

Inger Beate Hovi
Christian S. Mjøsund
Eilril Bø
Daniel Ruben Pinchasik
Stein Erik Grønland

Logistikk, miljø og kostnader

Kjøretøydata som grunnlag for forskning,
transportplanlegging og forbedringsarbeid



Logistikk, miljø og kostnader

Kjøretøydata som grunnlag for forskning, transport-planlegging og forbedringsarbeid

Inger Beate Hovi
Christian S. Mjøsund
Eirill Bø
Daniel Ruben Pinchasik
Stein Erik Grønland

Forsidebilde: Shutterstock

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Logistikk, miljø og kostnader

Title: Logistics, Environment and Costs

Forfattere: Inger Beate Hovi, Christian S. Mjøsund, Eirill Bø, Daniel Ruben Pinchasik og Stein Erik Grønland

Dato: 11.2021

TØI-rapport: 1861/2021

Sider: 90

ISBN elektronisk: 978-82-480-1903-9

Finansieringskilder: Norges forskningsråd
Statens vegvesen Vegdirektoratet
Nortura SA
Bama Trading

Authors: Inger Beate Hovi, Christian S. Mjøsund, Eirill Bø, Daniel Ruben Pinchasik og Stein Erik Grønland

Date: 11.2021

TØI Report: 1861/2021

Pages: 90

ISBN Electronic: 978-82-480-1903-9

Financed by: Norwegian Research Council
Norwegian Public Road Administration
Nortura SA
Bama Trading

Prosjekt: 4579 – Logistikk, miljø og kostnader

Prosjektleder: Inger Beate Hovi

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Fagfelt: Næringsøkonomi og godstransport

Emneord: GPS-data, kjøreadferd, transportkostnader, kostnadsmodeller, miljø

Project: 4579 – Logistics, Environment and Costs

Project Manager: Inger Beate Hovi

Quality Manager: Kjell Werner Johansen

Research Area: Industri and Freight

Keywords: GPS data, driving behaviour, transport costs, cost models, environment

Sammendrag:

LIMCO-prosjektets formål har vært å generere ny kunnskap og innovasjoner som kan bidra til smartere logistikkstyring og transportplanlegging, mer bærekraftige forretningsmodeller for norske transport- og logistikkbedrifter og økt kunnskap om hvordan nye typer data kan utnyttes effektivt. Gjennom to datafangstløsninger for kjøretøydata og et utstrakt samarbeid med en rekke deltakerbedrifter er det gjort mange innsiktsfulle analyser rundt fire hovedtemaer: Kjøreadferd, drivstofforbruk og miljø, kjøretøybevegelser og transportkostnader. Gjennom prosjektet er det gjort metodiske framsteg for å foredle GPS-posisjoner til informasjon om turer og stopp for lasting og lossing. Det er utført bedriftsspesifikke analyser av bl.a. kostnads- og miljøeffekter av alternative logistikkopplegg og servicegrad og oppnådd økt innsikt i kostnadsdriverne. Det er også gjort analyser av potensialet for utslippsreduksjon gjennom forbedret kjøreadferd («økokjøring»). Innsikt fra prosjektet gir grunnlag for nye logistikk-løsninger og forbedret innsikt i godstransportens komplekse behov og aktiviteter i byområder. Det er videre generert viktig forbedret input til Nasjonal Godstransportmodell.

Summary:

The LIMCO-project's objective has been to generate new knowledge and innovations towards smarter logistics management and transport planning, more sustainable business models for Norwegian transport/logistics firms, and efficient ways of utilizing new data sources. Through two capturing solutions for vehicle data and extensive collaboration with participating firms, we performed a range of analyses on four themes: Driving behavior, fuel consumption and environment, vehicle movements and transport costs. The project has yielded methodological progress on converting GPS-data to useful information on trips and loading/unloading stops. Also insights in cost drivers of transport has been improved, through firm-specific analyses of cost and environmental effects of alternative logistics organization and service levels. The project further assessed eco-driving's potential for emission reductions. Insights from the LIMCO-project provide a basis for new logistics solutions, improved understanding of freight transport's complex needs and activities in cities, and for improving important inputs to the National Freight Model.

Language of report: Norwegian

Transportøkonomisk institutt
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

I de senere år har transportsektoren stått overfor en omveltning i form av nye digitale datakilder. Gjennom prosjektet *Logistikk, miljø og kostnader* (*Logistics Environment and Costs, LIMCO*), et kompetanseprosjekt for næringslivet, har vi ved å ta i bruk data som for noen år tilbake ikke eksisterte, søkt å bidra til kunnskap som kan øke effektiviteten og redusere miljøpåvirkningen av godstransport med lastebiler. Hovedmålet til dette prosjektet har vært å skape ny innsikt i godstransportsektoren ved å utnytte data fra sensorer installert i lastebiler og kombinert dette med data om logistikk- og transportorganisering.

I prosjektet har vi hatt et samarbeid med 10 næringslivspartnere, men har i tillegg rekruttert transportbedrifter gjennom Norges Lastebileier-Forbund. Det har muliggjort en datafangst fra flåtestyringssystemer for i alt 22 transportbedrifter og ca. 1850 kjøretøy og resultert i en helt ny innsikt i hvordan godstransporten er organisert i Norge. Videre er det utviklet transportkostnadsmodeller som er integrert med kjøretøydataene. Dette gjør kostnadsmodellene svært godt forankret i faktisk drivstofforbruk og transportorganisering. Kostnadsmodellene kan både gjøres bedriftsspesifikke og mer generiske for ulike transportsegment. I rapporten har vi eksemplifisert ulike anvendelsesområder for de nye dataene samt ulike forsøk på å koble ulike datasett sammen.

I prosjektet har studenter ved Handelshøyskolen BI som tar fordypning innen logistikkfaget på både bachelor- og masternivå fått tilbud om å delta med å løse ulike problemstillinger. Dette har vært populært og resultert i to masteroppgaver og ni bacheloroppgaver. Studentene har hatt Eirill Bø som hovedveileder og prosjektleder Inger Beate Hovi som biveileder. Tre av oppgavene vant til og med pris for hhv. beste bachelor- og masteroppgave i logistikk i 2019 og 2020. Prisen deles årlig ut på Transport & logistikk, Norges største konferanse for denne næringen.

Prosjektarbeidet har vært ledet av Inger Beate Hovi og hun har også hatt det overordnede ansvaret for redigering og ferdigstilling av rapporten. Prosjektmedarbeidere har vært Christian S. Mjøsund og Daniel Ruben Pinchasik ved Transportøkonomisk institutt og Eirill Bø og Stein Erik Grønland ved Sitma AS. Mjøsund har skrevet kapitlene 4.2, 4.4.1, 6.3-6.5, 6.7 og mye av kapittel 7 sammen med Bø, som også har skrevet kapittel 2.4. Pinchasik har skrevet kapitlene 4.1, 5.1-5.3, 7.4 og begge sammendragene, mens Grønland har skrevet kapittel 4.4.2 og 8. Hovi har skrevet det resterende og ferdigstilt rapporten med god hjelp av Pinchasik. Frants Gundersen, TØI, har bidratt til arbeidet med å koble data fra Virksomhets og foretaksregisteret til GPS-dataene i kapittel 7.6, mens Geir-Martin Pilskog, Statistisk sentralbyrå har skrevet kapittel 9.2.2 og kommentert på hele kapittel 9. Ronny Klæboe (TØI) har vært ansvarlig for datafangstløsningen ved TØI som er basert på FMS-data fra AddSecure. Cognia Technologies har vært ansvarlig for datafangstløsningen basert på FMS-APIet som er fabrikkmontert i lastebiler. Anne-Lene Sandberg har gjort rapporten klar for publisering.

Vi ønsker med dette å rette en stor takk til alle deltakerbedriftene og til transportbedriftene som har muliggjort datafangsten. Eventuelle feil og misforståelser er forfatterens ansvar. Vi må også rette en stor takk til Bylogistikkprogrammet i Statens vegvesen og til Bama Trading og Nortura SA som har delfinansiert prosjektet eller tilgrensende arbeid.

Oslo, desember 2021

Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud

Direktør

Kjell Werner Johansen

Andelingsleder

Rettelse april 2022

I seksjon 5.3 er innblandingsprosent (energiandel) for biodiesel endret fra 18-19% til 14,4% basert på faktiske tall for 2020. Som følge av dette er beregningsformelen for CO₂-utslipp pr liter gjennomsnittlig diesel i samme avsnitt, oppdatert fra (opprinnelige) 2,17 kg/liter, til 2,277 kg/liter.

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Formål med rapporten	2
1.3	Rapportstruktur	2
2	LIMCO-prosjektet.....	3
2.1	Bakgrunn og formål	3
2.2	Forskningsspørsmål	4
2.3	Deltakerbedrifter	4
2.4	Studentoppgaver.....	5
3	Data	11
3.1	Datafangstløsning.....	11
3.2	Rekruttering av transportbedrifter gjennom Norges Lastebileier-Forbund	12
3.3	Datainnhold	13
3.4	Personvern	15
4	Metodisk rammeverk	16
4.1	Kjøreadferd og drivstofforbruk	16
4.2	Kjøretøybevegelser.....	17
4.3	Drivstofforbruk og utslippsparametere	19
4.4	Transportkostnadsmodeller.....	19
5	Drivstofforbruk og miljø	24
5.1	Endogene og eksogene drivere for drivstofforbruk	24
5.2	Kjøreadferd	24
5.3	CO ₂ -utslipp basert på drivstofforbruk	26
5.4	Faktisk drivstofforbruk for ulike kjøretøystørrelser.....	27
6	Kjøretøybevegelser	31
6.1	Innledning	31
6.2	Overordnet informasjon om bruk av kjøretøyene	31
6.3	Turgenerering	35
6.4	Måling av stopptider	35
6.5	Kobling av turer mot ruter	44
6.6	Kobling av sendingsdata og kjøretøydata basert på informasjon om tid og sted	45
6.7	Rutevalg.....	50
6.8	Videreutvikling av identifisering av stopp for lasting og lossing.....	51
7	Eksempler på bruk av nye data i transport- og logistikkanalyser	53

7.1	Innledning.....	53
7.2	Arbeid med kontinuerlig forbedring i logistikk og transportopplegg.....	53
7.3	Grunnlag for nye bylogistikk løsninger.....	61
7.4	Lastvekt.....	65
7.5	Identifisering av potensielle lokasjoner for ladeinfrastruktur	67
7.6	Kobling mot virksomhets- og foretaksregisteret	69
8	Potensiale for integrering av ERP- og kjøretøydata	74
8.1	Bakgrunn.....	74
8.2	Undersøkelse og funn	74
9	Elektronisk datafangst som grunnlag for statistikkproduksjon.....	77
9.1	Behov for mer detaljerte data	77
9.2	Andre potensielle nye datakilder	79
9.3	Videre arbeid	83
10	Erfaringer og diskusjon	84
10.1	Hoved- og delmål ved prosjektet	84
10.2	Datafangstløsning og transformasjon av data til turaktiviteter.....	84
10.3	De viktigste erfaringene som er gjort i prosjektarbeidet.....	86
10.4	Feilkilder	87
10.5	Videre forskning	87
	Referanser	89

Sammendrag

Logistikk, miljø og kostnader

TØI rapport 1861/2021

Forfattere: Inger Beate Hovi, Christian S. Mjosund, Eirill Bø, Daniel Ruben Pinchasik og Stein Erik Grønland

Oslo 2021 90 sider

LIMCO-prosjektets formål har vært å generere ny kunnskap og innovasjoner som kan bidra til smartere logistikkstyring og transportplanlegging, mer bærekraftige forretningsmodeller for norske transport- og logistikkbedrifter og økt kunnskap om hvordan nye typer data kan utnyttes effektivt. Gjennom to datafangstløsninger for kjøretøydata og et utstrakt samarbeid med og en rekke deltakerbedrifter er det gjort mange innsiktsfulle analyser rundt fire hovedtemaer: Kjøreadferd, drivstofforbruk og miljø, kjøretøybevegelser og transportkostnader. Gjennom prosjektet er det gjort metodiske framsteg for å foredle GPS-posisjoner til informasjon om turer og stopp for lasting og lossing. Det er utført bedriftsspesifikke analyser av bl.a. kostnads- og miljøeffekter av alternative logistikkopplegg og servicegrad, og oppnådd økt innsikt i kostnadsdrivere. Det er også gjort analyser av potensialet for utslippsreduksjon gjennom forbedret kjøreadferd («økokjøring»). Innsikt fra prosjektet gir grunnlag for nye logistikk-løsninger og forbedret innsikt i godstransportens komplekse behov og aktiviteter i byområder. Det er videre generert viktig forbedret input til bl.a. Nasjonal Godstransportmodell.

