$  km i kommunen A og  $y_B$  i kommune B. Alle disse kilometerne regnes som interne fordi reisen starter/stopper i samme kommune(r) som trafikkarbeidet gjennomføres. Den samme reisen vil i utvekslingsmatrisen legge igjen  $y_A$  kilometer transportarbeid i kommune A med opphav i kommune A, og  $y_B$  km i kommune B med opphav i kommune A.

En reise med opphav i kommune B til kommune B vil legge igjen  $z_B$  kilometer som internt arbeid i kommune B, siden den både starter og stopper i denne kommunen. I utvekslingsmatrisen vil den samme reisen legge igjen  $z_B$  kilometer i kommune B med opphav i kommune B.

En reise fra kommune C til kommune A vil legge igjen  $x_C$  kilometer som internt transportarbeid i kommune C. Internt fordi reiser starter i denne kommunen. Derimot vil den legge igjen  $x_B$  kilometer som eksternt transportarbeid i kommune B fordi reiser fra A til C hverken stopper eller starter, men kjører igjennom denne kommunen. Videre vil den legge igjen  $x_A$  kilometer internt transportarbeid i kommune A, fordi reisen fra A til C stopper i kommune A. I utvekslingsmatrisen vil den samme reisen legge igjen  $x_C$  kilometer i kommune C,  $x_A$  kilometer i kommune A og  $x_B$  kilometer i kommune B, alle med opphav i kommune C.

Reisen fra kommune B til kommune C, vil legge igjen  $q_B$  kilometer internt trafikkarbeid i kommune B, siden reisen starter i denne kommunen. Videre vil den legge igjen  $q_C$  kilometer i kommunen C siden den stopper i denne kommunen.

Grunnen til at kun reisen fra A til C legger igjen eksternt transportarbeid, er at det er bare denne reisen som kjører gjennom en kommune uten å stoppe.

### **Korreksjon for dobbelttelling i utvekslingsmatrisen og ved fordeling av internt/eksternt transportarbeid**

Når internt/eksternt trafikkarbeid beregnes, lages det først en versjon av filene per modell. Når disse skal kombineres, må man kontrollere for at trafikk i noen deler av modellene også er representert via andre modeller grunnet buffertrafikken.

Som tidligere nevner er en mulighet å kjøre modellene uten buffermatriser. Denne fremgangsmåten vil imidlertid påvirke fordelingen i nettverket og dermed kjøreruter siden lavere trafikk tilsier mindre kø. Konsekvensen av dette er at man kan risikere å få andre rutevalg med ulik kjørelengde og dermed et annet anslag på transportarbeidet enn det mest realistiske. Denne ulempen må veies opp mot egnetheten til den metodikken man benytter for å korrigere vekk dobbelttellingene.

I dette arbeidet er det valg å benytte en metode der man tar et gjennomsnitt av trafikkarbeidet for hver enkelt modell. Metoden skiller seg altså noe fra den metodikken som er benyttet i nettverksfilen, hvor man klipper ut ett og ett område. En slik framgangsmåte er langt mer komplisert når man regner med rutevalgsfilene, samtidig som det er langt enklere å ta et gjennomsnitt over de ulike modellene når man lager utvekslingsmatrise og fordeling av internt/eksternt transportarbeid. Vi har derfor valgt gjennomsnittstilnærmingen for disse delene av prosjektet.

Dette betyr at i beregningen av internt/eksternt trafikkarbeid ikke gjøres noen antagelser om hvilken modell som er best egnet til å beskrive et gitt område. Nivået på totalt trafikkarbeid vil derfor kunne bli noe annerledes enn i nettverksfilene. Når det gjelder utvekslingsmatrisen, er som nevnt ikke all trafikk representert, som gir et ytterligere avvik fra tallene i nettverksfilene.

## 4 Validering av modeller og resultater

Dette kapitlet gjennomgår en validering av modellene som er beregnet i prosjektet. Først gjennomgås en generell validering av transportmodellen og nettverksberegningene. Deretter gjennomgås resultater fra skaleringen av trafikk før resultater fra utvekslingsmatrisen fremvises.

### 4.1 Validering av transportmodeller og nettverksfil

#### Rammetall/Antall reiser

Ved validering av modeller i RTM-systemet er det vanlig å benytte såkalte rammetall. Dette er beregnet transportomfang basert på reiser fra RVU (reisevaneundersøkelser) og sammenlignes mot det antallet reiser som beregnes i RTM (Tramod\_by). I modellen er en del av trafikken fast (trafikk som kommer fra andre modeller eller områder), mens en andel beregnes på bakgrunn av sosiodemografiske- og aktivitetsdata. Sistnevnte antall reiser sammenlignes mot rammetallene. Tallene fra RVU er oppskalert basert på antall reiser per person, og kan heller ikke regnes som en absolutt fasit på antall reiser som foretas.

Tabell 4.1 under viser antall reiser fra de fem regionmodellene som beregnet av Tramod\_by sammenlignet mot rammetall fra RVU. Tallene viser at det generelt sett er noe høyere antall reiser i rammetallene sammenlignet med modellen. Forskjellen varierer mellom 20 og 5 % i relativ forstand og rundt 650 000 maksimalt i absolutt forstand i Øst-modellen. Noe av forskjellen ligger trolig i justering av befolkningsvekst, der RVU-tallene er for 2013/14, mens transportmodellene er kjørt for 2016. Rammetallene skal egentlig valideres mot modellkjøringer gjort i samme år som rammetallene gjelder for (2014). En mulig del av forklaringen på avvikene kan dermed ligge i befolkningsvekst, men differansen er samtidig for høy til at dette kan være hele forklaringen.

Tabell 4.1. Sammenligning av rammetall mot modell.

Region	Modell	Rammetall	%-vis differanse
Nord	1 099 774	1 047 341	5 %
Midt	1 869 744	1 545 541	21 %
Øst	4 834 258	4 180 721	16 %
Sør	2 506 291	2 253 455	11 %
Vest	2 889 593	2 556 943	13 %

## Transportmiddelfordeling

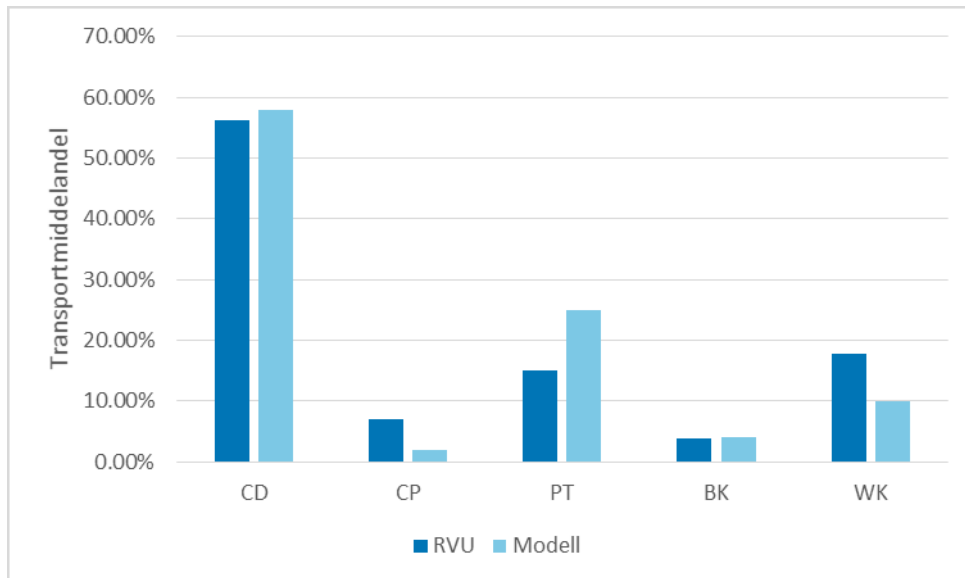
Det er tatt ut data på transportmiddelfordeling for rammetall i modell og RVU. Tallene er tatt ut for hver modell og sammenlignet på bakgrunn av tallene skrevet ut i scenariorapporten. De ulike tallene oppgis under.

Generelt sett er det relativt godt sammenfall mellom RVU og modell. Som nevnt tidligere er ikke RVU-tall noen absolutt fasit, men gir en god pekepinn på hvor modellen bør ligge.

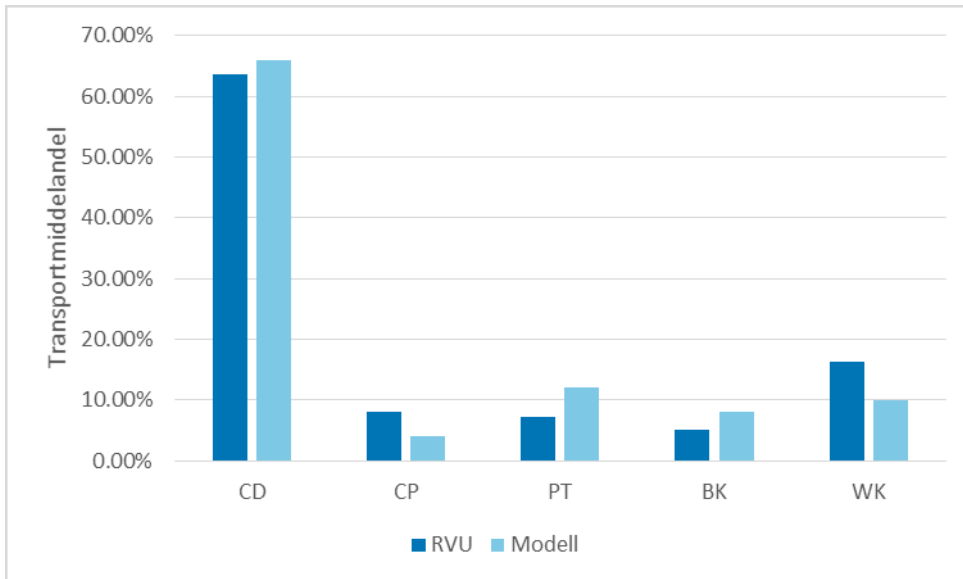
Det største avviket er trolig for region Øst hvor det er en 10 prosentpoengs forskjell på kollektivandel i RVU og modell, og en 8 prosentpoengs forskjell for gange. Dette er noe mer enn det som bør kunne regnes innenfor vanlige feilmarginer. I modellen er det imidlertid biltrafikken som er av størst betydning, og antall bilførere er mye nærmere valideringstallet enn kollektiv og gange, men en litt høyere andel i modell enn RVU.

For de andre modellene er bildet nokså likt. Nord, Vest- og Sør-modellene har noen prosentpoeng høyere bilandel enn RVU, mens Midt-modellen har noe lavere. Det største avviket er region Nord, der det er 6 prosentpoeng høyere andel bilreiser i modellen enn i RVU.