Bakgrunn og formål

Utviklingen innen digitalisering, programvaresystemer for logistikk, ERP-plattformer (Enterprise Resource Planning) og sensorer fra lastebiler har løftet mengden data om transport og logistikk til et nytt nivå. Til tross for økt datagenerering gjenstår et uutnyttet potensial med hensyn til utnyttelse av disse dataene for transportplanlegging og -optimalisering. Disse dataene benyttes sjeldent mer enn overfladisk og er sjelden tilgjengelige for forskning og offentlig planlegging.

Med LIMCO-prosjektet har vi etablert et utstrakt samarbeid med industrielle partnere og noen større transportbedrifter, transportkjøpere, samarbeidsbedrifter og Handelshøyskolen BI for å sikre tilgang til data og for å kunne utføre vitenskapelig og kommersielt relevante analyser. Prosjektet har hatt som formål å generere ny kunnskap og innovasjoner som kan bidra til smartere logistikkstyring og transportplanlegging, mer bærekraftige forretningsmodeller for norske transport- og logistikkbedrifter og gi økt kunnskap om hvordan man kan utnytte nye typer data på en effektiv måte.

Datafangstløsning

I prosjektet er det etablert to separate datafangstløsninger for kjøretøydata. Den ene er basert på det fabrikkmonterte Fleet Management System (FMS)-API, mens den andre løsningen er fra et flåtestyringssystem med fysisk installert hardware i bilene. I begge løsningene er datafangsten todelt og består av 1) Data for kjøreadferd og drivstofforbruk og 2) GPS-data for hvert kjøretøy. Datafangsten startet i januar 2019 og har siden bygget seg opp gjennom resten av prosjektets levetid. Databasen teller nærmere 250 millioner posisjoner fra ca. 1650 lastebiler og 200 varebiler, fordelt på 22 transportbedrifter av ulik størrelse og fra ulike transportsegmenter.

Data

Begge datafangstløsningene genererer informasjon om drivstofforbruk, utkjørte kilometer, driftstimer, tomgangstid og kjøreadferd. Kjøreadferd måles i form av variabler som utrulling (i hvilken grad sjåførene utnytter massefart i kjøringen til å spare drivstoff), bruk av cruisekontroll, overhastighet (andel av tiden kjøretøyet kjører over en definert tillatt hastighet for lastebiler), bremseadferd, osv. GPS-dataene inneholder tidfestede lokasjonsdata. Mot slutten av prosjektet er også informasjon om dynamisk kjøretøyvekt (totalvekt), samt vekt på for- og bakaksel både for lastebil og tilhenger registrert sammen med hver GPS-posisjon for et mindre antall kjøretøy i ett av systemene. Videre ble dataene fra hver bil påkoblet kjøretøyteknisk informasjon.

Tidsoppløsning

Frekvensen på GPS-dataene varierer mellom datafangstløsning og bilmerke og har vanligvis en frekvens på fra 1-2 minutter og opp til hvert 15. minutt. I perioder har det imidlertid vært utfordringer med en mye lavere GPS-frekvens, noe som også illustrerer at påliteligheten til posisjonsdata fra kjøretøyleverandørene kan være en utfordring dersom man skal benytte dataene som grunnlag for detaljerte analyser for bedrifter eller for statistikkproduksjon. I denne sammenhengen er det også gjort en rekke sammenlikninger med offisiell statistikk for SSB.

Metodisk rammeverk

Det metodiske rammeverket i prosjektet kan deles inn i fire elementer: Kjøreadferd og drivstofforbruk; Miljø; Kjøretøybevegelser og Transportkostnader.

Kjøreadferd

Drivstofforbruk påvirkes av mange faktorer, hvorav de fleste vanskelig kan påvirkes av transportøren. Noe som kan påvirkes mer direkte og relativt raskt, og som også er en betydelig driver av drivstofforbruk, er sjåførens kjøreadferd, her forstått som sjåførens kjøretøyhåndtering under kjøringen. Kjøring består hovedsakelig av tre faser: Akselerering, utrulling og bremsing. I alle disse fasene kan kjøretøyets drivstofforbruk påvirkes, der målet med økonomisk kjøring (økokjøring) er å gi mest mulig effektivitet (kjøreytelse) med minst mulig energibruk. Teorien om økokjøring gir en rekke innsikter i konkrete forbedringer på ulike kjørefaktorer som kan bidra til lavere drivstofforbruk.

Kjøretøybevegelser

En viktig oppgave i prosjektet har vært å utvikle metode for å foredle de enkelte GPS-posisjoner til turer og stoppobservasjoner. Arbeidet tar utgangspunkt i etablert metodikk fra internasjonal litteratur for foredling av informasjon fra GPS-observasjoner til turgenerering og stoppidentifisering, og er videreutviklet til å bli bedre egnet for bydistribusjon for hhv varebiler og lastebiler spesifikt. Metodikken er dessuten validert mot et mindre utvalg innrapporteringer til SSBs lastebilundersøkelse. Dette har dannet grunnlag for flere analyser, både generelle og bedriftsspesifikke.

Miljø

Det er gjort en rekke analyser med hensyn til at drivstofforbruket er nyttig informasjon til kostnadsmodeller både for spesifikke bedrifter og for mer generiske kostnadsmodeller til

Nasjonal godsmodell. Det er en utfordring at dataene ikke har informasjon om hvor mye last bilene har om bord, og hvordan dette påvirker drivstofforbruket, men det gir likevel et godt grunnlag for estimerer om hvordan drivstofforbruk avhenger av daglig kjøredistanse, motorstørrelse, antall aksler, bilens maksimalt tillatte totalvekt osv., i gjennomsnitt for ulike kjøretøytyper. Dette er videre knyttet opp mot hvor bilene kjører og utgjør informasjon som man hittil har manglet for norsk godstransport.

Vi har laget en generell regel for beregning av CO₂-utslipp basert på drivstofforbruk i liter pr km, samt oppgitt gjennomsnittlig drivstofforbruk for ulike transportsegmenter, kjøretøykategorier, motorstørrelser, antall aksler, firehjulstrekk og daglig kjørelengde basert på faktisk kjøring i Norge for lastebilene som inngår i datafangsten. Dette kan brukes som grunnlag for bedrifter som må rapportere miljøbelastningen ved transport, men som ikke kjenner drivstofforbruket, f.eks. fordi de kjøper transporttjenester av underleverandør.

Transportkostnader

Det er utviklet bedriftsspesifikke kostnadsmodeller som tar utgangspunkt i eierskapskostnader og bruksmønster til spesifikke lastebiler som kan brukes til analyser av kostnads- og miljøeffekter av alternative logistikkopplegg og servicegrad overfor kunder (se egne avsnitt). Databehovet for slike modeller er omfattende og kvaliteten på inputdata er avgjørende for resultatet. Dataene innsamlet i prosjektet, har blant annet bidratt med informasjon om drivstofforbruk på et detaljert nivå og detaljert innsikt i tur- og stoppaktiviteter og tidsbruk ved dette, som er en viktig kostnadsdriver gjennom både lønns- og kapitalkostnader. Transportkostnadsmodellen åpner for mange interessante simuleringer, hvorav et antall omtales i senere avsnitt.

Parallelt med utviklingen av bedriftsspesifikke kostnadsmodeller har det vært arbeidet med å utvikle mer generiske kostnadsmodeller basert på rammeverket som er utviklet til Nasjonal godsmodell (NGM). Dette er kostnadsmodeller som i tillegg til å dekke en rekke biltyper, også omfatter ulike transportenheter for jernbane, sjø og fly. Rammeverket i kombinasjon med GPS- og kjøreadferdsparametere for et stort antall biler, gjør at det er mulig å forbedre modellene med faktisk bruk av kjøretøy, tidsbruk knyttet til laste- og losseprosesser og drivstofforbruk for ulike kjøretøykategorier. Formålet er å få bedre grunnlag for drivstofforbruk, årlig kjørelengde og timer i bruk for ulike kjøretøytyper. Samtidig kan materialet brukes til å analysere geografiske variasjoner i disse faktorene. For oppdatering av kostnadsmodellen for enkelte biltyper har dataene innsamlet i prosjektet vist seg å være nyttige for revisjon av spesielt drivstofforbruk i siste versjon av kostnadsmodellene for NGM.

Innsikter og resultater

GPS-data var en kilde til ny informasjon for deltakerbedriftene, og tilbakemeldingene har vært at prosjektets analyser er interessante fordi de gir innsikt i kostnadsdriverne i transportgjennomføringen, slik som laste- og lossetider på ulike lokasjoner, kjøretider og turstatistikk på rutenivå.

For at kostnadsmodeller skal gi et best mulig bilde av transportkostnadene, er det viktig at data om kostnadsdriverne bygger på et best mulig faktagrunnlag. En fordel med lastebil-dataene er at de gir et objektivt bilde av transportomfanget, og at dataene samles automatisk så lenge abonnement på flåtestyringssystemet (inkludert GPS-data) er aktivt. Det vil si at faktagrunnlag til kostnadsmodeller enkelt kan oppdateres til nye perioder uten nye undersøkelser eller omfattende datainnsamling. Videre vil dataene og kostnadsmodeller kunne være sentrale i arbeid med kontinuerlig forbedring av transportene. Tallgrunnlaget kan

synliggjøre områder der det er forbedringspotensialer, tiltak som kan gjennomføres, og man kan måle de kostnadsmessige effektene av tiltakene.

Miljøeffekter av økt fokus på kjøreadferd

Til analyser av kjøreadferd og drivstofforbruk ble det i samarbeid med to av deltakerbedriftene gjennomført en minipilot for å måle effekten på kostnader og miljø av endret sjåføradferd etter kurs i økonomisk kjøring, samt aktiv oppfølging av fører gjennom kjøreadferdsparametere i en flåtestyringsløsning (FMS).

I prosjektet er det utført et randomisert kontrollert eksperiment med en «kontrollgruppe» og en sjåførgruppe som fikk kurs i økonomisk kjøring og oppfølging i etterkant. Begge sjåførgruppene kjører faste distribusjonsruter på Østlandet. Gjennom eksperimentet ble det gjennomført en minipilot for å måle kostnads- og miljøeffekten av endret sjåføradferd. Langtidseffektene ble undersøkt og resultatene publisert i en artikkel i *Energy Research & Social Science* (Pinchasik m.fl., 2021). I hovedtrekk tyder resultatene på at et økokjøringskurs, kombinert med aktiv oppfølging og ikke-monetære insentiver kan gi mer effektiv kjøreadferd blant lastebilsjåfører og en signifikant og vesentlig reduksjon i drivstofforbruk, estimert til 5,2 - 9 %. I likhet med tidligere studier fant vi stor variasjon mellom sjåfører og tegn på en læringskurve: Effekter inntreffer raskt og tiltar så før de når en topp. I motsetning til tidligere funn finner vi at effektene ikke forsvinner eller avtar signifikant over tid, noe som tyder på at ved å følge opp økokjøringskurset med andre tiltak kan bidra til å styrke effekten.

Av fire faktorer som representerer økokjøringsstrategier finner vi at forbedringer i motor- og girhåndtering gir størst potensiale for reduksjoner i drivstofforbruk, etterfulgt av forbedringer i hastighet og trafikktilpasning (bruk av cruisekontroll og å unngå overhastighet). Videre finner vi indikasjoner på at det skal relativt lite til for at mindre men likevel ikke-neglisjerbare forbedringer i kjøreadferd kan oppnås.

Kjøretøybevegelser

Etter at metoden for å følge kjøretøybevegelser ble etablert er det gjort ulike analyser av stopp for lasting og lossing i byområder, stopp for hviletid og parkering og identifisering av stoppesteder. Videre er det lagt inn et arbeid med å koble turer mot ruter og analyser av rutevalg, og at dataene er brukt i bedriftsspesifikke analyser.

I stort framkommer det at fordelingen av laste- og lossestopp over døgnet er nokså likt fordelt for ulike transportsegmenter, men noen forskjeller kan likevel observeres. For eksempel har bygg- og anlegg størst andel av laste-losseaktiviteter som skjer om morgenen og midt på dagen, mens byggevarer og næringsmidler har størst andel som utføres ettermiddag og kveld. For byområder er det gjort analyser for lastebiler og varebiler av hvor de stopper for lasting og lossing og hvor lang tid slike aktiviteter tar både i indre og ytre by. Dette gir innsikt både for bedriftene som utfører transportene og for planleggingsformål. Her finner vi påfallende forskjeller mellom ulike byer.

I tillegg til laste- og lossetider er GPS-dataene også en kilde til informasjon om hvor og når sjåførene tar ut lovpålagt hviletid. Informasjon om tid og sted for disse stoppene kan være verdifullt for eksempel ved planlegging av framtidig infrastruktur for hurtiglading av elektriske lastebiler. Resultatene viser at hviletidsstopp foretas gjennom hele døgnet med en topp mellom kl. 13-16 og at ukedagene, med noen unntak, har samme fordeling. Videre finner vi et tydelig mønster der flest lastebiler settes til parkering utover ettermiddagen og kvelden, med et toppunkt i tidsrommet 19-21. Dette mønsteret går igjen for de fleste ukedagene.

For deltagerbedriftene er det i tillegg gjort et arbeid med å identifisere lokasjoner der lastebilstoppene fant sted, noe som blant annet er brukt i bedriftsspesifikke analyser.

Vektdata

Hva gjelder sensordata om lastvekt er dette som tidligere omtalt først mot slutten av prosjektet, blitt tilgjengelig for et mindre utvalg biler. Analyser vi har utført tyder på fortsatt betydelige datautfordringer samt at det selv ved gode data er nødvendig med flere krevende steg og systematisering for å utnytte disse dataene, og for å kunne skille mellom data med god og dårlig kvalitet.

Eksempler på anvendelser

Arbeidet har gitt viktige innsikter i avveiningen mellom servicegrad (f.eks. hvor ofte det hentes varer, når og hvilke mengder) og kostnader. Analysene gir også innsikt i hhv «faste» og variable kostnader ved ulike transportaktiviteter og har avdekket at henting av returlast ofte utføres selv om returlasten er mindre enn minimumsnivået som egentlig er satt. For eksempel er det analysert betydningen av mengde lastet og effekten av å ta med varer på returer, både fra et kostnads- og CO₂-perspektiv. Et interessant funn er at det er differanser mellom minimumslast på retur fra et økonomisk og miljømessig perspektiv.

Videre er det jobbet med metodeutvikling som gir grunnlag for å identifisere flaskehalser i logistikkopplegget og dermed legge grunnlag for mer målrettet forbedringsarbeid i bedriftene. Det er gjennom brukercase utført kobling av GPS-data med ordredato om leveranser. Selv om datakvaliteten har gjort det utfordrende å gjøre dette på enkeltsendingsnivå, synliggjør det likevel områder med forbedringspotensial, tiltak som bør gjennomføres og måling av de kostnadmessige effektene av tiltakene.

I prosjektet har vi sett på hvordan GPS-data kan prosesseres og operasjonaliseres for å gi informasjon om godsaktiviteter i byområder, på et mer detaljert nivå enn trafikkteellinger og mer hyppig og kostnadseffektivt enn tradisjonelle observasjonsstudier. For eksempel er det behov for å få mer detaljert informasjon om leveranse- og henteaktiviteter i byområder. Eksempler på dette er hvor aktivitetene finner sted, hvor lang tid laste-/losseoperasjoner tar og hvordan bruksmønstre kan endres over tid som følge av f.eks. infrastrukturendringer, varierende trafikksituasjoner, endringer i transportetterspørsel, eller som følge av politiske tiltak.

For å få god innsikt i bylogistikken er det også behov for informasjon om hva slags type og mengde gods transportene består av. GPS-data gir ikke slik informasjon og andre kilder er derfor nødvendige. Pr i dag er tilgang til slike kilder og koblinger med GPS-data utfordrende.

Vi har sett på dagens muligheter og utfordringer, samt fremtidsutsikter for å integrere kjøretøydata med data fra ERP-systemer (Enterprise Resource Management). Der foreligger det pr i dag fortsatt betydelige barrierer. Dette viser også våre forsøk på å koble sendingsdata og kjøretøydata basert på informasjon om tid og sted. Vi har utviklet en metode som identifiserer turer der det med høy sannsynlighet er vellykkede koblinger mellom kjøretøy- og sendingsdata. Det må imidlertid fortsatt utvikles en metode som er mer treffsikker for slike turer med svært få stopp.

Behov for mer detaljerte data

Transportmodellene som brukes av transportvirksomhetene og Samferdselsdepartementet i deres planarbeid stiller høye krav til grunnlagsdata. Økt omfang av godstransport og spesielt av bylogistikk utfordrer også dagens transportmodeller og medfører økt behov for mer detaljerte data. TØI publiserte i desember 2020 en litteraturstudie på State of the Art for framtidens godstransportmodeller (Mjøsund, Pinchasik og Hovi, 2021). Gjennomgangen viste at utviklingen av godstransportmodeller internasjonalt i stor grad er styrt av tilgjengeligheten til data om varestrømmer og kjøretøybevegelser.

En gjennomgang av dagens datagrunnlag om godstransport viser at de viktigste datautfordringene er manglende konsistent på tvers av transportformer, utvalgsundersøkelser som har høy oppgavebyrde og forenklet rapportering av turer (varebilundersøkelsen) og distribusjonsruter (lastebilundersøkelsen) og at det kan ta lang tid fra innsamling til publisering. Tidsdimensjon er heller ikke mulig å rapportere i utvalgsundersøkelser fordi det vil gi store følger for oppgavebyrden.

Vi finner at det store tilfanget av data som genereres i forbindelse med hvert transportoppdrag genererer store muligheter for framtidig datafangst. Dette gjelder både data for transportmodellering, men også forenklet rapportering av data til SSB, og kan konkretiseres til ERP-systemer (varestrømmer), foretakenes fagsystemer (varestrømmer med kobling til kjøretøy ut fra planlagt/faktisk aktivitet), elektroniske fraktbrev (varestrømmer med kobling til kjøretøy), transportstyringssystemer (TMS) (varestrømmer med sporing underveis i leveringskjeden) og smarte fartsskrivere (GPS-data og informasjon om sjåføren stopper for lasting/lossing, hvile, eller andre aktiviteter).

Behov for videre arbeid

Den største utfordringen i elektronisk datafangst er eierskap til data. En transportør frakter varer for andre bedrifter og det er derfor viktig at data aidentifiseres før rapportering. Problemstillingen blir enda viktigere ved datafangst fra TMS-leverandører, som kan være en svært effektiv datafangst til erstatning for SSBs varestrømsundersøkelse. Det gjenstår videre metodiske utfordringer knyttet til kvantifisering av totalpopulasjonen når denne er ukjent.

GPS-data gir et rikt datatilfang, men må prosesseres for å gi informasjon om godsaktiviteter. Vi har også erfart gjennom prosjektet at det er utfordringer med datatilgang (transportøren må både ha aktive abonnement og være villig til å dele data). GPS-data gir i seg selv en problematikk som er knyttet til GDPR. Vår oppfatning er likevel at dette er mer hypotetisk enn reelt og at det kun er mulig å spore sjåføren dersom sjåføren eier bilen selv og parkerer bilen regelmessig på egen eiendom. Vi har ikke gjort noen forsøk på å undersøke i hvilken grad dette er tilfelle i dette prosjektet.

Med digitale fartsskrivere vil det potensielt være mulig med GPS-data uavhengig av at transportøren har aktive abonnementer på flåtestyringsdata. Det vil også være mulig å samle data til en felles hub uavhengig av kjøretøymerke eller FMS-leverandør, f.eks. Statens vegvesen. Det vil videre være mulig å koble GPS-data med kjøretøyteknisk informasjon fra kjøretøyregisteret og næringskode via virksomhetsnummer i kjøretøyregisteret. Dette åpner for et skille mellom transportbedrifter og egentransportører og hvilken næring sistnevnte opererer for.

Summary

Logistics, costs and environment

TØI Report 1861/2021

Authors: Inger Beate Hovi, Christian S. Mjosund, Eirill Bø, Daniel Ruben Pinchasik og Stein Erik Grønland
Oslo 2021 90 pages Norwegian

The LIMCO-project's objective has been to generate new knowledge and innovations towards smarter logistics management and transport planning, more sustainable business models for Norwegian transport/logistics firms, and efficient ways of utilizing new data sources. Through two capturing solutions for vehicle data and extensive collaboration with participating firms, we performed a range of analyses on four themes: Driving behavior, fuel consumption and environment, vehicle movements and transport costs. The project has yielded methodological progress on converting GPS-data to useful information on trips and loading/unloading stops. Also insights in cost drivers of transport has been improved, through firm-specific analyses of cost and environmental effects of alternative logistics organization and service levels. The project further assessed eco-driving's potential for emission reductions. Insights from the LIMCO-project provide a basis for new logistics solutions, improved understanding of freight transport's complex needs and activities in cities, and for improving important inputs to the National Freight Model.

Background and objectives

Developments within digitalization, logistics software, ERP platforms (Enterprise Resource Management) and sensors on board freight vehicles have increased the amount of data on transport and logistics to new levels. Despite increased data generation, there still exists an untapped potential in terms of utilization of these data for transport planning and optimization, not least because the data are rarely utilized more than superficially and because data are rarely available for research and public planning.

Through the LIMCO project, we established an extensive collaboration with industrial partners and several major transport companies, transport buyers, partner organizations and BI Norwegian Business School to ensure access to data and to perform relevant analyses with scientific relevance. The project's objective has been to generate new knowledge and innovations that can contribute to smarter logistics management and transport planning, more sustainable business models for Norwegian transport and logistics firms, and increased knowledge on utilizing new types of data in efficient ways.

Data capture

Within the project, two dedicated data capture solutions for vehicle data were established. The first solution is based on factory-installed Fleet Management System (FMS)-APIs, while the second is based on a fleet management system using physically installed hardware on-board of the vehicles. For both solutions, data capture consists of two parts: 1) Data for driving behavior and fuel consumption and 2) GPS-data for every vehicle. Data capture started in January 2019 and has increased throughout the project's life. The database includes close to 250 million positions from around 1650 trucks and 200 vans, distributed among 22 transport firms of different sizes and serving different transport segments.

Data

Both data capture solutions generate information on fuel consumption, mileages, operation times, time spent empty running, and driving behavior. Driving behavior is measured through variables such as coasting (the extent to which drivers utilize the vehicle's mass for saving fuel), use of cruise control, over-speeding (the share of time that vehicles are driven at a higher speed than a threshold defined for trucks), braking behavior, etc. The GPS-data contain time-specific location data. Towards the end of the project, one of the data capture solutions also started logging dynamic vehicle weight (total weight) and axle load on the front and back axles of both truck and trailer, alongside GPS-positions - for a small number of vehicles. Further technical vehicle data were added to the dataset for all vehicles.

Time resolution

Frequency of the GPS data varies between the data capture solutions and between vehicle brands, and usually has a frequency of one observation every 1-2 minutes, and up to one observation every 15th minute. In several periods during the project, there were some challenges related to the frequency of GPS observations falling considerably. This illustrates that the reliability of location data from vehicle manufacturers can be an issue, both if the data is relied on as basis for detailed analyses for firms, and when data is used towards the generation of official statistics. In this context, we also performed a number of comparisons with official statistics from Statistics Norway.

Methodological framework

The project's methodological framework can be divided into four elements: Driving behavior and fuel consumption; Environment; Vehicle movements and Transport Costs.

Driving behavior

Fuel consumption is dependent on many factors, most of which are beyond the direct control of the transporter. A factor that can be controlled more directly and relatively quickly, and which also significantly influences fuel consumption, is driving behavior, here defined as the driver's operation of the vehicle while driving. Driving can be divided into three phases: acceleration, cruising and braking. During each of these phases, the vehicle's fuel consumption can be influenced, and the objective of eco-driving is to achieve the highest possible efficiency (movement) with the lowest fuel consumption possible. Eco-driving theory provides a number of insights on concrete improvements on different driving factors that can contribute to lower fuel consumption.

Vehicle movements

An important task in the project has been to develop methodology for converting GPS-location data into trips and stop observations. Building on existing methodology from international, we developed improved methods for conversion that are better suited for urban distribution transport with vans and trucks. We further validated our methodology against a smaller selection of reports to Statistics Norway's survey of trucks. This work has formed the basis for several analyses, both more general ones and firm-specific ones.

Environment

We performed a number of analyses on fuel consumption, noting that this is useful input both in cost models for specific firms and more generic cost models used towards the National Freight Model for Norway. A challenge in this regard is that data do not yield information on the load that vehicles have on board, and how this influences fuel consumption. The data nevertheless provide a good basis for estimates on how fuel consumption varies with daily mileage, engine size, number of axles, the vehicle's max. allowed gross weight, etc., as averages for different vehicle sizes. We have also looked into differences in fuel consumption depending on where vehicles drive geographically. In all, the data provide information that we previously lacked for Norwegian freight transport.