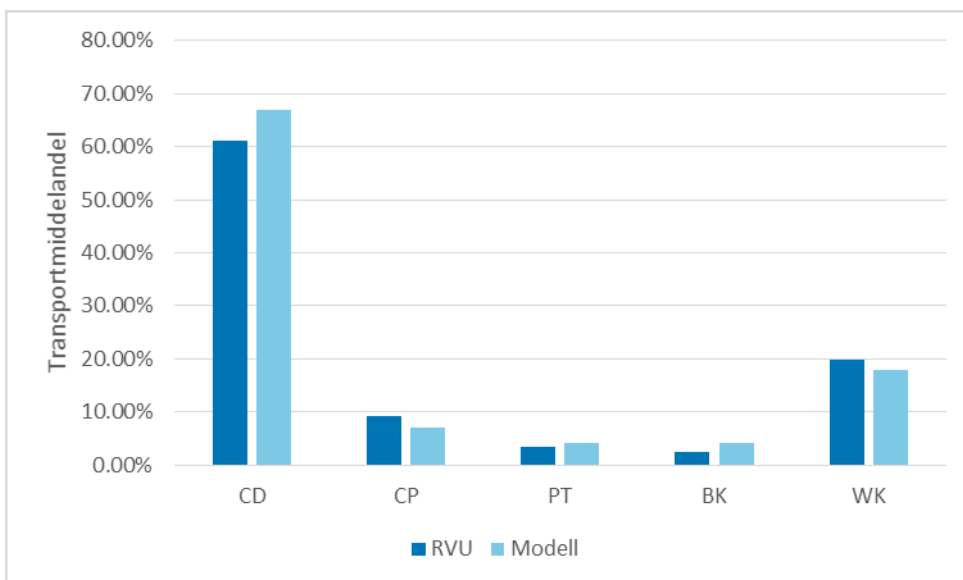
Totalt sett treffer modellen rimelig godt på reisemiddelfordelingen i områdene. Det viktigste er at andelen bilførerreiser treffer. Det største avviket ligger her på 6 prosentpoeng for RTM-Nord, mens de øvrige modellene ligger innenfor akseptable feilmarginer.



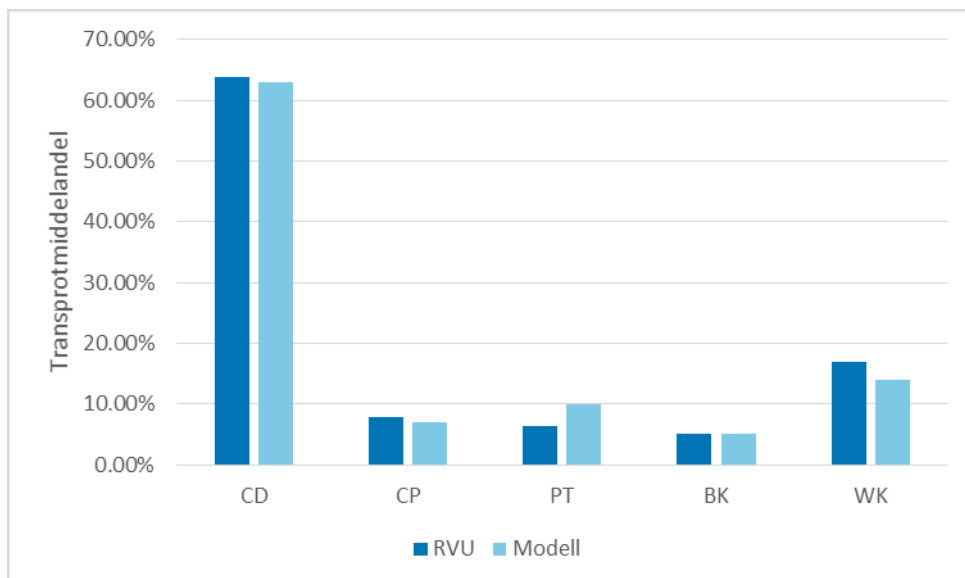
Figur 4.1. Reisemiddelfordeling for rammetall og modell i RTM Øst. CD = Car Driver, CP = Car Passenger, PT = Public Transport, BK = Bike, WK = Walking.



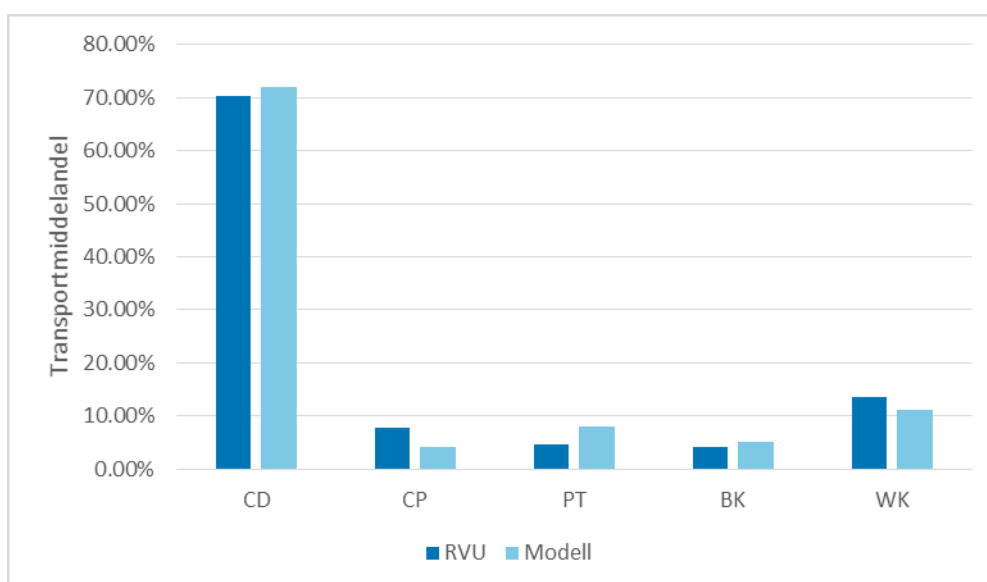
Figur 4.2. Reisemiddelfordeling for rammetall og modell i RTM Vest. CD = Car Driver, CP = Car Passenger, PT = Public Transport, BK = Bike, WK = Walking.



Figur 4.3. Reisemiddelfordeling for rammetall og modell i RTM Nord. CD = Car Driver, CP = Car Passenger, PT = Public Transport, BK = Bike, WK = Walking.



Figur 4.4. Reisemiddelfordeling for rammetall og modell i RTM Midt. CD = Car Driver, CP = Car Passenger, PT = Public Transport, BK = Bike, WK = Walking.



Figur 4.5. Reisemiddelfordeling for rammetall og modell i RTM Sør. CD = Car Driver, CP = Car Passenger, PT = Public Transport, BK = Bike, WK = Walking.

## Transportarbeid

Transportarbeid er en viktig faktor i modellen siden utslipp fra veg knyttes direkte til dette. Valideringen for transportarbeid er gjort mot kjørelengdestatistikken fra SSB.

Det er noen viktige forskjeller å være klare over mellom RTM-beregninger og kjørelengdestatistikken. Datagrunnlaget fra SSB gjelder her alle norskregistrerte kjøretøy, og beregnes ved måleravlesning. I RTM vil det også være utenlandske kjøretøy som bidrar til transportarbeidet, men som ikke telles i kjørelengdestatistikken. Videre bokføres transportarbeid i RTM i det geografiske området det ble gjennomført, mens det i kjørelengdestatistikken bokføres på eierens hjemkommune. Til sist er det slik at

nettverket i RTM er grovere enn det faktiske veinettet som bilene i kjørelengdestatistikken benytter på to måter: Først er det en del mindre veier som ikke er representert i RTM. For det andre er vegtilkobling fra en sone i RTM til hovednettverket gjennomført med såkalte konnekteringslenker. Disse har en grovere beregning av faktisk kjørelengde og påvirker alle reiser i modellen.

Det er usikkert hvilken retning summen av de ulike forskjellene virker, men det er rimelig å forvente at transportarbeidet i modellen ligger noe under, grunnet effekten av konnekteringslenkene som påvirker alle reiser i modellen.

Usikkerheten med hvor transportarbeidet blir bokført i de to tallgrunnlagene gjør at vi ikke kan sammenligne resultatene på kommunenivå. Dette skyldes at kjørelengdene fra SSB bokføres per bostedskommune, mens resultatene fra modellen gjelder for kommunen transportarbeidet blir gjennomført i.

Tabell 4-2 og figur 4.6 viser millioner kjøretøykilometer fra modellenes kjerneområder sammenlignet med tall fra kjørelengdestatistikken. I både RTM- og SSB-tallene ligger personbiler, busser og godstrafikk inne. Resultatene viser at det er relativt god overenstemmelse mellom tallene fra modellene og SSBs statistikk. Totalt er det ca. 15 % høyere transportarbeid i kjørelengdestatistikken sammenlignet med modellene.

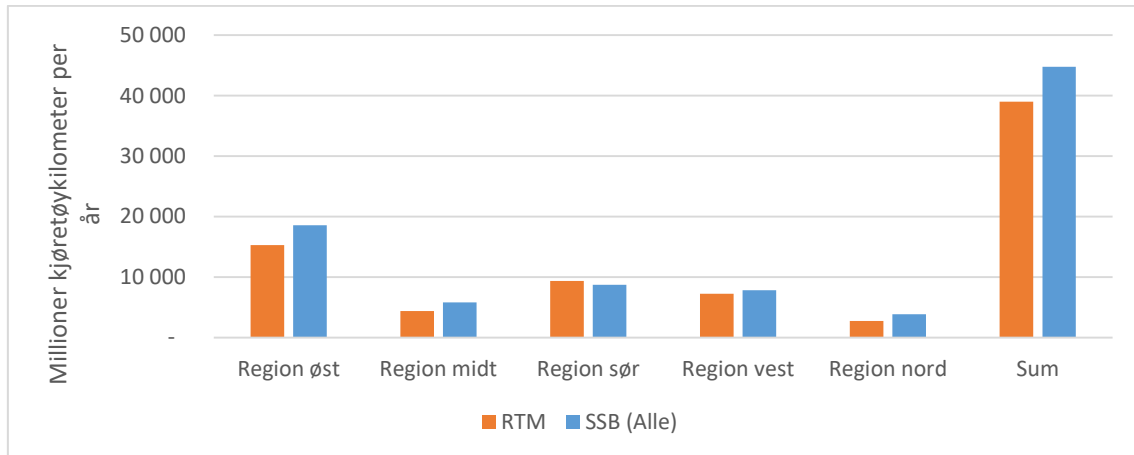
Den største differansen ligger i Øst-modellen. Dette er å forvente siden grensen for denne modellen går på fylkesgrensen mellom Buskerud og Akershus. Innpendling og transport fra fylkene rundt Oslo gjør dermed trolig at effekten av ulikt bokføringssted slår noe inn.

Tabell 4.2. Transportarbeid (millioner km) i SSBs kjørelengdestatistikk og modeller.