Vi defined a general rule for calculating CO₂-emissions based on fuel consumption in litre per km. We further compiled values for average fuel consumption, differentiating between transport segments, vehicle categories, engine sizes, number of axles, whether vehicles are equipped with fourwheeldrive, and daily mileage, based on real-world driving in Norway, for trucks included in our data capture. These values can be used by firms as a basis for reporting the environmental footprint of their transports, when fuel consumption is otherwise unknown to them, e.g. because transport services are bought from subcontractors.

Transport costs

We have developed firm-specific cost models based on ownership costs and use patterns for specific trucks. These models can be used for analyses of cost and environmental effects of alternative logistics schemes and service levels provided to customers (see dedicated paragraph). Data needs for such models are large and the quality of input data is crucial for results. Data collected within the project has amongst others yielded information on fuel consumption at a detailed level, and detailed insights into trip- and stop activities and their time use, noting that time use constitutes an important cost driver both through driver wages and capital costs. Our models for transport costs allow many interesting simulation, a few of which are discussed in later paragraphs.

Alongside the development of firm-specific cost models, we have worked on developing more generic cost models based on the [framework developed towards the National Freight Model for Norway \(NFM\)](#). These are cost models that in addition to a number of road vehicle types also cover several sub-segments for rail, sea and air transport. The framework, combined with GPS and driving behavior parameters from a large number of vehicles, allows improving the models based on real-life vehicle use, time spent on loading and unloading processes, and fuel consumption for different vehicle categories. The objective is to develop a better basis for fuel consumption, annual mileages and time spent in operation for different vehicle types. Further, the material can be used to analyze geographic variation in these factors. Data collected in the project have proven useful for updates of the cost model for several vehicle types, particularly for revising fuel consumption parameters in the latest version of cost models for the NFM.

Insights and results

GPS data were a new source of information for the participating firms. Feedback from these firms indicates that the project's analyses are interesting because they provide insights in cost drivers for transport operations, such as loading-/unloading times at different locations, driving times and trip statistics at route level.

In order for cost models to provide the best possible representation of transport costs, it is important that data on cost drivers build on a representative factual basis. An advantage of truck data is that they provide objective information on the amount of transport and that data are collected automatically as long as there is an active subscription through fleet management system (including GPS data). This is to say that inputs to cost models can easily be updated to newer periods, without a need for new surveys or large scale data collection. The data and cost models could further become central elements in initiatives towards continuous improvements of transport. Data can make visible areas with a potential for improvement, help design (corrective) measures, as well as allow for calculating cost effects of measures.

Environmental effects of improved driving behavior

Within the project, a mini-pilot was carried out to assess cost and environmental effects of improved driving behavior. Longer-term effects were studied and results published through a scientific article in *Energy Research & Social Science* (Pinchasik et al., 2021). Our results indicate that a course in eco-driving, combined with active follow-ups and non-monetary rewards can yield more effective driving behavior among truck drivers. We find significant and considerable fuel savings, which we estimate to 5.2-9%. In line with previous studies, we find large variations between drivers and indications of a learning curve: effects occur quickly and increase before reaching a peak. Contrary to previous findings, we find that effects do not significantly fall or disappear over time. This indicates that following up an eco-driving course with additional measures might contribute to strengthening its effect.

Of four factors that represent eco-driving strategies, we find that improvements in motor and gear handling yield the largest fuel savings potential, followed by improvements in speed and traffic management (use of cruise control and avoiding over-speeding).

Consistent with previous studies, we find that fuel consumption is significantly lower at higher temperatures and significantly higher with more precipitation. Some observations from our study further suggest that it takes relatively little for minor but non-negligible fuel savings to be achieved.

Vehicle movements

Following development of a method for tracking vehicle movements, we performed a number of analyses on stops for loading and unloading in urban areas, stops for mandatory resting and parking of vehicles, and for identifying locations of stops. We further worked on linking trips and routes and with analyses of route choice, while data were also used in firm-specific analyses.

Overall, we find that loading and unloading stops over the day are distributed rather similarly for different transport segments, but also identify some differences. For example, a larger share of construction transports has loading/unloading activities taking place in the morning and mid-day than other transport segments. For transport of construction materials and foodstuff, the share of stops in the late afternoon and evening is relatively large compared to other transport segments. For urban areas we performed analyses of where trucks and vans stop for loading and unloading, and how much time such activities take in respectively central, and less central city areas. This provides insights both for firms carrying out these transports and for planning purposes, and we find noteworthy differences between Norway's largest cities.

In addition to loading and unloading times, GPS data are also a source of information on where and when drivers take their mandatory breaks. Information on time and location for such stops can provide important insights, e.g. for planning of where to establish fast

charging infrastructure for electric trucks. Results show that resting stops take place throughout the day with a peak between 1 PM and 4 PM, and that the distribution of resting stops is similar between different days of the week, with some exceptions. Further, we find a clear pattern showing that most trucks are parked for the night some time during the afternoon or evening, with a peak between 7 PM and 9 PM. This pattern is similar for most weekdays.

For participating firms, we further carried out analyses for identifying locations for truck stops. This has, amongst others, provided input in firm-specific analyses.

Weight data

As previously mentioned, sensor data on weight load first became available towards the end of the project period and only for a small sample of vehicles. Analyses that we performed indicate that there are currently still considerable data challenges, and that even given data with good quality, it will be necessary to perform several challenging steps and to develop ways to systemize utilization of these data and for distinguishing between data of good or poor quality.

Examples of applications

Our work has provided important insights into the balance between service level (e.g. how often cargo is picked up, when, and in what volumes) and costs. The analyses also provide insight into ‘fixed’ and ‘variable’ costs for various transport activities and revealed that pick-ups of return cargo often take place even when volumes are below the minimum that is specified. One applied example includes analyses of the importance of return cargo volumes from both a cost and CO₂-emissions perspective. An interesting finding is that minimum pick-up volumes required to make pick-ups worthwhile economically, differ from minimum volumes required from an environmental perspective.

Moreover, we have carried out methodological development in order to provide a better basis for identifying bottlenecks in logistics operations. Insights in such bottlenecks help firms define more targeted improvement strategies. Through a user case, we have further linked GPS data to order data (deliveries). Even though data quality issues make it challenging to perform such linkages for individual shipments, these efforts illustrate areas with potential for improvement, measures that should be performed, and how cost effects of such measures can be measured.

In the project we have looked at how GPS data can be processed and operationalized in order to yield information on freight activities in urban areas, at a more detailed level than traffic counts can provide, and more frequently and cost-effectively than traditional observational studies. For example, there is a need for more detailed information on delivery and pick-up activities in urban areas. Examples include where these activities take place, how much time loading and unloading operations take, and how user patterns can change over time as a consequence of changes in e.g. infrastructure, traffic situations, transport demand or policy measures.

To develop good insight into city logistics, there is also a need for information on the types and volumes of freight that transports carry. GPS data do not provide such information. This means that other sources of information are required, but these are either not available today, or linking them to GPS data is challenging.

Regarding the potential for integrating vehicle data with data from ERP platforms (Enterprise Resource Planning), we have assessed today’s possibilities and challenges, as well as expectations for the future. Today, such integration faces considerable barriers. This

is also concluded from our attempt to link shipment data and vehicle data based on information on time and location. We developed methodology for identifying trips that with a high level of probability match vehicle and shipment data. However, this methodology should be improved to exclude trips with very few stops, while we are also in need of methodology that is more accurate for such trips.

Needs for more detailed data

Transport models that Norwegian transport authorities use for planning entail high demands to input data. Because increases in freight transport and specifically in city logistics require improvements in transport models, also this increases the need for more detailed information. In December 2020, TØI published a literature study on the [State of the art for future transport models \(Mjøsund, Pinchasik and Hovi, 2021\)](#). This review showed that development of freight transport models internationally to a large degree is driven by access to data on commodity flows and vehicle movements.

A review of freight transport data available today shows that the main data challenges are lacking consistency across transport modes, that survey studies entail a high reporting burden, and that reporting is simplified (and thereby less detailed) for trips (the survey for light goods vehicles) and for distribution rounds (survey of trucks). It can further take a long time between data collection and publication. Moreover, reports on a time dimension largely lack from survey studies, as this would considerably increase their reporting burden.

We find that the large amount of data that is generated with each transport assignment yields large possibilities for future data collection. This applies both to data that could be used towards transport modelling, but also with regard to reducing the burden of reporting to Statistics Norway. Concrete examples include data from ERP systems (freight flows), systems used by firms (freight flows and linkages to vehicles based on planned/actual activity), electronic freight documents (freight flows with linkage to vehicle), transport management systems (TMS) (freight flows with tracking throughout the supply chain) and smart tachographs (GPS data and information on whether a driver stops for loading/unloading, to take a break, or other activities).

Need for future work

The main challenge with electronic data capture is the ownership of data. Transport firms carry freight for other firms, making it important that data are anonymized before they are reported. This issue is particularly important when data are captured from TMS suppliers. Such TMS data could be a very effective alternative to current practice for Statistics Norway's commodity flow survey. Another (methodological) challenge is related to the quantification of the total population, when the total population is unknown.

GPS data provide a rich source of information, but have to be processed to yield information on information on freight activities. Through the project, we also experienced that there are challenges related to access to data (transporters need to have both active subscriptions and be willing to share data). Use of GPS data may further give rise to privacy concerns. However, we conclude that these concerns are more of a hypothetical nature than that they constitute a real problem, as it will only be possible to track drivers who own a vehicle themselves and who regularly park their vehicle on their own property. Within the current project, no attempts were made to investigate the degree to which this is the case.

Digital tachographs could potentially make it possible to gain access to GPS data, independently of whether truck owners have active subscriptions through the supplier of their fleet management systems. It is also a possibility that owners/managers of data (e.g. the Norwegian Road Transport Authority) can link GPS data with technical vehicle data from the vehicle registry, and to industries by using the firm's registration number. This would allow distinguishing between transport firms and firms carrying out their own transports.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I de senere år har transportsektoren opplevd en omveltning i form av nye digitale datakilder. LIMCO-prosjektet har hatt som hovedformål å bidra til kunnskap om hvordan man kan bidra til å øke effektiviteten og redusere miljøpåvirkningen fra godstransport med lastebiler. I prosjektet har vi ved å utnytte data fra sensorer installert i lastebiler, og å kombinere dette med data fra logistikk- og ressursstyringssystemer i bedriftene, skapt ny innsikt i gods-transportsektoren. For å få til dette har det vært nødvendig med et utstrakt samarbeid med noen større transportbedrifter og transportkjøpere, og dermed fått tilgang til anonymiserte data fra flåtestyringssystemer i lastebiler, men også sendingsdata. Vår industrielle partner Cognia Technologies har vært ansvarlig for datafangsten fra det fabrikkmonterte FMS¹-APIet i lastebiler, men i tillegg har vi samarbeidet med AddSecure som har tilrettelagt for datafangst basert på deres FMS-system som er basert på en fysisk installert hardware i kjøretøyene til to av deltakerbedriftene.

Noen av samarbeidspartnere har høy automatiseringsgrad, mens andre bedrifter har lavere grad av automatisering og derfor et læringsbehov for utnyttelse av digital informasjon. Vår samarbeidsbedrift, SAP, har bidratt i prosjektet med sin erfaring og ekspertise knyttet til å kombinere, lagre, prosessere og utnytte store datamengder fra bedrifters ERP-systemer.

Ved å kombinere data fra lastebiler, bedrifter og offentlige tilgjengelige data har vi søkt å besvare en rekke forskningsspørsmål, som for eksempel: 1) Hvordan påvirkes miljøet av lastebiltransporten? 2) Er det mulig å planlegge logistikken i byer bedre? 3) Kan man redusere belastningen i rapportering til myndigheter for dagens transport- og logistikkbedrifter ved å bruke ulike former for nye datakilder mer effektivt?

Prosjektet hadde formell oppstart i august i 2018. En utfordring vi ikke hadde forutsett da prosjektet startet, var at datafangst av sporings- og sensordata fra kjøretøyene krever at bedriftene må ha aktive abonnementer fra kjøretøyleverandørene. Andre utfordringer var knyttet til at sensordataene i APIet til kjøretøyene ikke inneholdt informasjon om kjøretøys totalvekt eller om lastvekten ombord. Det siste ble et mer kritisk punkt, men mot slutten av prosjektet åpnet Volvo APIet for dynamisk totalvekt, samt akselvekt på hhv. fram- og bakaksel både på kjøretøy og tilhenger. Vi har derfor også inkludert en liten analyse av disse dataene og oppsummert erfaringene i denne rapporten.