Region	SSB (Alle)	Modell	Differanse (%)
Region øst	18 558	15 265	22 %
Region midt	5 826	4 362	34 %
Region sør	8 748	9 360	-7 %
Region vest	7 806	7 241	8 %
Region nord	3 859	2 756	40 %
Sum	44 797	38 984	15 %

Det er vanskelig å dekomponere avvikene i ulike årsaker. På forhånd ville man forvente noe lavere tall i modellen sammenlignet med kjørelengdestatistikken, som er tilfellet. Det virker videre rimelig at 15 % avvik kan forklares delvis av konnekteringslenke. Å gi et eksakt tall på bidraget er utfordrende, men ligger trolig innenfor usikkerhetsintervallene.





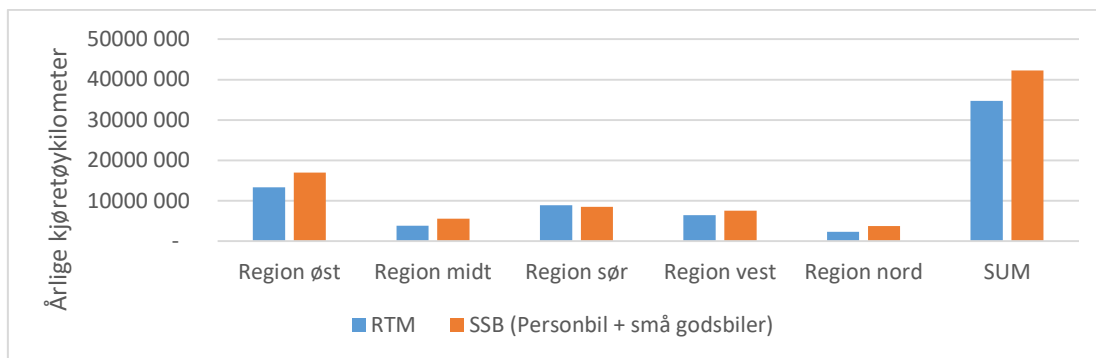
Figur 4.6. Transportarbeid i de ulike modellenes kjerneområde sammenlignet med SSBs kjørelengdestatistikk.

Videre har vi brutt ned forskjellene etter type kjøretøy på de enkelte regionene, som vist i Tabell 4.3. Ved kalibrering av RTM mot tellinger, er det rimelig å forvente at de mindre godsbilene telles med som personbiler, siden tellingene kun skiller på lange og korte kjøretøy. I sammenligningen med RTM er personbiler og små godsbiler i SSB-statistikken slått sammen til «lette biler»

Tabell 4.3. Transportarbeid (mill. kjøretøykilometer) i SSBs kjørelengdestatistikk og modeller brutt ned på transportform. SSB Lette biler (\*) = Personbil + Små godsbiler

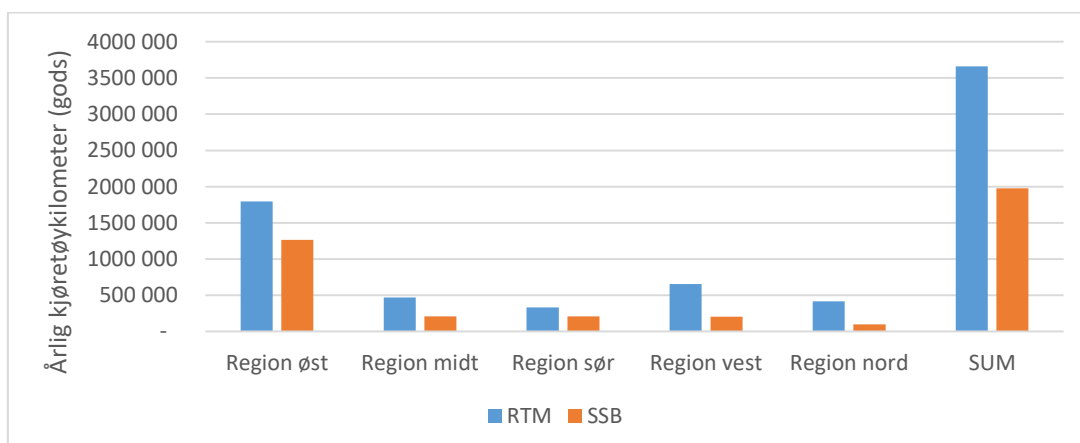
Region	RTM			SSB		
	Lette biler	Kollektiv	Gods	Lette biler	Kollektiv	Gods
Regionøst	13 309	166	1793	16 942	350	1 266
Regionmidt	3 811	77	468	5 551	70	205
Regionøst	8 922	83	330	8 505	35	208
Regionvest	6 445	130	656	7 523	82	201
Regionnord	2 267	74	415	3 728	34	98
Sum	34 755	530	3 662	42 249	570	1 978
Totalsum	38 948			44 797		

Dersom vi slår sammen «Personbil» og «Små godsbiler» fra SSB, og sammenligner med modell, blir bildet som i figur 4.7. Totalt er det 22 prosent flere kjøretøykm i SSB-statistikken enn beregnet trafikkarbeid i RTM.



Figur 4.7. Transportarbeid for lette biler i de ulike modellenes kjerneområde sammenlignet med SSBs kjørelengdestatistikk gitt at kategorien «Små godsbiler» i SSB telles med som «Personbil» i RTM.

Antallet kjøretøykilometer er betydelig lavere i SSB-statistikken enn beregnet trafikkarbeid i RTM, som vist i figur 4.8. En betydelig del av differansen kan tillegges utenlandsregistrerte kjøretøy som utgjør en vesentlig andel av tungtrafikken. En studie utført av vegvesenet oppgir at 2,8 prosent av totaltrafikken over bomsnittene er utført av utenlandske kjøretøy (lette og tunge)<sup>35</sup>. Det er rimelig å anta at en høy andel av disse er tunge biler. Tusen millioner kjøretøy-km tilsvarer drøyt 2 prosent av totaltrafikken og forklarer dermed mye av avviket.



Figur 4.8. Transportarbeid for gods i de ulike modellenes kjerneområde sammenlignet med SSBs kjørelengdestatistikk gitt at kategorien «Små godsbiler» i SSB telles med som «Personbil» i RTM.

## Veglengder

Veglengder i RTM er bygget på NVDB-nettverket, men ikke alle veglenker er inkludert. I SSBs statistikk for veglengder finnes det fire kategorier: Europa/riksvei, fylkesvei, kommunal vei og privat vei. Her vil hovedvekten i RTM-nettverket ligge på de tre første kategoriene.

Videre er det slik at nettverket i RTM er kodet med en veglenke i hver retning per vei. Når man summerer opp antall kilometer veg i nettverkene må man derfor dele på 2 for

<sup>35</sup> <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/Pressemeldingsarkiv/Vegdirektoratet/hoy-bombrikke-andel-i-norge>

å få en mer representativ veglengde. Utfra kodingen kan dette slå ut litt ulikt for de forskjellige modellene hvis noen vegstrekninger kun er kodet med en retning.

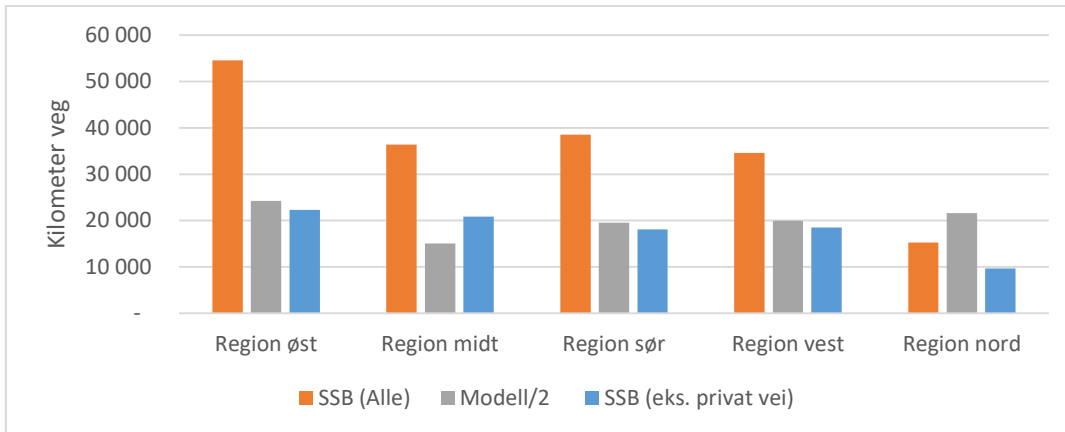
I RTM-systemet er det noe ulik praksis på hvilket vegtyper som skal med, og må tilpasses etter hvor hensiktsmessig detaljeringsgraden er. Som en hovedregel skal europa-, riks- og kommunale veger inkluderes. I tillegg skal «Koding av private veger må vurderes ut fra trafikken på veiene og betydningen for rutevalg av å ha de med eller ikke» (Vegdirektoratet, 2014).

Tabell 4.4 viser kilometer privat veg i RTM kontra oppgitt lengde i SSB for de ulike modellene. I alle modellene er det mindre enn én prosent av det private vegnettet som er lagt inn, målt i antall kilometer.

Tabell 4.4. Antall kilometer i RTM og SSBs statistikk, samt andel av det private vegnettet som er representert i RTM.

Region	RTM (km privat)	SSB (km privat)	Andel privat (RTM/SSB)
Region øst	113.74	32 271	0.4 %
Region midt	0.00	15 503	0.0 %
Region sør	0.01	20 502	0.0 %
Region vest	0.01	16 099	0.0 %
Region nord	6.76	5 613	0.1 %

Figur 4.9 viser beregnet veglengde i SSB for alle typer vei, i SSB for alle veier foruten private og i modellen. Resultatene viser at det i stor grad er sammenfall mellom modell og statistikk når man fjerner de private veiene fra SSB-tallene. RTM-nettverket inneholder først og fremst offentlige veier, og gir en relativt god representasjon av disse. Unntaket er Nord-modellen hvor inkludering av alle veier (også de private) er nærmere de faktiske tallene enn uten. Totalt sett gir dermed RTM-modellene er relativt god representasjon av det offentlige vegnettet, med noe større usikkerhet i Nord-modellen. Siden transportarbeid og antall reiser i denne modellen ikke skiller seg nevneverdig fra de øvrige valideringskildene, bør ikke denne forskjellen ha stor betydning.