Parallelt med å samle data fra lastebilene har vi utarbeidet kostnadskalkyler for utvalgte transportopplegg hos transportbrukerne i prosjektet. Det har vært et poeng å integrere kostnadsmodellene med datafangsten i prosjektet. Dette for å få et verktøy som er forankret i reelle logistikkopplegg. Modellene har både generiske og et bedriftsspesifikke anvendelsesområder, og gir på et bedriftsspesifikt nivå grunnlag for å identifisere forbedringspunkter i logistikken.

Videre har det i prosjektet vært et samarbeid med Handelshøyskolen BI. Dette har vært populært blant studentene og har resultert i to masteroppgaver og ikke mindre enn ni

¹ FMS: Fleet Management System. Se kapittel 3 for mer detaljer.

bacheloroppgaver innenfor fagretningen logistikkledelse. Alle oppgaver er enten skrevet i samarbeid med deltakerbedriftene og/eller basert på analyse av data innsamlet i prosjektet. SSB har vært med som en forskningspartner i prosjektet. Formålet har vært å finne løsninger for hvordan dagens skjemabaserte løsninger for innsamling av data fra bedrifter og transportører kan erstattes med elektronisk datafangst og med det bidra til mer og bedre data for forskning og planlegging, samtidig som rapporteringsbyrden i bedriftene reduseres. I prosjektet er det skrevet tre artikler som er levert til fagfellevurdering i internasjonale tidsskrift, i tillegg til at det er presentert to papere på vitenskapelige konferanser. En av artiklene er publisert når denne rapporten publiseres, mens to av artiklene fortsatt var i review. Vi har imidlertid oppsummert noen av hovedfunnene i denne rapporten. Det gjelder langtidseffekter av føreropplæring (kapittel 4.1 og 5.2), metode for måling av stopptider (6.3) og grunnlag for nye bylogistikk-løsninger (7.3) og arbeid med kontinuerlig forbedring i bedriftene (7.2). I tillegg var datafangstløsningen og elektronisk datafangst som grunnlag for statistikkproduksjon tema for et paper presentert på en konferanse om intelligent datafangst.

1.2 Formål med rapporten

Formålet med denne rapporten har i hovedsak vært å oppsummere erfaringer vi har gjort oss underveis i prosjektarbeidet med ulike former for data som vi har hatt tilgang til i prosjektet, hvilke metodiske utfordringer det har vært å jobbe med disse og hvilket informasjonsgrunnlag de gir. Herunder har vi oppsummert eksempler på anvendelser og hvilke data som kan kobles sammen og dermed gi merverdi til analyser.

Forskningsspørsmålene i prosjektet er mer direkte besvart gjennom fire artikler som enten er presentert på internasjonal forskerkonferanser, publisert eller sendt til review til internasjonale tidsskrift. De viktigste hovedfunnene fra disse artiklene er oppsummert i denne rapporten. Det primære formålet med rapporten er likevel å dele de erfaringer vi har gjort oss underveis i arbeidet, samt å belyse analysemulighetene som ligger i datatilfanget.

1.3 Rapportstruktur

Rapporten er organisert som følger: Kapittel 2 gir en introduksjon til LIMCO-prosjektet, deltakerbedrifter, forskningsspørsmål og studentoppgavene som er utført i prosjektet. Datafangstløsningen, rekruttering av transportbedrifter og datainnhold er beskrevet i kapittel 3. Det metodiske rammeverket som analysearbeidet er basert på er presentert i kapittel 4. Kapittel 5 presenterer endogene og eksogene drivere for drivstofforbruk, i hvilken grad kjøreadferden påvirker drivstofforbruket og hvordan drivstofforbruket varierer avhengig av kjøretøytekniske spesifikasjoner. I kapittel 6 har vi fokus på hvordan GPS-data kan transformeres til utkjørt distanse, måling av stopptider, kopling mot sendingsdata og til å studere rutevalg. Kapittel 7 illustrerer ulike eksempler på anvendelse av dataene, men vi i kapittel 8 diskuterer potensiale for integrering av bedrifters ressursplanleggingssystemer (ERP-system) med kjøretøydata. Kapittel 9 har fokus på elektronisk datafangst som grunnlag for statistikkproduksjon, mens vi i kapittel 10 oppsummerer de viktigste erfaringene vi har gjort oss underveis i prosjektet.

2 LIMCO-prosjektet

2.1 Bakgrunn og formål

Utviklingen innen digitalisering, programvaresystemer for logistikk og ERP-plattformer har løftet mengden data om transport og logistikk til et nytt nivå. Likevel, og til tross for økt datagenerering, gjenstår et uutnyttet potensiale med hensyn til utnyttelse av disse dataene for transportplanlegging og -optimalisering. Disse dataene holdes normalt bedriftsinternt, og er derfor ikke offentlig tilgjengelige for forskningsformål. Hovedmålet til dette prosjektet har vært å skape ny innsikt i godstransportsektoren ved å utnytte data fra sensorer installert i lastebiler og kombinert dette med data om logistikk- og transportorganisering. Vi har etablert et nært samarbeid mellom ulike transport- og logistikkfirmaer for å sikre tilgang til data og både vitenskapelig og kommersiell relevans av prosjektet. Ved å analysere data fra sensorer installert i tunge lastebiler, kombinert med data fra logistikksystemer, har prosjektet hatt som formål å generere ny kunnskap og innovasjoner som vil bidra til smartere logistikkstyring og transportplanlegging, mer bærekraftige forretningsmodeller for norske transport- og logistikkbedrifter og økt kunnskap om hvordan man kan utnytte nye typer data på en effektiv måte.

Moderne lastebiler er utstyrt med sensorer som brukes til flåtestyring. Dette inkluderer data om kjøreatferd, drivstofforbruk, utslipp, geografi og ruter osv. Tidligere studier har analysert slike data på flere utfallsvariabler, som transporteffektivitet og planlegging (se f.eks. Fu og Jenelius, 2017), drivstofforbruk (f.eks. Walnum, 2015; Westhuizen og Hoffman, 2016; Svensson og Fjeld, 2016) og vedlikeholdskrav (Prytz et al., 2013). De fleste av disse studiene er basert på data fra ombordsystemer i lastebiler og kombinerer i liten grad slike data med data fra andre systemer, for eksempel programvare for logistikkplanlegging og/eller fagsystemene i logistikk- og transportbedrifter. Å inkludere slike data vil gi et mer fullstendig bilde av hvordan transport- og logistikkoperasjoner påvirker f.eks. utslipp fra tunge lastebiler. En relatert begrensning er at mesteparten av den eksisterende litteraturen vanligvis involverer enten leverandører av transporttjenester, kjøpere av transporttjenester eller produsenter av lastebiler, men ikke informasjon fra alle tre kildene samlet. Mange studier er dessuten basert på operasjoner fra noen få kjøretøy eller små flåter av kjøretøy, noe som forårsaker eksterne validitetsutfordringer.

Gjennom samarbeid med lastebiltransportører og leverandører av flåtestyringssystemer har vi hatt en pågående datafangst fra lastebiler i prosjektet siden våren 2019. Videre har vi gjennom samarbeid med bedrifter hatt tilgang til ordredata. Mens noen av bedriftene har høy automatiseringsgrad og digitale data på dette er det andre som har lav grad av automatisering.

Delmål i prosjektet har vært å:

- Forbedre effektiviteten i transport- og logistikkbansjen ved å forbedre metodene for innsamling, prosessering og sammenslåing av data fra flere digitale kilder. Dette inkluderer å undersøke hvordan data fra én digital kilde kan brukes til flere formål (innenfor selskapet, innenfor verdikjeden og for rapportering til nasjonale myndigheter) uten å registrere data flere ganger.
- Undersøke om og hvordan nye typer data, som data fra ombordsystemer, kan bidra til mer effektiv rapportering til SSB. Videre har vi undersøkt hvordan nye typer data

kan kombineres med eksisterende registerdata fra Statens vegvesen og SSB, med mål om å forbedre kunnskapsgrunnlaget for offentlig planlegging.

- Bruke nye data fra våre industrielle partnere for å gi kvantitative estimater på hvordan endringer i logistikksystem og kjøreadferd påvirker transportkostnader og utslipp og kvantifisere innsparingspotensialet i kostnader og CO₂-utslipp.

2.2 Forskningsspørsmål

Det sentrale arbeidet i prosjektet har hatt fokus på å svare ut en rekke forskningsspørsmål. Eksempler på spørsmål som er søkt besvart gjennom prosjektarbeidet er:

1. I hvilken grad påvirker kundekrav og logistikkutforming kostnader og miljø?
2. Hvordan påvirker kundekrav og leveringstidspunkt transportørens kostnader og utslippet ved transporten?
3. Hvordan påvirkes kostnader og miljø av det geografiske området transporten utføres i?
4. Hvordan kan kjøretøydata gi økt kunnskap om miljø- og kostnadseffekter av flaskehalser i transport- og logistikkfunksjoner?
5. Hvordan kan kjøretøydata måle og forbedre sjåførenes adferd?
6. Hvordan kan synliggjøring av kjøretøydata bidra til mer effektive distribusjonsløsninger i by?
7. Kan nye kjøretøydata gi bedre grunnlag for planlegging?

Forskningsspørsmålene er belyst gjennom fire artikler, der to av artiklene fortsatt er i review når denne rapporten publiseres:

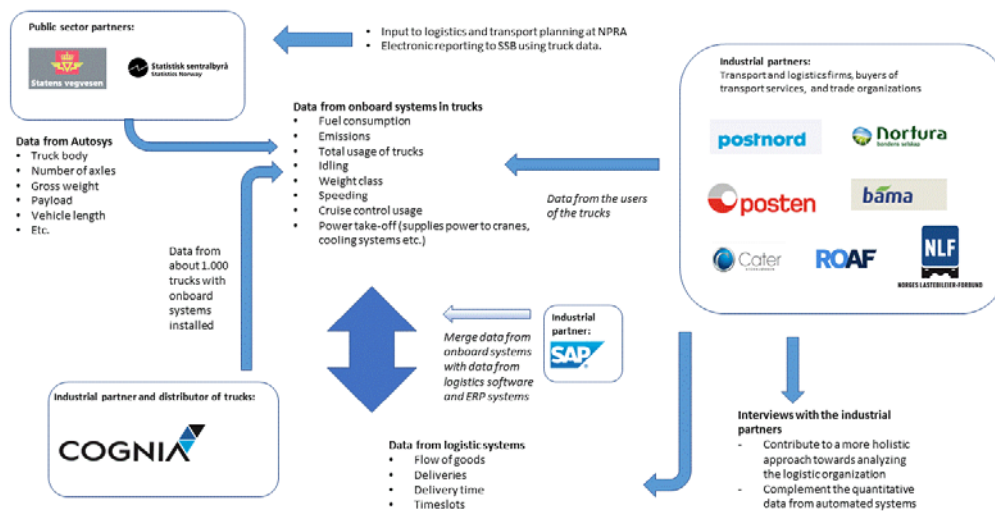
- Bø, E. and Mjøsund, C.S. (2021). "Use of GPS-data to improve transport solutions in a cost and environmental perspective". In review in *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives (TRIP) Journal* (submitted for second review in September 2021).
- Hovi, I.B., Mjøsund, C.S., Pinchasik, D. R. and Grønland, S.E. (2020). *Smart data capture to reduce reporting burden, increase data quality in national truck surveys, and increase analysis capability*. Paper presented at IEEE Xplore, Delft, Netherlands, 3-5 November 2020.
- Mjøsund, C.S. and Hovi, I.B. (2021). «Using GPS-data to map freight vehicle movements in urban areas. Logging in-vehicle data from 1400 Norwegian Vehicles». In review in *Transportation Business and Management* (submitted 2th November 2021).
- Pinchasik, D.R., I.B. Hovi, E. Bø and C.S. Mjøsund (2021). «[Can active follow-ups and carrots make eco-driving stick? Findings from a controlled experiment among truck drivers in Norway](#)». *Energy Research & Social Science*, Volume 75, May 2021 102007.

Vi har gjennom denne rapporten oppsummert det metodiske arbeidet og noen av hovedkonklusjonene fra disse artiklene. Det primære formålet med rapporten er likevel å dele de erfaringer vi har gjort oss underveis i arbeidet, samt å belyse analysemulighetene som ligger i datatilfanget.