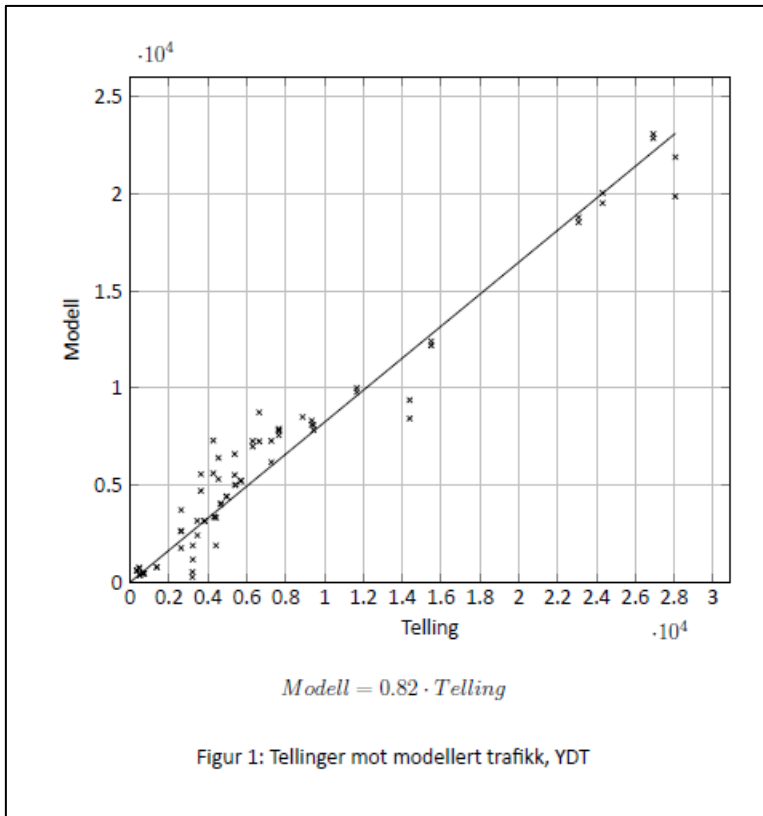


Figur 4.9. Veglengder fra SSB og RTM-modellene. Modell/2 er lengden på RTMs veglenker delt på to.

### Vegtelling

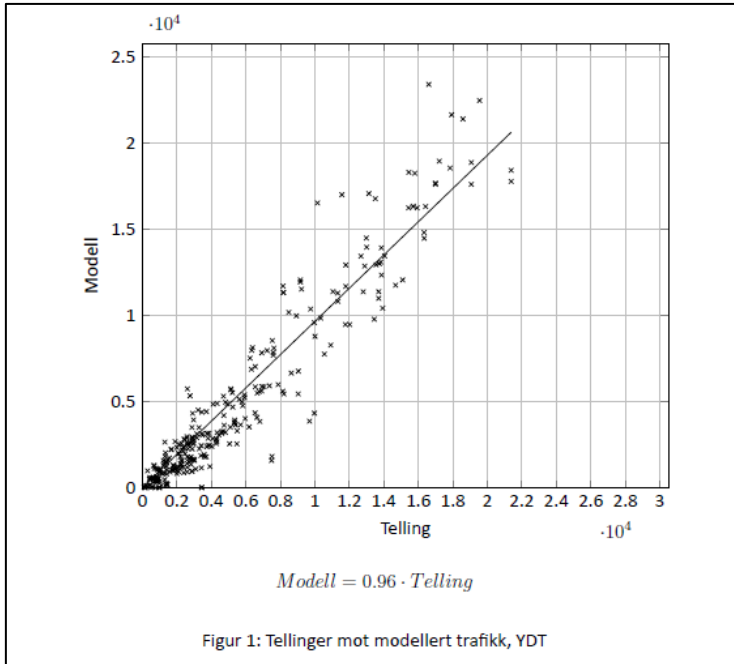
I forbindelse med kjøring av transportmodellene er det mulig å lage egne plott som viser sammenhengen mellom faktisk og modellberegnet YDT. Tellefilene som benyttes i denne sammenheng har ikke vært tilgjengelig i alle modellene som er kjørt. Det er gjennomført en sammenligning av det tallgrunnlaget som er tilgjengelig.

Figur 4.10 viser modellert og faktisk YDT på lenkenivå i region midt. I denne modellen er det relativt godt sammenfall mellom modell og tellinger, hvor modellen i snitt utgjør 82 % av tellingene. Det er en tendens til overestimering på mindre lenker og underestimering på de med større trafikk. Dette er ikke nødvendigvis et tegn på at det totale trafikkgrunnlaget er feil, men at fordelingen i nettverket skiller seg noe fra virkeligheten.



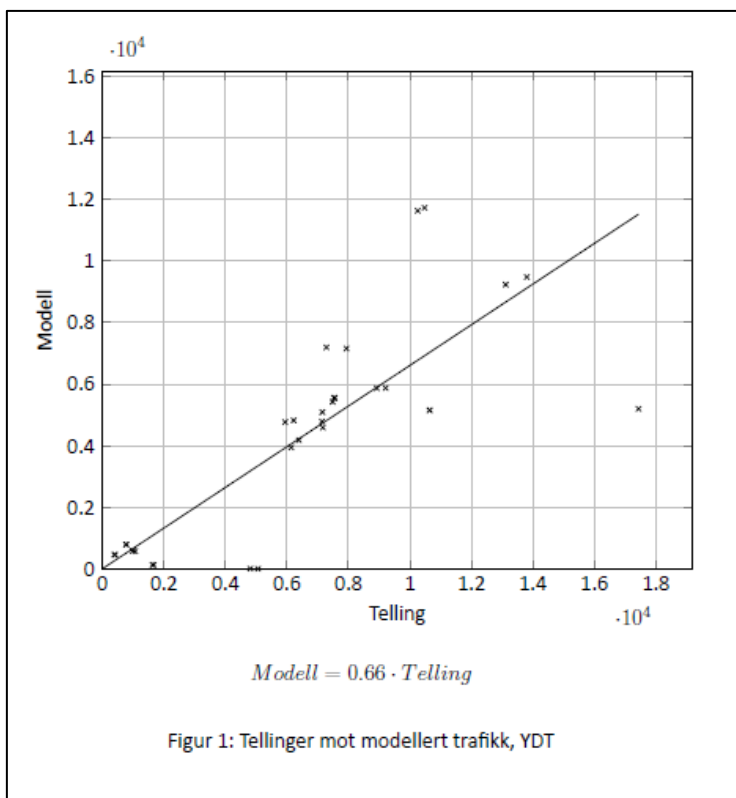
Figur 4.10. Sammenligning av tellinger og modell RTM Midt 2016

Figur 4.11 viser resultater for Øst-modellen. Tellefilene vi har tilgjengelig er for sammenligning av 2014-modellen basert på en kjøring gjennomført av region Øst. Det er noen mindre ulikheter mellom denne og kjøringen er grunnlaget for modellen, men ikke av noe som bør gi vesentlige endringer. I denne modellen ser spredningen i nettverket ut til å stemme relativt godt overens med virkeligheten i gjennomsnitt. Modelltallet er i snitt 96 % av tellingene.



Figur 4.11. Sammenligning av tellinger og modell RTM Øst 2014

Figur 4.12 viser en sammenligning basert på tellinger for Nord-modellen. Denne modellen treffer dårligst på fordeling av trafikk i nettverket. I gjennomsnitt er trafikkvolumet 66 % av tellingene. I nord-modellen er det også et relativt stort avvik mellom transportarbeid i kjørelengdestatistikken og modell. Det er også den modellen hvor effekten av ulike bokføring av transportarbeid i modell og statistikk forventes å være lavest. Dette indikerer at Nord-modellen har noe høyere usikkerhet enn de øvrige modellene.

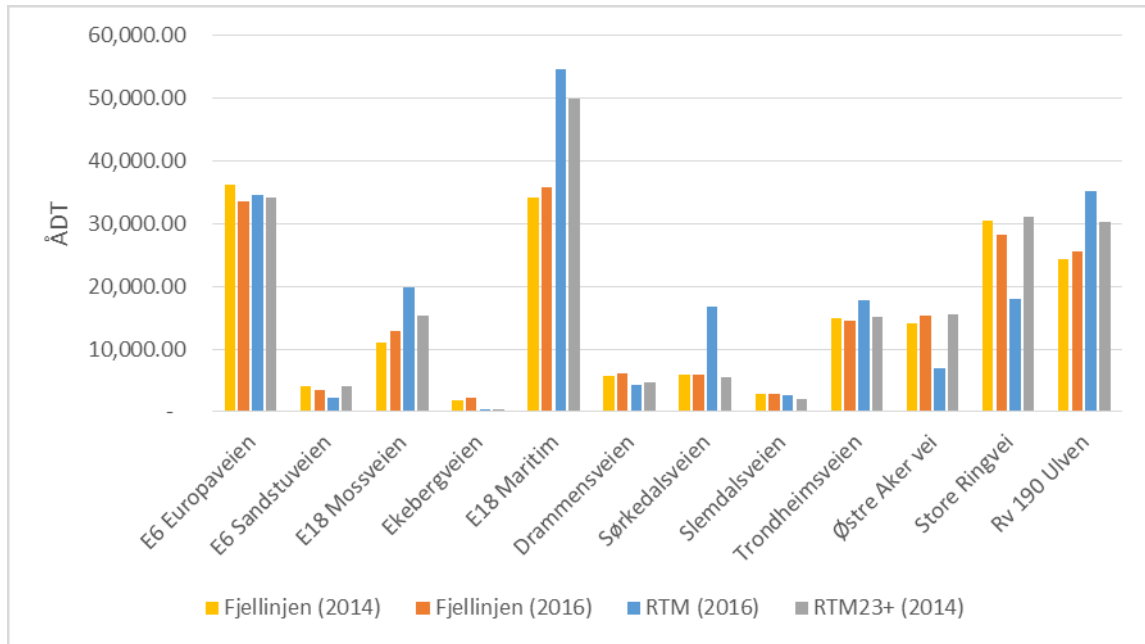


Figur 4.12. Sammenligning av tellinger og modell RTM Nord 2016

### Validering mot bomdata og sammenligning med RTM23+ i Oslo

Det er gjennomført et sammenligning av bompasseringstall i modellen og statistikk for Oslo og Trondheim. For Oslo er det i tillegg gjennomført både en sammenligning mot RTM23+ og passeringer. RTM23+ er kjørt for 2014, mens RTM-modellene er kjørt for 2016. RTM23+-modellen er benyttet i «Manglerudprosjektet» i regi av Statens vegvesen.

Det overordnede bildet (Figur 4.13) er at både RTM og RTM23+ har sine største avvik på samme sted (E18 Maritim). Videre treffer RTM23+ litt bedre i gjennomsnitt, som skyldes at denne modellen er kalibrert for et mindre område, i motsetning til RTM, som er kalibrert for Østlandet.

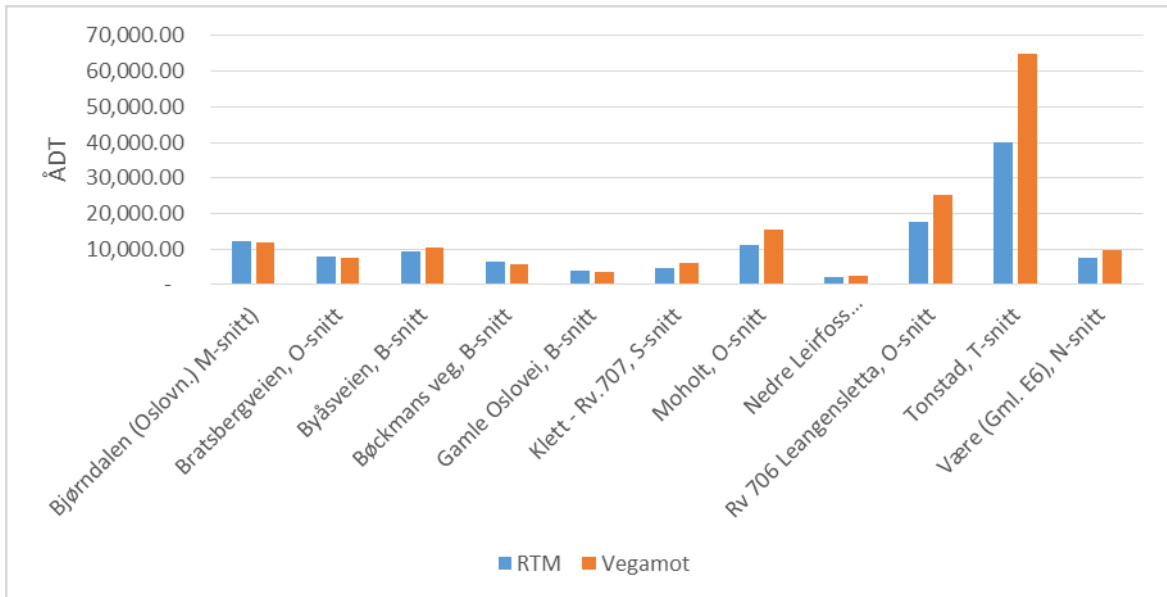


Figur 4.13 Sammenligning av data fra bompasseringer i Oslo (Fjellinjen 2014 og 2016) med trafikkdata i RTM (2016) og RTM23+ (2014).

Sammenligner vi totaltallene i modellene RTM og RTM23+ er det veldig liten differanse, på 2 %, som også kan skyldes ulikheter i prognoseår. Det ser derfor ut til at modellene treffer likt på totaltrafikken, men at spredningen i nettverket kan være noe ulik.

Det er også gjort en test av passeringer i Trondheim mot Vegamots trafikk tall (Figur 4.14). I denne sammenligningen er det også noen avvik på de større bomstasjonene, som i Oslo. Det er igjen trolig at det her er snakk om fordelingen i nettverket, siden modellene er kalibrert for å treffe på reisenivå og reisemiddelfordeling.





Figur 4.14 Sammenligning av trafikldata fra RTM med bomdata fra Vegamot i Trondheim.

Oppsummert ser RTM ut til å gi et riktig nivå på trafikken, men at det vil være enkelte lokale avvik basert på trafikfordelingen som er vanskelig å beregne.

### Oppsummering

I dette kapitlet er det gjennomført en validering av transportmodellene som gir trafikkgrunnlaget i modellen. Antall reiser, transportmiddelfordeling, transportarbeid og veglengder er sammenlignet med relevant statistikkgrunnlag. Hovedresultatet er at modellene gir et tilfredsstillende samsvar med valideringskildene, med enkelte avvik:

- Det er noe lavere transportarbeid i Øst-modellen sammenlignet med statistikk, men skyldes trolig ulik bokføring i modell og valideringsgrunnlag.
- Det er noe høyere bilførerandel i Nord-modellen sammenlignet med statistikk
- Veglengder i Nord-modellen skiller seg en del fra statistikken. Betydningen av dette er noe usikker. En mulighet er at trafikken i større grad spres i nettverket, som vi kunne gi mindre kø. Samtidig er det ikke noen garanti at de øvrige veiene faktisk benyttes.
- Nettfordelingen og totalt transportarbeid i Nord-modellen skiller seg en del fra statistikken.

Av disse tre er det vurdert at det første og siste punktet har mindre å si, og er beskrevet i teksten. Punkt 2 vil derimot gi en litt større usikkerhet i det man muligens får noe mer biltrafikk på veiene enn det som faktisk er tilfellet. Imidlertid er ikke transportarbeidet i Nord-modellen høyere enn SSB-tallene, slik at heller ikke avviket i punkt 2 gir større utslag på overordnet nivå, men kan gi større usikkerhet når man ser på enkeltkommuner.

Videre ser det ut til at Nord-modellen har en del større usikkerhet knyttet til seg enn de øvrige modellene på en rekke valideringskriterier.

## 4.2 Validering av skaleringsfil

Skaleringsfilen benyttes til å beregne historisk trafikk og trafikk fremover. Valideringen som gjennomføres her gjelder den historiske trafikken som inngår som en del av leveransen. Datagrunnlaget og metodikken som benyttes er redegjort for i andre deler av dokumentet.

### Valideringsgrunnlag

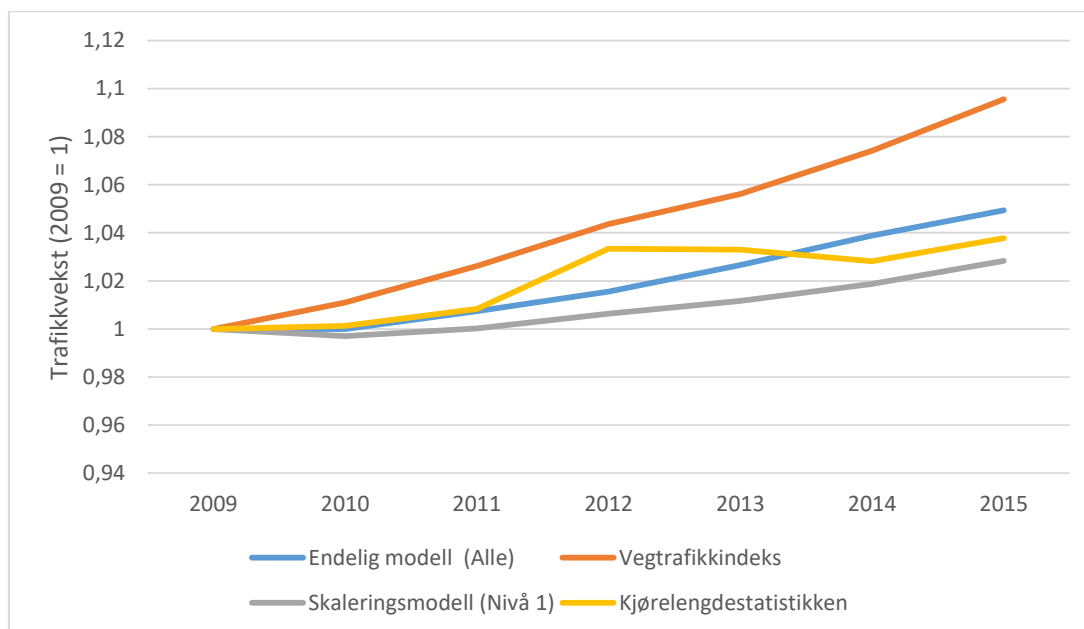
Valideringsgrunnlaget for skaleringen er vegtrafikkindeksen som årlig publiseres av Statens vegvesen, og kjørelengdestatistikken som publiseres årlig av SSB. Datakilden som inngår i vegtrafikkindeksen er den samme som inngår i NVDB, og som benyttes til skaleringsmodellen. Det finnes likevel minst to viktige ulikheter i datagrunnlag og beregningsmetodikk:

- Vegtrafikkindeksen beregnes på bakgrunn av nivå 1-tellepunkter. Dette er kontinuerlige tellinger, mens skaleringsfilen også benytter tellinger med lavere oppdateringsfrekvens.
- Vegtrafikkindeksen benytter en egen metode for å vekte sammen trafikk fra tellepunkt til et geografisk område. Vi har ikke kjennskap til hvordan vektingsmodellen er ulik vår og dette vil potensielt kunne påvirke vekstanslagene.
- Den historiske trafikken er basert på målinger, men disse spres utover i nettverket. Dette gjør at lenker som ikke har trafikkteiling gis et anslag på ÅDT.
- Vegtrafikkindeksen går på kjørte kilometer, mens skaleringsmodellen gir trafikk i hvert enkelt tellepunkt. Hvis antall kjørte kilometer per biltur endres, vil vegtrafikkindeksen vokse ulikt med skaleringsmodellen.
- Videre er kjørelengdestatistikken basert på norske kjøretøy, mens RTM også inneholder reiser fra utlandet.

Forskjellene i valideringsgrunnlag og modell vil gi enkelte utfordringer knyttet til sammenlignbarheten. Den laveste oppløsningen som publiseres for vegtrafikkindeksen er på fylkesnivå, slik at vi ikke kan validere modellen på lavere nivå, for eksempel kommune, foruten Oslo som både er en kommune og et fylke.

## Resultater

Figur 4.15 viser gjennomsnittlig vekst i vegtrafikkindeksen og for hele landet i skaleringsmodellen<sup>36</sup>. Her er 2009 satt til referanseår i indeksen.



Figur 4.15. Snittvekst i modell kontra vegtrafikkindeksen.

Resultatene viser at det generelt sett er noe lavere effekt i skaleringsmodellen sammenlignet med vegtrafikkindeksen. Det er i seg selv ikke et mål i prosjektet at man skal gjenskape tallene fra vegtrafikkindeksen, men det bør være et visst samsvar. Når man sammenligner mot kjøre lengdestatistikken er samsvaret bedre. Det eksisterer avvik spesielt mellom 2012-2013, men ellers er forskjellene mindre.

Det kan være flere grunner til avstanden mellom vegtrafikkindeksen og vår modell. Mulige årsaker er:

- Vektingsmodellen brukt i vegtrafikkindeksen kan være ulik, som påvirker hvor mye hver enkelt registrering påvirker det totale gjennomsnittet. I vår modell vektet veksten i hver enkelt kommune opp med andelen av trafikken for hele dataperioden som utføres i kommunen.
- Datagrunnlaget som er benyttet i denne analysen er basert på et spesialisert uttak gjennomført av Statens vegvesen (SVV). I dette uttaket inngår målinger, og disse spres utover i nettverket slik at alle lenker får et trafikk tall. For å unngå dobbelttelling, har vi koblet trafikkregistreringer mot lenker, som skal kun gi ett tall per år per trafikkregistreringspunkt på en lenke. Denne metodikken kan være noe ulik den SVV benytter.