2.3 Deltakerbedrifter

Prosjektet har vært organisert som et kompetanseprosjekt for næringslivet, finansiert av Norges forskningsråd og delfinansiert gjennom Bylogistikkprogrammet i Statens vegvesen og av Nortura SA. Sitma AS og SSB har deltatt som forskningspartnere, mens følgende

bedriftspartnere har fulgt prosjektet i ulik grad gjennom prosjektperioden: Cognia, Norges Lastebileierforbund, Bama, Nortura, Cater, Postnord, Posten Bring, Romerike Avfallsforedling (ROAF) og SAP. I prosjektet har vi samlet data enten direkte fra disse transportørene eller fra deres transportørene til transportbrukerne. I tillegg har prosjektet hatt assosierte bedriftsdeltakere der Add Secure har muliggjort datafangst for to av transportørene. Videre har vi gjennom Norges Lastebileierforbund rekruttert 14 lastebilbedrifter, noe som har muliggjort en vellykket datafangst fra i alt 22 transportbedrifter i prosjektet, noe som er illustrert i figur 2.1.



Figur 2.1: Oversikt over datatilgjengelighet gjennom forsknings- og industripartnere.

2.4 Studentoppgaver

Prosjektet har videre samarbeidet med Handelshøyskolen BI der studenter som tar fordypning innen logistikkfaget på både bachelor- og masternivå har fått tilbud om å delta ved å løse ulike problemstillinger. Dette har vært populært og det har resultert i to masteroppgaver og ni bacheloroppgaver.

2.4.1 Masteroppgaver levert innenfor prosjektet

Problemstillingene for de to masteroppgavene var følgende:

1. Hva er den beste distribusjonskanalen for korttidsholdbare produkter i et distribusjonsnettverk?
2. I hvilken grad kan sensordata og flåtestyringssystemer bli utnyttet til å måle og forbedre kjøreadferd og hvilken effekt har det på transportkostnader og CO₂ utslipp?

Konklusjon i hver av masteroppgavene er kort oppsummert i det følgende:

Hva er den beste distribusjonskanalen for korttidsholdbare produkter i et distribusjonsnettverk?

I denne oppgaven undersøker studentene et distribusjonsnettverk for import av frukt og grønt fra Spania til Norge. Målet med oppgaven var å finne den beste distribusjonskanalen for de korttidsholdbare produktene fra leverandør til forhandler. For å løse forskningsspørsmålet utviklet de en optimaliseringsmodell som ble løst ved hjelp av [CPLEX](#).

Analysen belyste valg av distribusjonskanal etter fem kriterier;

- Når skal produktene sendes direkte?
- Når skal produktene føres gjennom et lager?
- Når skal produktene føres gjennom et lager nærmere leverandørene?
- Når skal produktene føres gjennom et lager nærmere kundene?
- Hvordan påvirker sesong valg av distribusjonskanal?

Konklusjonen viser en besparelse på 6% i de totale transportkostnader ved bruk av en miks av forskjellige distribusjonsoppsett med nav i både Spania og Norge med direkte leveranser.

I hvilken grad kan sensordata fra tyngre kjøretøy og flåtestyringssystemer utnyttes for å måle og forbedre kjøreadferd og hvilken effekt har det på transportkostnader og CO₂-utslipp?

Tunge kjøretøy er utstyrt med en rekke sensorer som samler inn data om kjøreadferd og drivstofforbruk. Forbedret kjøreadferd genererer redusert drivstofforbruk og derigjennom reduksjon i transportkostnader og forurensende utslipp. Målet med denne oppgaven var å undersøke i hvilken grad sensordata fra tunge kjøretøy og flåtestyringssystemer kan brukes til å måle og forbedre kjøreadferd, samt for å studere hvordan kjøreadferd påvirker transportkostnader og CO₂-utslipp. Oppgaven ble basert på en casestudie. Casestudien er utformet som et randomisert kontrollert eksperiment med det formål å måle effekten av aktiv oppfølging av kjøreadferd.

I løpet av casestudien oppdaget studentene flere effekter av forbedret kjøreadferd. Funn fra casestudien indikerer at parameteren tomgangskjøring ikke er avhengig av ruten, men snarere av kjøreadferd. Studentene fant at en endring i tomgangstid fra 22% til ønsket 5% av den totale driftstiden utgjør et besparelespotensial på 2,3 millioner kroner per år. Når det gjelder utslipp, reduserte et valgt kjøretøy i studien sine CO₂-nivåer med 22-25% på fem måneder gjennom forbedret kjøreadferd.

2.4.2 Bacheloroppgaver levert innenfor prosjektet

Problemstillingene i de ni bacheloroppgavene i prosjektet har vært:

1. Hva er langtidseffekten av opplæring i økonomisk kjøring, og hvordan kan man tilrettelegge for dette?
2. Hvilke effekter gir en høy sjåførscore i form av redusert drivstofforbruk- og CO₂-utslipp og hva blir den økonomiske gevinsten for bedriftene om de evner å forbedre kjøreadferden?
3. Hvilke miljø- og kostnadseffekter vil en nedsatt fartssperre fra 90 km/t til 83 km/t ha for en transportør?
4. Hvilke konsekvenser og risiko står Nortura ovenfor ved å endre prisformatet på transport av dyr fra "pris per dyr" til "pris per kilometer"?
5. Hvilke miljø- og kostnadsmessige konsekvenser vil en overgang til en nedgravd løsning ha for Romerike avfallsforedling (ROAF)?

6. Fordeling av transportkostnader: En modell for fordeling av kostnader ved samlast, applisert på Nortura Harstad
7. Hvordan samsvarer transportørens kostnader med prisen transportkjøper betaler for transporten, og hvordan påvirker endringer i kostnadsdrivere prisen?
8. Hvordan påvirker krav til avtalt leveringstid transportkostnader?
9. Hvilken kostnadsmessig effekt vil kunne oppnås ved å endre fra faste til dynamiske ruter?

Konklusjon i hver av bacheloroppgavene oppsummeres kort i det følgende.

Hva er langtidseffekten av føreropplæring i økonomisk kjøring, og hvordan kan man tilrettelegge for dette?

Formålet med oppgaven var å undersøke om PostNord kan oppnå besparelser, herunder CO₂-utslipp og drivstoffbesparelser ved å avholde kurs i økonomisk kjøring, og i tillegg undersøke om opplæring av sjåfører fører til langtidseffekter. Den didaktiske relasjonsmodellen ble benyttet som rammeverk gjennom oppgaven. Modellen består av seks faktorer som er gjensidig avhengige av hverandre, og følgende ble inkludert fra modellen; læringskurven, økonomisk kjøring, kjøreadferd, miljø, endringsledelse og kontrollorientert- og forpliktelsesbasert HR.

Det ble benyttet en kvalitativ metode med deskriptivt design i spørreundersøkelsen utsendt til sjåførene, og studentene utførte kvantitative analyser av kjøreadferdsparametere fra Linx-plattformen. Studentene utførte i tillegg individuelle intervju med et eksplorativt design for å kunne samle informasjon og forstå PostNords nåsituasjon. I analysen utførte studentene tidsserieanalyser av drivstoffbesparelser, CO₂-utslipp, samt t-tester og en regresjonsanalyse. Funnene ble videre koblet opp mot faglitteratur. Resultatet av analysene som ble utført viser at det er langtidseffekter ved opplæring i økonomisk kjøring i form av bedre kjøreadferd, dypere forståelse av økonomisk kjøring og lavere drivstofforbruk og CO₂-utslipp.

Hvilke effekter gir en høy sjåførscore i form av redusert drivstofforbruk og CO₂ -utslipp og hva blir den økonomiske gevinsten for bedriftene om de evner å forbedre kjøreadferden?

I denne oppgaven undersøkes forskjeller i kjøreadferd mellom tre transportbedrifter og hvilke ringvirkninger en forbedring av kjøreadferden vil ha for hhv. bedriften og for samfunnet generelt. Data benyttet for å besvare problemstillingen, er kjøreadferdsdata fra flåtestyringssystemet Linx som utgjør sjåførenes totalscore, fra et utvalg biler fra Nortura, PostNord og Sandvik for perioden september og oktober 2019. Det er også innhentet data gjennom tre kvalitative dybdeintervjuer med en respondent fra hver av de respektive bedriftene med det formål om å forklare de underliggende faktorene av resultatene i data-settet.

I oppgaven er det utført regresjonsanalyser for å beregne sammenhengene. Gjennom analysene er det sett på hvilke ringvirkninger en forbedring av eksisterende sjåførscore har ført til i form av reduksjon i drivstofforbruk, kostnader og CO₂-utslipp. I analysen framkommer tydelige forskjeller i kjøreadferden til sjåførene i de ulike bedriftene og et potensiale for betydelige reduksjoner av drivstofforbruk, kostnader og CO₂-utslipp. For å synliggjøre dette er det gjort beregninger av reduksjoner av drivstofforbruk og kostnader brutt ned på hver enkelt bil i utvalget til bedriftene for så se hva den samme besparelsen utgjør i prosent av de totale transportkostnadene til bedriften. Funnene i analysen viste en drastisk drivstoffreduksjon på årsbasis på nivåer tilnærmet 68 tusen (Nortura), 25 tusen

(PostNord) og 19 tusen (Sandvik) liter diesel i året. Det vil kunne resultere i et redusert CO₂-utslipp på henholdsvis 69 og 183 tonn om PostNord og Nortura hadde hevet sjåførscoren tilsvarende nivået til sjåførene til Sandvik transport. Sandvik på sin side kan redusere CO₂-utslippet med 47 tonn om de klarer å heve den samlede sjåførscoren i bedriften fra et gjennomsnitt på 92 til 97, som er scoren til beste sjåfør. Potensialet for reduserte årlige drivstoffkostnader er estimert til 716 000 kr for Nortura, 272 000 kr for PostNord og 206 000 kr for Sandvik. Kvalitative dybdeintervjuer bidrar også til økt forklaring til hvorfor det er så signifikante forskjeller i kjøreadferden mellom de tre bedriftene.

Hvilke miljø- og kostnadsmessige konsekvenser vil en overgang til en nedgravd løsning ha for ROAF?

Romerike avfallsforedling IKS (ROAF) jobber med å iverksette nedgravde løsninger for avfallshåndtering. Formålet med bacheloroppgaven har vært å undersøke hvilke effekter denne endringen vil ha for innsamling og transport av avfallet for ROAF.

Metoden studentene har brukt for å besvare denne problemstillingen har vært å lage en testrute. Studentene har avgrenset analysen til transportdelen og dermed begrensede aspekter i verdikjeden. De har kalkulert kostnader, tider, sett på CO₂-utslipp og forsøkt å indikere en distansebesparelse ved denne omleggingen. De foretatte analysene viser til en kostnadsbesparelse på nær 30 %. Dette kommer frem gjennom effektivisering av tidsbruken som hadde en reduksjon på 38% ved omlegging til nedgravde løsninger.

Hvilke konsekvenser og risiko står Nortura ovenfor ved å endre prisformatet på transport av dyr fra "pris per dyr" til "pris per kilometer"?

Studentene utarbeidet en årskalkyle, og en oppdragskalkyle knyttet til prisformatene «pris per gris» og «pris per kilometer» for Nortura. De stipulerte nye priser med utgangspunkt i soneinndelingen Nortura benytter i dag. Prisene danner grunnlaget for analysene som belyser hvilke konsekvenser og risiko transportkjøperen står overfor ved å endre prisformatet.

Studentene kom frem til at en endring av prisformatet innebærer at transportørene mister incentiv til å utnytte bilene, men går over til å ha incentiv til å kjøre mange kilometer. Bedriften går derfor fra å sitte med lite risiko knyttet til transporten, til å risikere at kostnaden per gris som fraktes blir høyere. Skal kostnaden ved prisformatet «pris per kilometer» være lik prisen ved prisformatet «pris per gris», er utnyttelsesgraden avgjørende. Desto flere kilometer transportøren kjører innenfor sonen, desto høyere må utnyttelsesgraden være for at prisformatene skal møtes. Dette understreker viktigheten av å utarbeide effektive ruteplaner, og sørge for at bilene utnyttes godt. Samtidig må det utvikles avtaleformer som sikrer rette incentiver til å effektivisere transporten for begge parter. Et stopptillegg vil gi transportørene incentiv til å stoppe på gårdene for å hente gris, som igjen vil øke utnyttelsesgraden.

Hvilke miljø- og kostnadseffekter vil en nedsatt fartssperre fra 90 km/t til 83 km/t ha for en transportør?