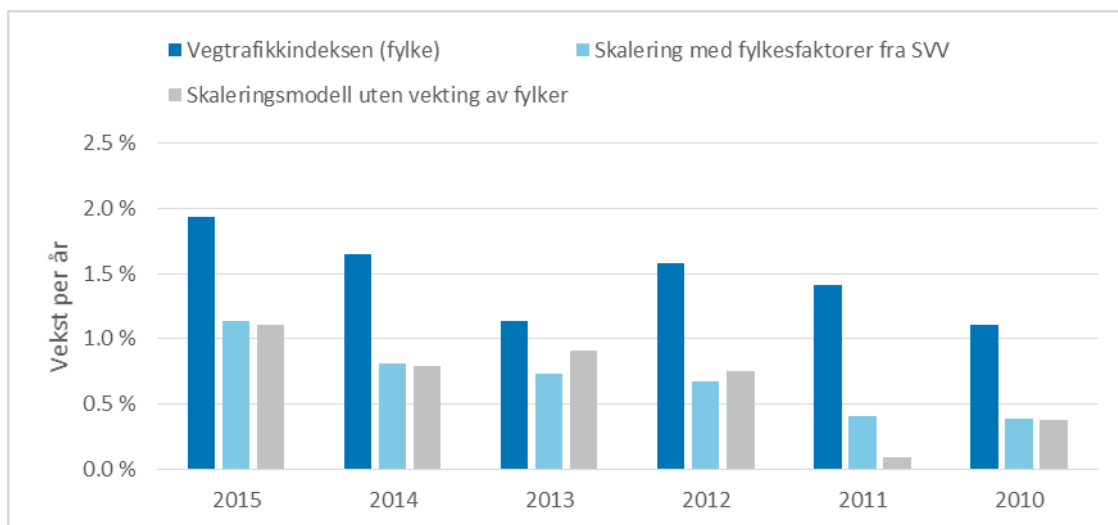
<sup>36</sup> For å regne en gjennomsnittsvkst er veksten per år per kommune vektet med total andel av trafikk i hele registreringsperioden som gjennomføres i kommunen.

- Vegtrafikkindeksen har kun tellepunkter på nivå 1 inne, mens skaleringsmodellen også benytter tellepunkt som også har periodisk telling for å øke datagrunnlaget.
- Vegtrafikkindeksen benytter kjøretøykilometer som mål, mens skaleringsmodellen ser på trafikkregistreringer. For å estimere kjørelengder, benyttes snitt-tallet fra RVU. I prinsippet skal ikke faktoren for gjennomsnittlig reiselengde være endret i perioden, slik at kun endringer i tellinger skal slå inn.

Faktorene nevnt ovenfor er ikke helt sammenlignbare, og man bør derfor forsøke å undersøke hvor stor påvirkning hver enkelt faktor innehar. Vi har testet effekten av fylkesvise vekstfaktorer

De fylkesvise vekstfaktorene har blitt gjort tilgjengelig via Johansen (2004). Vi kontrollerer for vektingsmodellen ved å beregne gjennomsnittlig vekst per fylke, og deretter vekte opp dette med faktorene fra Johansen (2004). Snittet innad i hvert fylke er uvektet. Figur 4.16 viser vegtrafikkindeksen, skaleringsmodell med vekter fra vegtrafikkindeksen (snitt fylker) og skaleringsmodell uten samme vekter som i vegtrafikkindeksen.

Bytte av vekter gir noen mindre endringer, spesielt for 2011, men for øvrig er det ingen større effekter av å bytte ut denne. Skaleringsmodellen basert på nasjonalt snitt vekter allerede etter trafikkvolum, som trolig er rimelig sammenfallende med fylkesvektene fra vegtrafikkindeksen.



Figur 4.16. Effekten av ulike fylkesvekter på snittvekst.

Gjennomgangen har vist at det fortsatt eksisterer enkelte forskjeller mellom skaleringsmodellen og vegtrafikkindeksen som ikke kan forklares tilstrekkelig ut fra de faktorene vi har undersøkt. Deler av forskjellen kan forklares av hvilke tellepunkter som inkluderes, men det er totalt sett ikke nok til å forklare hele forskjellen. Vi har forsøkt å undersøke vektingen av fylkene i indeksen, som ikke gir større utslag.

Metodikken som benyttes i beregning av vegtrafikkindeksen er imidlertid nokså omfattende. En uttømmende analyse av hvilke faktorer som kan være kilden til ulikheten ligger utenfor rammen til dette prosjektet.

Utfordringer ved sammenlignbarhet av datagrunnlaget bakover tatt ut av SVV og vegtrafikkindeksen slik den er beregnet gjennom hvert år vil også kunne være en potensiell kilde til ulikheter i trafikktviklingen.

Generelt sett vil sammenlignbarheten trolig bli bedre når modellen oppdateres, da tallgrunnlag vil være enklere å forholde seg til. Man vil da kun ha trafikk på lenker med registreringspunkt, og ikke registreringer som er spredd utover i nettverket. Samtidig er utviklingen mer i samsvar sett opp mot kjørelengdestatistikken. Hverken kjørelengdestatistikken og vegtrafikkindeksen er fullstendig sammenlignbare med beregningsresultatene fra RTM. Skaleringstallene ligger innenfor det intervallet de to kildene angir for utvikling av trafikken.

### 4.3 Validering av utvekslingsmatrise

#### Bakgrunn og metodikk i valideringen

Validering av utvekslingsmatrisene er i hovedsak gjennomført på et overordnet nivå. Sammenligningsgrunnlaget er kjørelengdestatistikken per kommune. Det er flere begreper som er aktuelle. Under vises en tabell med definisjon av ulike begreper som er brukt i denne dokumentasjonen. Noen av begrepene er definert i tidligere kapitler, men gjentas her.

Tabell 4.5. Ulike begreper benyttet i dokumentasjonen.

Trafikkbegrep	Definisjon
<i>Lokale direkte reiser</i>	Reiser uten stopp underveis under 70 km
<i>Langtrafikk/lange reiser</i>	Reiser over 70 km
<i>"Legs"</i>	Reiser med ett eller flere stopp underveis
<i>Flyplassreiser</i>	Reiser til og fra flyplass
<i>Skolereiser</i>	Reiser til og fra skole
<i>Sverige-reiser</i>	Reiser til og fra Sverige
<i>Eksternt trafikkarbeid</i>	Transportarbeid som er foretatt med start eller mål i kommunen, og på en lenke som ligger innenfor kommunens grenser
<i>Internt trafikkarbeid</i>	Transportarbeid gjennomført av reiser som hverken starter eller stopper i kommunen, på lenker i kommunen

Videre er begrepet «totaltrafikk» sentralt. Dette tallet forholder seg til de andre begrepene på følgende måte:

- Totaltrafikk = Eksternt + internt trafikkarbeid
- Totaltrafikk = Lokale direkteiser<sup>37</sup> + langtrafikk<sup>38</sup> + flyplassreiser + «legs»<sup>39</sup> + Sverigereiser.

Det er noen viktige forskjeller mellom kjørelengdestatistikken og vår modell som oppstår siden vi kun ønsker å se på reiser med utgangspunkt i innbyggerne i en kommune. Følgende reiser som er med i kjørelengdestatistikken er dermed ikke med i modellresultatene:

- Flyplassreiser
- Lange reiser (over 70 km)
- Reiser med stopp underveis (legs)
- Sverigereiser
- Skolereiser
- Gods

I utvekslingsmatrisen, er det kun de lokale direkteisene som er inkludert. Frafallet av de øvrige reisene skyldes at vi ønsker å skille ut reiser etter innbyggerne i en kommune. Ved videreutvikling er det mulig at man kan inkludere flere av disse kategoriene, men innenfor prosjektets rammer har dette ikke vært mulig. Estimert som andel av total trafikk, utgjør de lokale direkteisene omkring 30 % av det totale transportarbeidet i modellen.

Den viktigste funksjonen til utvekslingsmatrisen er å fordele bilparken for de ulike kommunene. Dermed er den relative fordelingen det som er viktigst. Valideringen vil dermed gjennomføres på dette nivået ved å se på andeler av trafikk snarere enn total trafikk.

Valideringen gjøres først på den samlede matrisen hvor vi forsøker å danne et bilde av den overordnede treffsikkerheten. I dette prosjektet har det ikke vært mulig å kvalitetssikre tallene for hver enkelt kommune. Vi gjennomfører derfor uttak fra noen enkeltkommuner for å illustrere fordelingen av transportarbeidet.

### Samlet matrise

Valideringen på overordnet nivå er gjennomført ved å sammenligne andel av totalt transportarbeid i trafikktuvekslingsmatrisen med andeler av total kjørelengde for landet i hver kommune. Man sammenligner f.eks. andelen av totale kjøretøykilometer i utført av innbyggere i Oslo, i utvekslingsmatrisen og SSBs kjøretøysstatistikk. Utvekslingsmatrisen inneholder bare en andel av den totale trafikken. Formålet med

---

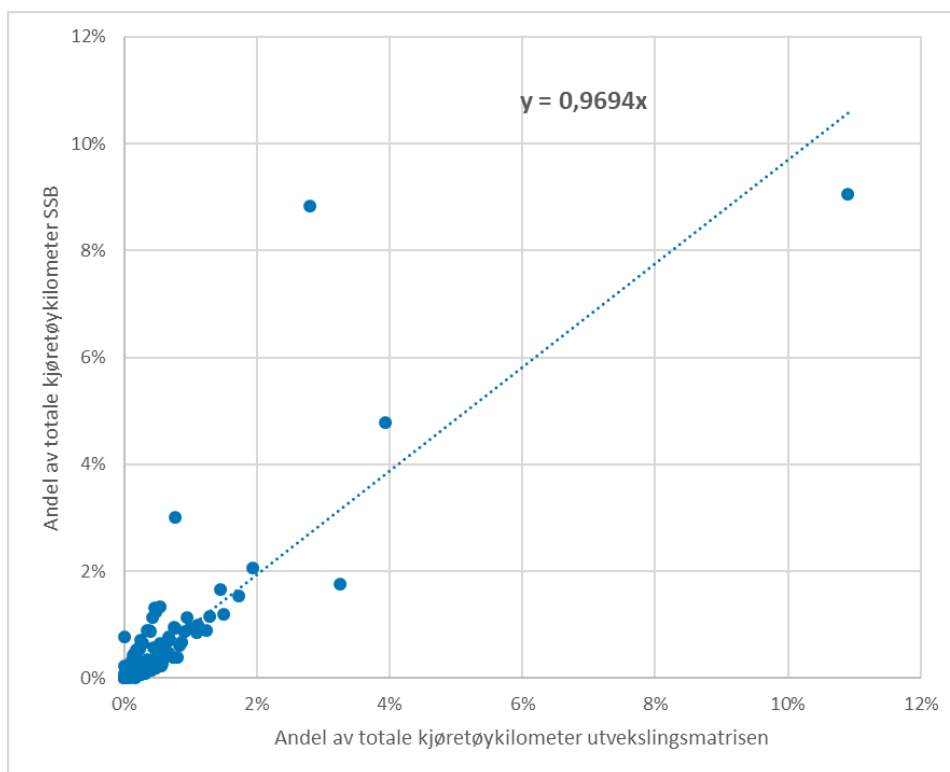
<sup>37</sup> Reiser uten stopp, på under 70 km.