I denne bacheloroppgaven har studentene analysert forskjeller i drivstofforbruk. Dette ble gjort med utgangspunkt i et gitt datasett med kjøreadferdsparametere, drivstofforbruk og utkjørt distanse fra flåtestyringssystemet Vehco. Datasettet ble tilrettelagt av TØI, som selekterte mest mulig sammenliknbare biler og ruter basert på GPS-data og med maksimumshastigheter på hhv 90 km/t og 83km/t (for de med fartssperre). Sentrale variabler fra

datasettet ble inkludert i en regresjonsanalyse samt en utslipps- og kostnadsmodell til å identifisere hvilke variabler som påvirker drivstofforbruket og i hvilken grad.

Gjennom regresjonsanalysen konkluderer studentene med at parameterne med størst påvirkningskraft med hensyn på drivstofforbruk er: Antall akslinger, trekkvogn eller vogn-tog med henger, kjøretøyets euroklasse, samt om kjøretøyet har nedsatt fartssperre. Variablene inkludert i regresjonen forklarer 34,66% av drivstofforbruket (justert R^2 på 0,3466). Studentene konkluderer med at det er besparelser knyttet til drivstofforbruk og derav miljøeffekt ved å redusere fartssperren fra 90km/t til 83 km/t. Videre beregninger med gjennomsnittlig kjørelengde, drivstofforbruk og CO₂-utslipp viser at kjøretøy med fartssperre i gjennomsnitt bruker 2,1 liter mindre drivstoff pr. 100 km og derav har et redusert CO₂-utslipp på 5,54 kg pr. 100 km.

Fordeling av transportkostnader: En modell for fordeling av kostnader ved samlast, applisert på Nortura Harstad

Hensikten med denne oppgaven har vært å undersøke hvordan en transportør kan fordele kostnadene ved samlast og samtidig undersøke hvilken pris bedriften bør betale transportøren. I analysen er det utviklet en Excel-modell til å undersøke hvilke forutsetninger som må ligge til grunn for at dagens kostnadsbilde skal være optimalt. Studentene har simulert ulike kombinasjoner av utnyttelsesgrader og stopp med den hensikt å undersøke om det foreligger besparingspotensialer. Videre har de beregnet prisformater som andel av hhv. turpris, tonnpris og fastpris med tillegg, med hensyn til både tid og vekt. Dette gir innsikt i hva Nortura bør betale for den kjøpte transporten ved ulike scenarioer. Basert på beregninger og analyser bør prisformatet endres til fastpris med tillegg basert på vekt. Dette medfører en mulig besparelse på ca 71 000 kr per måned.

Hvordan samsvarer transportørens kostnader med prisen transportkjøper betaler for transporten, og hvordan påvirker endringer i kostnadsdrivere prisen?

Grunnet sensitiv informasjon måtte studenten anonymisere hvilken bedrift som ble benyttet. Bakgrunnen for denne oppgaven er en bedrift sitt ønske om å undersøke hvorfor transportkostnadene i prosent av omsetning er høyere enn forventet sammenliknet med andre deler av landet, og hvordan transportkostnadene kan reduseres. Til å besvare problemstillingen er data som representerer transportørens kostnader samlet inn og satt sammen til en oppdragskalkyle som sammenligner kostnadene med prisen bedriften betalte for transporten i februar 2019. Oppdragskalkylen er utviklet i Excel, og er benyttet for å synliggjøre hvordan endringer i ulike kostnadsdrivere påvirker kostnader.

Med grunnlag i transportørens rapporterte kostnader, oppnår denne en fortjeneste på mellom 11 % og 34 % ved ulike transportruter. Det er dermed lite samsvar mellom transportørens kostnader og det bedriften betaler transportøren for transporten. Ved 12 av 14 ruter er lønnskostnaden høyere enn faste og variable kostnader, og dermed er det viktig å overvåke tidsprosesser for å holde kostnadene nede. Ved korte ruter har endringer i tidsprosesser en større innvirkning på kostnad per tur enn ved lengre ruter, hvor den høyeste kostnadsreduksjonen på 11 % observeres ved den korteste ruten. Fergekostnaden utgjør 24 % av den totale transportkostnaden, og ved å øke fergerabatt fra 30 % til 40 % kan det oppnås en kostnadsreduksjon på 3,4 %. Kostnadsdriveren med høyest påvirkning på pris er fyllingsgrad. Ved å øke fyllingsgraden fra 30 % til 50 % på ruter med lav fyllingsgrad, kan kostnaden for transport reduseres med 9,4 %.

Hvordan påvirker krav til avtalt leveringstid transportkostnader?

Oppgaven tar utgangspunkt i et samarbeid mellom Alliance Healthcare og PostNord. Det er benyttet både kvalitative og kvantitative undersøkelser for å kunne besvare problemstillingen. Ved bruk av optimaliseringsverktøy for ruteplanlegging gis det mange flere muligheter enn om ruteplanleggingen utføres manuelt. Studentene har benyttet ruteoptimeringsverktøyet SPIDER for å finne lavest mulig kostnad. Fordelene ved bruk av ruteplanleggingsverktøy er at det kommer frem ruter som er kostnadsbesparende med færre kilometer og høyere fyllingsgrad.

Analysene viser at ved reduserte av krav til avtalt leveringstid, vil kostnadene reduseres. Studentene kommer også frem til at tidsvinduer alene ikke er en direkte årsak til økte kostnader, men kostnadene er direkte knyttet opp til risiko, fyllingsgrad, prisformater og incentiver som en konsekvens av tidsvinduene. Ved å åpne opp for tidsvinduer på 2 timer vil apotekene fortsatt beholde forutsigbarheten de ønsker, men med redusert risiko og dermed reduserte kostnader for transportøren.

Hvilken kostnadsmessig effekt vil kunne oppnås ved å endre fra faste til dynamiske ruter?

Oppgaven omfatter transport av legemidler og handelsvarer utført av PostNord Solution på oppdrag for Alliance Healthcare. Dette innebærer transport utført i Oslo og en radius på 20 mil utenfor. For å fremstille datamateriale til analysene, er det gjennomført en rekke analyser og optimaliseringer av forskjellige scenario i ruteoptimaliseringsverktøyet SPIDER. Outputdataene som er generert dannet grunnlag for videre kostnadskalkyler.

Et resultat av analysene er at det vil være kostnadsbesparende å endre dagens ruteopplegg fra faste til dynamiske ruter. Implementering av et dynamisk ruteopplegg vil øke transportens produktivitet gjennom å effektivisere utnyttelsen av materiell og redusert antall turer. De strenge kravene til tidsvindu gjør samtidig et dynamisk ruteopplegg sårbart.

Uforutsette hendelser kan medføre at tidsprosesser tar lengre tid enn antatt, og kan gi en bullwhip-effekt som kan ramme leveringspåliteligheten. Alliance Healthcare kan håndtere denne usikkerheten ved å legge til slakk i tidsvinduene. Situasjonen kan også bedres ved å implementere leveringssluser på Apotekene, samt åpne for levering i hele åpningstiden for samtlige Boots Apotek. Dette vil gi PostNord økt spillerom og fleksibilitet som resulterer i redusert usikkerhet knyttet til forsinkelser.

En sentral faktor for å kunne ta i bruk et dynamisk ruteopplegg vil være deling av sanntidsdata som grunnlag for rutene som skal kjøres. Videre vil det være nødvendig å integrere og gjøre ordre- og ruteplanleggingsprogrammene compatible med hverandre. Et transparent forhold mellom PostNord og Alliance Healthcare vil dermed være en nøkkelfaktor for å realisere størst mulig del av kostnadsbesparelsen som kan oppnås ved et dynamisk ruteopplegg.

3 Data

3.1 Datafangstløsning

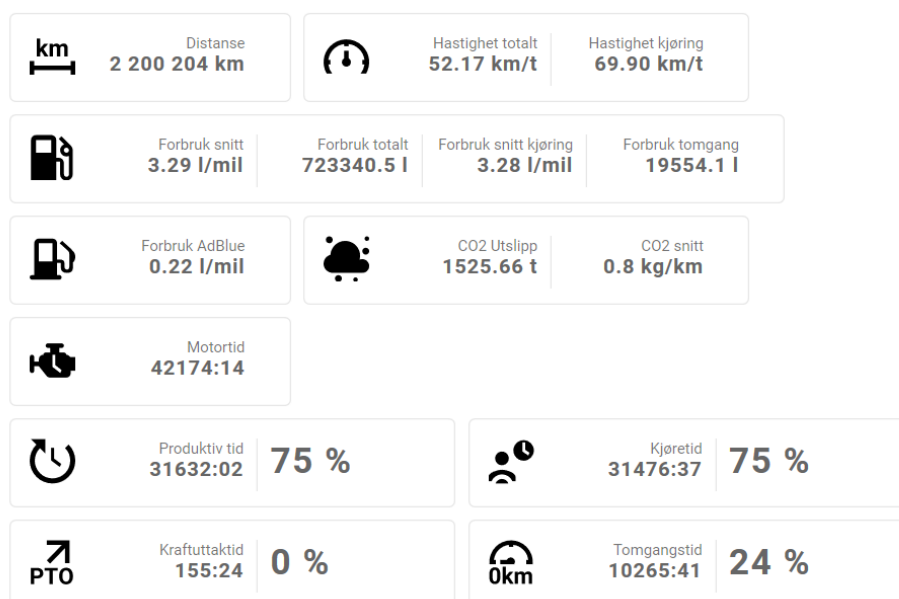
I prosjektet er det etablert to separate datafangstløsninger for kjøretøydata. Felles for de to løsningene er at datafangsten er todelt og består av 1) Data for kjøreadferd og drivstofforbruk og 2) GPS-data for hvert kjøretøy.

Datafangsten startet i januar 2019 og bygget seg suksessivt opp gjennom året ved at stadig flere transportbedrifter ble inkludert i datafangsten, og har pågått i resten av prosjektets levetid. Databasen teller nærmere 250 millioner posisjoner fra ca. 1650 lastebiler og 200 varebiler, fordelt på 22 transportbedrifter av ulike størrelse og som representerer ulike transportsegmenter. Antall kjøretøy som måles simultant varierer fordi det er en kontinuerlig inn- og utfasing av nye og gamle kjøretøy.

3.1.1 Data fra fabrikkmontert FMS-API i lastebiler

I samarbeid med Cognia Technologies har vi hatt en løpende datafangst for ca. 650 lastebiler gjennom flåtestyringssystemet [Linx](#). Linx er en merkenøytral flåtestyringsløsning (FMS – Fleet Management System) som utnytter data fra lastebilenes fabrikkmonterte API-løsning og som sammenstiller data fra transportbedriftenes kjøretøyflåte til sammenliknbare enheter for transportytelser og kjøreadferd (se figur 3.1), inkludert informasjon om GPS-posisjoner. APIet er installert i alle lastebiler som er 2013-modell eller nyere. Datafangst forutsetter at kjøretøyeieren har aktivt abonnement fra kjøretøyleverandøren.

Nøkeltall



Figur 3.1: Eksempler på transportytelsesdata som samles i FMS-systemet Linx. Kilde: Linx.no.

Datafangsten fra Linx har vært gjennomført fysisk hos Cognia for deltakerbedrifter og transportører som ble rekruttert i prosjektet. Dette inkluderer egentransportører, transportbedrifter som kjører på oppdrag for deltakerbedriftene, eller er rekruttert via Norges Lastebileier-Forbund.

3.1.2 Data fra tredjeparts FMS-leverandør

I samarbeid med Posten Bring har prosjektet hatt en løpende datafangst for ca 1200 vare- og lastebiler. Datafangsten er basert på flåtestyringssystemet [AddSecure](#) (tidligere Vehco) som er installert som en fysisk hardware i bilene. Mot slutten av prosjektperioden ble det også etablert en datafangst for PostNord-solution sine biler og omfatter ytterligere 115 lastebiler.

Datafangsten gjøres fysisk på en FTP-server hos TØI. Også disse dataene består av kjøreadferdsdata og GPS-posisjoner, men inkluderer i tillegg en modul for Start & Stop.

Figur 3.2 viser eksempler på tjenester som tilbys av AddSecure for kjøretøyadministrasjon og som datafangsten i prosjektet er basert på.



Figur 3.2: Tjenester som tilbys i transportadministrasjonstjenestene i FMS-systemet til AddSecure. Kilde: [addsecure.no](#).