<sup>38</sup> Reiser over 70 km.

<sup>39</sup> Reiser med stopp underveis til reisens endemål under 70 km.

denne valideringen, er derfor å undersøke om fordelingen av transportarbeid etter kommuner er lik i modellen som i SSB.

Figur 4.17 viser sammenhengen som et kryssplott mellom andelene av totalt transportarbeid i landet hver kommunes innbyggere utfører, som beregnet i utvekslingsmatrisen og SSB. I gjennomsnitt er det godt treff; andel av totale kjøretøykilometer i kjørelengdestatistikken ligger på omkring 97 % av det tilsvarende tallet for RTM<sup>40</sup>. Det er imidlertid en del variasjon, spesielt Trondheim kommune har en langt høyere andel enn det som indikeres i RTM. Standardavviket for differansen mellom andel i RTM og SSB ligger på 0.36 %. Den empiriske korrelasjonskoeffisienten for samsvaret mellom SSB og modell ligger på 86 % som er relativt høyt. Dette indikerer at modellen treffer godt i gjennomsnitt, men at det finnes en del usikkerhet når man går ned på enkeltkommuner. Dette er rimelig å forvente siden modellen i hovedsak er kalibrert for en region, som omfatter et langt større geografisk område enn en enkelt kommune.



Figur. 4.17. Andel kjøretøykilometer per kommune i utvekslingsmatrisen og SSB.

### Enkeltkommuner

I dette prosjektet har det ikke vært mulig å gjennomføre en full validering av trafikktallene i hver enkeltkommune. Både fordi dette er svært tidkrevende, men også fordi datagrunnlaget ikke er tilstrekkelig. Det er imidlertid gjennomført en pilotstudie for følgende byer/tettsteder:

<sup>40</sup> Sammenligningsgrunnlaget fra SSB er antall personbiler.

- Oslo
- Trondheim
- Arendal
- Bø

For å utfylle den overordnede valideringen, viser vi resultater for noen enkeltkommuner, blant annet de som var med i pilotstudien. Formålet er å undersøke om fordelingen av trafikkarbeid virker rimelig ut fra de geografiske og befolkningsmessige forhold i områdene som studeres.

For alle kommunene er det to størrelser som sammenlignes:

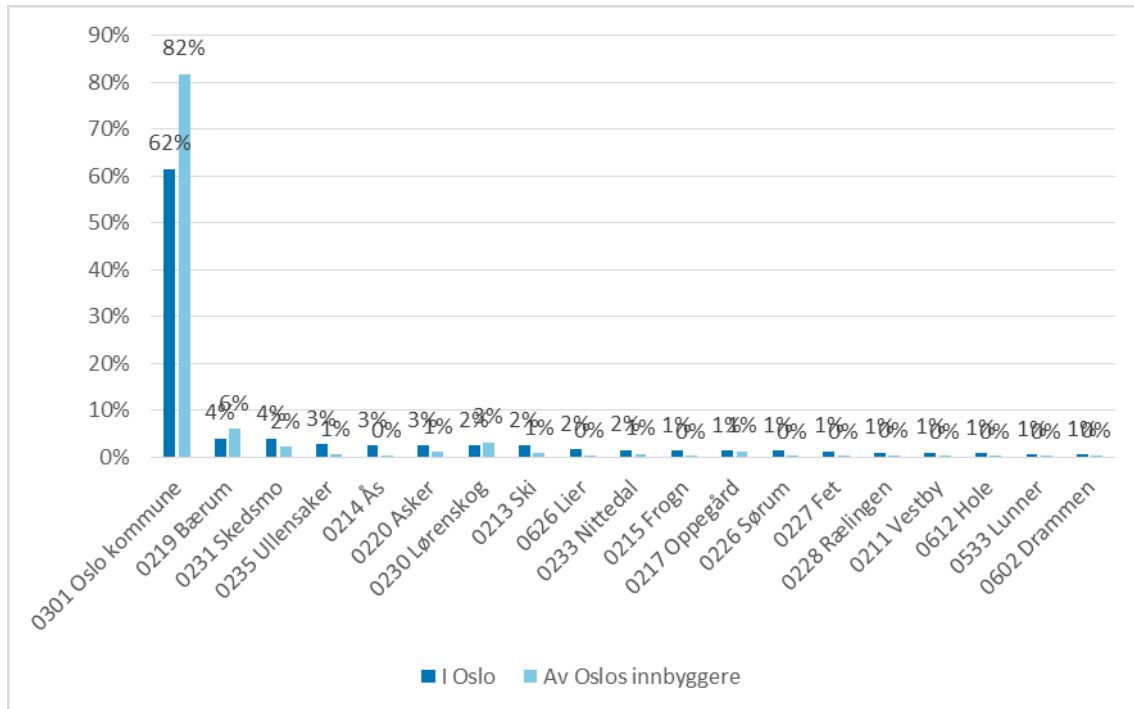
- Andelen av transportarbeidet i kommunen som utføres etter bosted for bilistene.
- Fordelingen til transportarbeidet for bosatte i kommunen man ser på etter kommunen hvor transportarbeidet utføres.

Forskjellen er kort fortalt at man i det ene tilfellet ser på hvor trafikken i en gitt kommune har sin opprinnelse. I det andre tilfellet ser man på hvor en kommunes bilister utfører sitt trafikkarbeid.

### **Oslo**

I Oslo kommune beregnes det at 62 % av trafikkarbeidet fra de lokale direkteisene i kommunen utføres av Oslos egne innbyggere. Videre er Bærum, Skedsmo og Ullensaker de som bidrar mest, men langt mindre enn Oslos egne innbyggere. Ser man på hvordan transportarbeidet til Oslo innbyggere fordeler seg, ser man at en stor andel (82 %) foretas internt i kommunen.

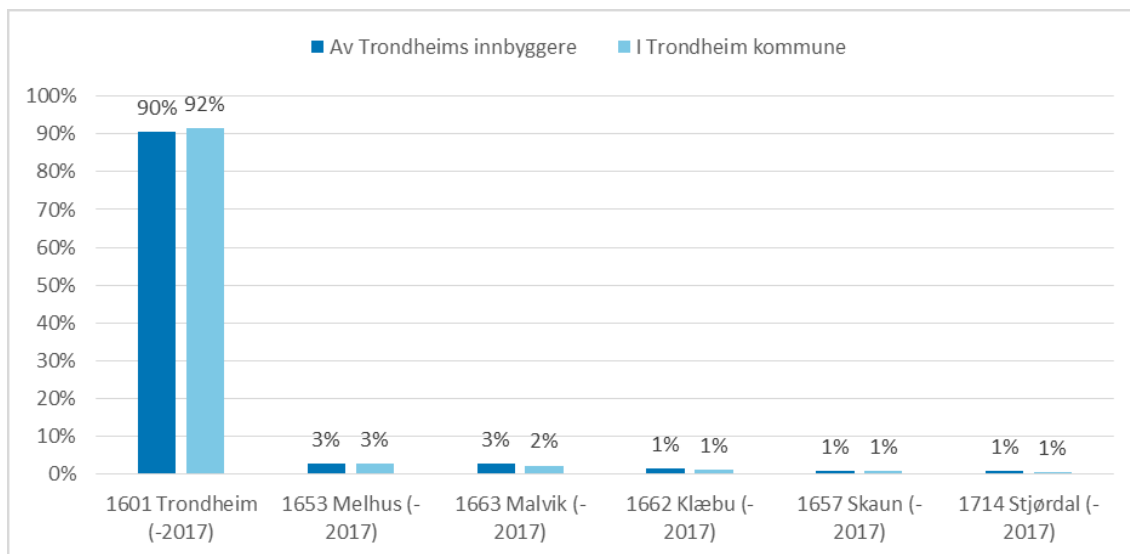




Figur 4.18. Fordeling av transportarbeid i Oslo etter opprinnelse og av Oslos innbyggere for lokale direkteiser under 70 km.

## Trondheim

I Trondheim er det 92 % av trafikkarbeidet fra de lokale direkteisene i kommunen som utføres av kommunens egne innbyggere. Videre er Melhus i sør og Malvik i øst kommunene som bidrar mest og deretter er det Klæbu, Skaun og Stjørdal som bidrar. Alle disse kommunene er enten naboer eller ligger relativt nært Trondheim. Det er rimelig å forvente en litt mer konsentrert topp i Trondheim enn i Oslo, siden dette i større grad er et tydeligere befolkningsentrum. Rundt Oslo er det en rekke folkerike kommuner, mens Trondheim dominerer i større grad sitt omland.

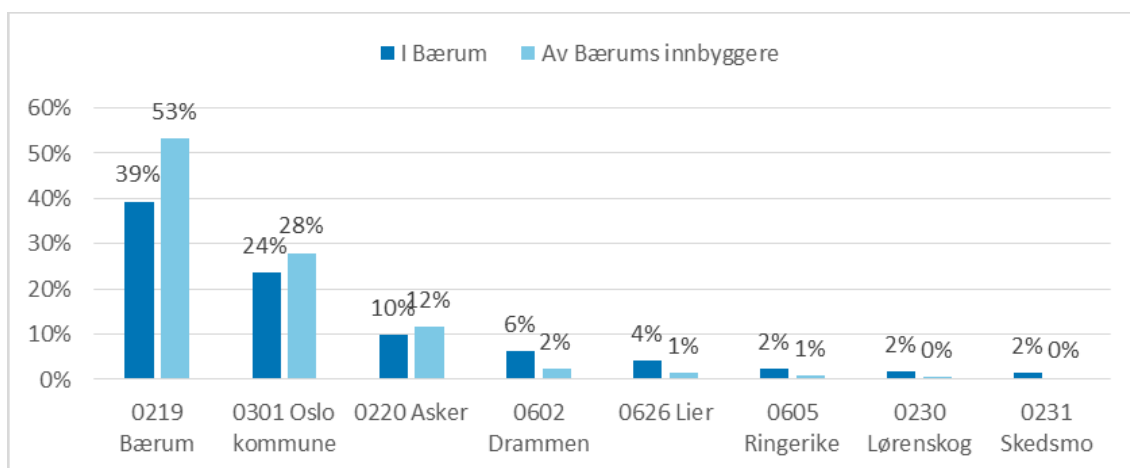


Figur 4.19. Fordeling av transportarbeid i Trondheim etter opprinnelse og av Trondheims innbyggere for lokale direkteiser under 70 km.

## Bærum

Siden det allerede er gjennomført et dypdykk for Oslos tall, kan det være interessant å se hvordan Bærum kommune ser ut. I Bærum er det ca. 40 % av trafikkarbeidet fra de lokale direkteisene som utføres av kommunens egne innbyggere. Dette er i stor kontrast til Oslo og Trondheim, men reflekterer trolig at kommunen ligger langs en viktig infartsåre til Oslo slik at en god del av transportarbeidet er gjennomgangstrafikk. Bosatte i Oslo, Asker, Drammen og Lier er de fire største gruppene som bidrar til transportarbeidet i Bærum foruten kommunens egne innbyggere.

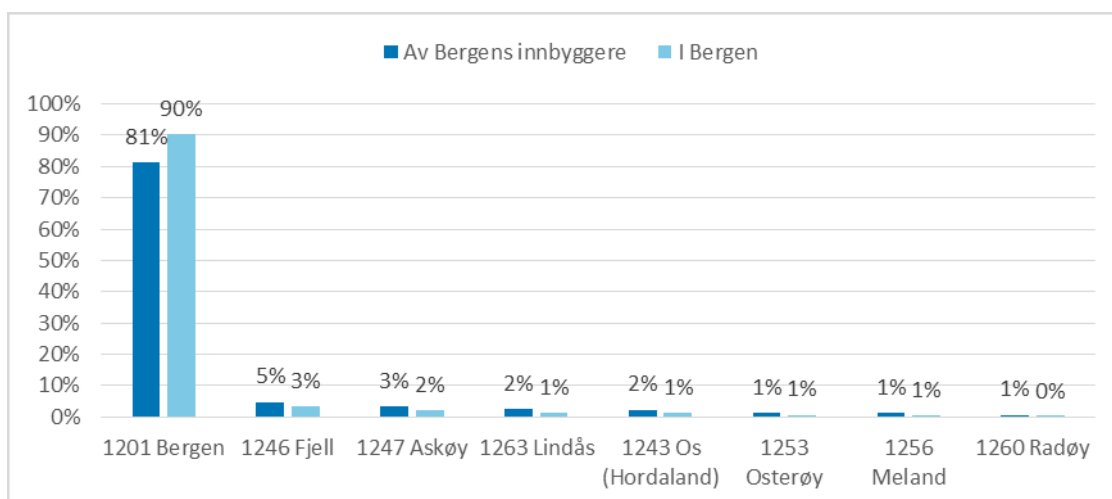
Omtrent halvparten av innbyggernes transportarbeid utføres i kommune, mens 1/3 utføres i Oslo og ca 1/6 i Asker. Dette er kommuner som er Bærum sine nærmeste naboer, og det virker derfor rimelig at disse også bidrar mest til transportarbeidet internt og er steder hvor en større andel av innbyggernes transportarbeid utføres.



Figur 4.20. Fordeling av transportarbeid i Bærum etter opprinnelse og av Bærum sine innbyggere for lokale direkteiser under 70 km.

## Bergen

Bildet for Bergen ligner i stor grad på Trondheim. Transportarbeidet fra de lokale direkteisene som utføres i Bergen og fordelingen for kommunens innbyggere er i stor grad dominert av Bergenserne selv. Fjell kommune på øya Sotra og Askøy har også en liten andel av begge mål. Deretter følger en rekke mindre kommuner i omlandet til Bergen. I utgangspunktet virker dermed fordelingen rimelig ut fra Bergens bystruktur og størrelse i forhold til de omkringliggende kommunene.

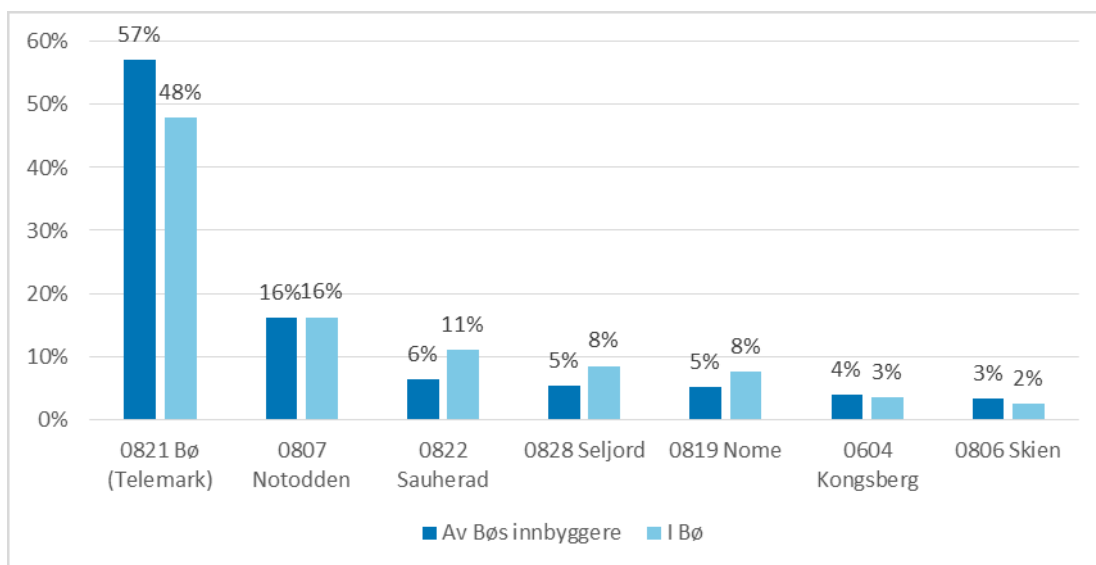


Figur 4.21. Fordeling av transportarbeid i Bergen etter opprinnelse og av Bergens innbyggere for lokale direkteisener under 70 km.

## Bø i Telemark

Bø i Telemark er et mindre tettsted i Midt-Telemark hvor en av rutene over fjellet fra Øst- til Vestlandet går (riksveg 36). Kommunen har derfor noe gjennomfartstrafikk som også reflekteres i modellberegningene. Halvparten av transportarbeidet fra de lokale direkteisene i kommunen utføres av Bøs innbyggere. Dette er altså litt høyere enn Bærum, men fortsatt vesentlig lavere enn f.eks. Bergen.

Både når det gjelder hvor kommunens innbyggere kjører og hvem som kjører inn i kommunen, ser vi at Bø dominerer med Notodden, Seljord, Nome og Sauherad som påfølgende. Dette er alle kommuner som enten er grenser til eller er i nærheten av Bø kommune.

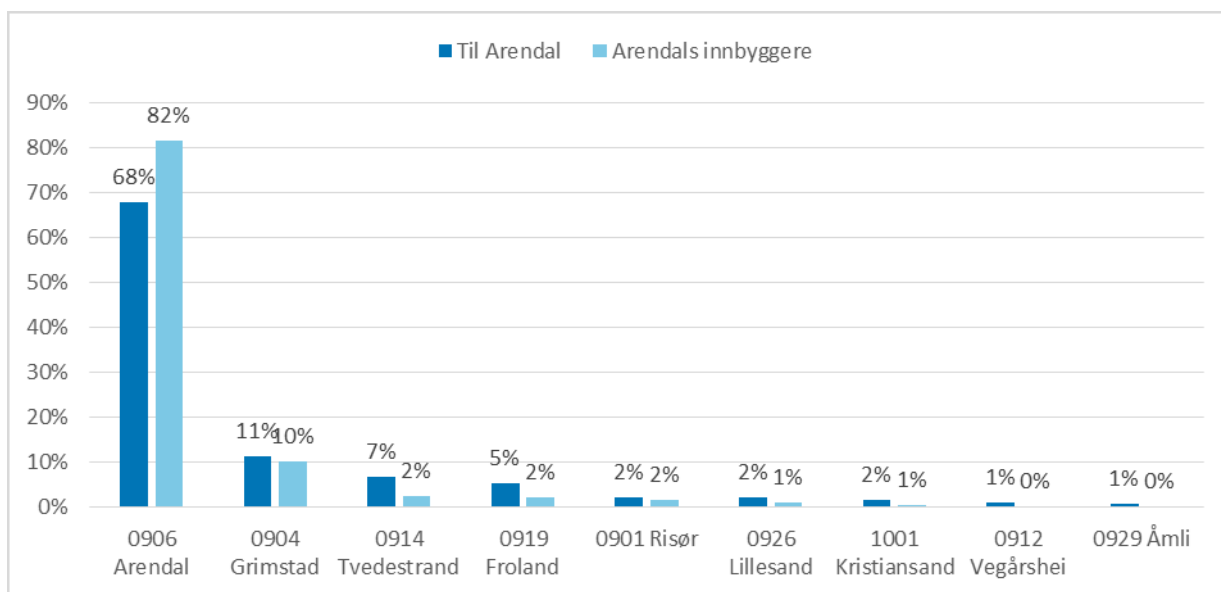


Figur 4.22. Fordeling av transportarbeid i Bø etter opprinnelse og av Bøs innbyggere for lokale direkteiser under 70 km.

### Arendal

Omkring 2/3 av trafikkarbeidet fra de lokale direkteisene i Arendal gjennomføres av kommunens egne innbyggere. Dette indikerer at det er en viss andel gjennomfartstrafikk. Det resterende transportarbeidet utføres av bosatte i Grimstad, Tvedestrand og Froland som er kommuner i tilknytning til byen.

Av transportarbeidet som utføres av Arendals innbyggere, er 80 % innenfor kommunen. Dette kan antyde at det er mer inn- enn utpendling av kommunen, evt. at det finnes en del gjennomkjøringstrafikk. For øvrig ser transportbidragene fra de andre kommunene ut til å stemme godt overens med Arendals beliggenhet. Siden det kun er reiser under 70 km inne i matrisen, vil det naturlig bli en overvekt av de nære kommunene.



Figur 4.23. Fordeling av transportarbeid i Arendal etter opprinnelse og av Arendals innbyggere for direkteiser under 70 km.

#### 4.4 Validering av internt/eksternt transportarbeid

Valideringen av beregningen av internt/eksternt transportarbeid er gjennomført på et overordnet nivå, da mye av valideringsprosessen innenfor dette prosjektets rammer er ivaretatt ved den generelle valideringen av transportmodellen og utvekslingsmatrisen som bygger på i hovedsak samme metodikk og tallgrunnlag

Sammenlignet med transportarbeid i SSB totaltrafikken her ca. 9 % høyere.

## Referanser

Johansen, K. (2004). *Vegtrafikkindeksen. Metode- og funksjonsbeskrivelse*. Oslo: Statens vegvesen.

Statens vegvesen (2014). *Retningslinjer for koding av transportnett og kollektivruter til regionale transportmodeller*. Notat fra SVV v/Henrik Vold. Lastet ned fra SVVs eroom 18.10.2018.

Tørset, T., Malmin, O. K., Bang, B., & Bertelsen, D. (2013). *CUBE - Regional persontransportmodell versjon 3* (Sintef-rapport, A24717). Trondheim: SINTEF.



## **NILU – Norsk institutt for luftforskning**

NILU – Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer atmosfærens sammensetning luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

*NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte*

*NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære*

NILU – Norsk institutt for luftforskning  
Postboks 100 2027 KJELLER

E-post: [nilu@nilu.no](mailto:nilu@nilu.no)

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-2951-0

ISSN: 2464-3327