3.2 Rekruttering av transportbedrifter gjennom Norges Lastebileier-Forbund

Norges Lastebileier-Forbund er en av deltakerbedriftene i prosjektet og det ble sendt ut en invitasjon til deres medlemmer om å delta i prosjektet ved å dele data gjennom FMS-løsningen Linx. Deltakerne fikk også tilbud om et gratis prøveabonnement på Linx.

I alt var det 20 transportbedrifter som takket ja til deltakelse. Av disse var det 10 bedrifter som hadde aktive abonnementer på FMS-data fra kjøretøyleverandør og som det var mulig

å ha en aktiv datafangstløsning for. Til sammen representerte disse 10 transportbedriftene 278 lastebiler ved oppstart av datafangsten og i gjennomsnitt for hele prosjektperioden har det vært datafangst for 244 lastebiler blant NLF-medlemmene.

3.3 Datainnhold

3.3.1 FMS-data

Begge flåtestyringssystemene som er anvendt genererer informasjon om drivstofforbruk, utkjørte kilometer, driftstimer, tomgangstid og kjøreadferd. Kjøreadferd måles i form av variabler som utrulling (i hvilken grad sjåførene utnytter fart i kjøringen til å spare drivstoff), bruk av cruisekontroll, overhastighet (dette er ikke relatert til fartsgrensen, men er basert på hvor stor andel av tiden kjøretøyet kjører over tillatt hastighet for lastebiler (89 km/time)), bremseadferd, osv.

3.3.2 GPS-data

GPS-dataene inneholder som utgangspunkt tre variabler:

- (Fiktiv) kjøretøy-ID
- X- og Y-koordinater
- Tidsstempel på hver GPS-posisjon

Mot slutten av prosjektet er også informasjon om dynamisk kjøretøyvekt (totalvekt), samt vekt på for- og bakaksel både for lastebil og tilhenger registrert sammen med hver GPS-posisjon for et mindre antall kjøretøy i Linx.

Dataene er i XML-format og det må derfor gjøres en del transformasjon av dataene før de er klar for videre analyse. Denne transformasjonen er gjort av Cognia for Linx-dataene, mens dataene fra AddSecure er bearbeidet fra XML-format ved TØI.

3.3.3 Kjøretøyteknisk informasjon

Kjøretøyteknisk informasjon er påkoblet hver bil som aidentifisert informasjon fra kjøretøyregisteret.

3.3.4 Tidsoppløsning

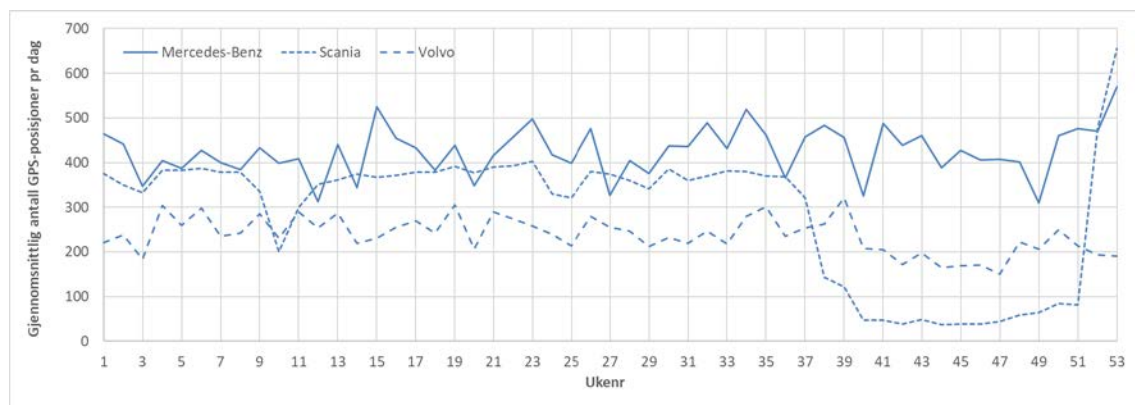
For Linxløsningen varierer tidsoppløsningen for GPS-data (dvs. hvor ofte posisjonsdata rapporteres) avhengig av bilmerke og bedriftens abonnementsordning. GPS-dataene har en tidsoppløsning som varierer fra en frekvens på 1-2 minutter og opp til hver 15. minutt, avhengig av abonnementstype, og for noen biler enda sjeldnere.

Tabell 3.1: Antall GPS-posisjoner per kjøretøy per dag for de to FMS-systemene og kjøretøymerke. Januar 2020 til og med september 2021.

FMS-system	Kjøretøymerke	Antall kjøretøy	Antall kjøretøydager	Antall GPS-posisjoner pr kjøretøy pr dag			
				Gjennomsnitt	St. Avvik	Min	Max
Linx	MAN	1	401	591	248	1	1 165
	DAF	2	380	347	360	14	1 317
	Mercedes-Benz	75	19 740	421	447	1	2 111
	Renault	12	3 046	86	47	1	328
	Scania	407	115 646	279	272	1	2 814
	Volvo	159	30 892	234	327	1	1 980
	Sum	656	170 100	285	312	1	2 814
Add Secure	Sum	1 195	248 000	353	262	1	5 660

Det framkommer at det gjennomsnittlige antallet GPS-posisjoner pr kjøretøy og dag er noe høyere for bilene i Linx sammenliknet med AddSecure. Flest GPS-posisjoner er det for MAN, men det er bare basert på en enkelt bil. Deretter følger Mercedes og DAF (kun 2 biler), mens Renault har det laveste antall GPS-posisjoner.

Figur 3.3 viser gjennomsnittlig antall GPS-posisjoner pr dag over året 2020 for tre av kjøretøymerkene.



Figur 3.3: Gjennomsnittlig antall GPS-posisjoner pr dag for ulike kjøretøymerker, varierende over ukene i 2020.

GPS-frekvensen avhenger som nevnt av abonnementsstype på bilene, særlig gjelder dette for Volvo, men daglig antall GPS-posisjoner vil også avhenge av hvor mye kjøretøyet er i bruk. Figur 3.3 illustrerer at nivået på gjennomsnittlig antall GPS-posisjoner pr dag i stort er nokså konstant fra uke til uke, med noen flere posisjoner for Mercedes enn for Scania i gjennomsnitt. Figuren viser imidlertid en stor utfordring som viste seg fra og med uke 37 da GPS-frekvensen for Scania falt til et svært lavt nivå i gjennomsnitt. Vi har ikke funnet noen god forklaring på dette, og dataene viser en noe liknende utvikling høsten 2021 for Volvobilene. Dette illustrerer at påliteligheten til posisjonsdata fra kjøretøyleverandørene kan være en utfordring dersom man skal benytte dataene som grunnlag for statistikkproduksjon eller til detaljerte analyser for bedriftene, slik vi kommer tilbake til i kapittel 8.

I tabell 3.2 har vi oppsummert andel av trafikkarbeidet etter kjøretøyetets alder i de to FMS-løsningene og sammenliknet med det som er rapportert i SSBs lastebilundersøkelse i gjennomsnitt for 2016-2019.

Tabell 3.2 Andel av trafikkarbeid i datadelsett fra de to FMS-løsningene, sammenliknet med gjennomsnitt fra SSBs lastebilundersøkelse 2016-2018.

Lastebilens alder	Andel av kjørte km		
	Linx	AddSecure	Lastebilundersøkelsen
0-1 år	28%	21%	19%
2-3 år	36%	31%	30%
4-5 år	24%	37%	22%
6-7 år	9%	9%	12%
8 år og eldre	3%	3%	18%
Sum	100%	100%	100%

Det framkommer som forventet at Linx har en høyere andel av trafikkarbeidet med de nyeste bilene, sammenliknet med AddSecure. Dette skyldes at Linx er basert på fabrikk-monterte APIet i kjøretøyet og dette er bare montert i kjøretøy som er nyere enn 2012-modell. Også AddSecure har større andel av trafikkarbeidet med nyere biler enn det som framkommer av fordeling til lastebilundersøkelsen.

3.4 Personvern

Datafangsten fra lastebilene ble meldt til Norsk Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste (NSD). Det springende spørsmål er i hvilken grad dataene gir grunnlag for personidentifisering. Vår datatilgang har ikke inneholdt informasjon om sjåfør og det er derfor bare rent hypotetisk mulig å identifisere personen som kjører bilen, og avgrenset til de tilfeller der personen parkerer lastebilen på egen eiendom. NSD på sin side ga pålegg om at sjåførene måtte informeres om at datafangsten pågikk. Som en løsning på dette ble det utarbeidet en utleveringsavtale med hver transportbedrift der transportbedriften måtte informere sjåførene om at dataene brukes til analyseformål.

4 Metodisk rammeverk

4.1 Kjøreadferd og drivstofforbruk

4.1.1 Hvilke faktorer i kjøreadferden påvirker drivstofforbruket?

Drivstofforbruket påvirkes av mange forskjellige faktorer. Viktige drivere inkluderer kjøretøyeigenschaften, veginfrastruktur, trafikk- og kjøreforhold, rutevalg, lastvekt og været. Slike faktorer er imidlertid ofte vanskelig å endre, spesielt på kortere sikt, om de i det hele tatt kan påvirkes av transportøren eller sjåføren selv. Noe som kan påvirkes mer direkte og relativt raskt, og som også er en betydelig driver av drivstofforbruk, er sjåførens kjøreadferd. Selv om kjøreadferd defineres på ulike måter og kan omfatte adferd både før turen (f.eks. sjekk av lufttrykk i dekkene, vedlikehold), under turen, eller etter turen, er det vanligvis sjåførens kjøretøyhåndtering under kjøringen som står i fokus.

I litteraturen deles kjøring gjerne inn i tre faser: Akselerering, utrulling og bremsing. I alle disse fasene kan kjøretøys drivstofforbruk påvirkes gjennom hvordan kjøretøyet betjenes og hvor målet med «økokjøring» er å gi mest mulig effektivitet (kjøreytelse) med minst mulig energibruk. Enkelt sagt handler økokjøring om å etablere mindre aggressiv eller jevnere kjøring enn de fleste sjåfører i utgangspunktet har. Mer konkret omtales gjerne flere økokjøringsstrategier. For eksempel anbefales det å kjøre med moderat fart, fordi kjøretøy har en viss optimal hastighet (som er noe situasjonsavhengig, men ligger på mellom 70-80 km/t for lastebiler). Også konstant fart anbefales, enten manuelt eller gjennom bruk av cruise control, ettersom dette gir en mer effektiv utnyttelse av drivlinjen. Videre trekkes fram at å følge med på trafikken og å forutse trafikksituasjonen bidrar til å spare drivstoff fordi sjåføren kan unngå unødvendig akselerering og bremsing hvor mer energi går tapt enn nødvendig. Istedenfor å bruke drivstoff som så blir bremsset bort, kan sjåføren bruke kjøretøys vekt til utrulling. Generelt sparer det også drivstoff når akselerering og retardasjon skjer jevnere og mer skånsomt. Vedrørende girbruk anbefales å optimere dette gjennom bl.a. å gire opp tidlig fordi drivstofforbruket er lavere ved lavere turtall. Dette kan gjøres manuelt eller ved å benytte automatgir. Til slutt påpekes at minimering av tomkjøring er viktig ved økokjøring fordi det bruker drivstoff uten at det gir fremdrift for kjøretøyet.

Teori om økokjøring forutsetter at sjåfører sjeldent betjener kjøretøy på optimalt vis og ofte har et betydelig potensiale for mer effektiv kjøreadferd, selv om det kan være store forskjeller mellom sjåfører. Hvordan kjøreadferden er i utgangspunktet kommer an på mange faktorer. Eksempler, uten å gi en fullstendig liste, er sjåførens opprinnelige kjøreopplæring, alder, erfaring, kjørelengde, setting, kunnskap om økokjøring og holdninger. For eksempel er det i dag økt fokus på opplæring i prinsipper relatert til økokjøring når sjåfører tar sertifikat. Kjøreadferd består i stor grad av vaner som har satt seg og som kan være vanskelig å endre. Dette kan gjelde både gode og dårlige vaner.

For å øke effektiviteten på sjåførers kjøreadferd brukes i praksis mange ulike strategier eller kombinasjoner av strategier. Ofte gis det en form for opplæring, som kan være teoretisk, praktisk, eller bestå av begge deler. Trening kan gis både i kjøretøy og i simulator men det velges iblant også å øke kunnskap om økokjøringsprinsipper gjennom informasjonskampanjer. En annen tilnærming er å bruke ulike insentiver (f.eks. monetære bonuser eller

andre typer premier), skape en konkurransesituasjon ved sammenlikninger med andre sjåførere. Ofte kan det være snakk om å følge opp eller evaluere sjåførens adferd over noe tid (f.eks. ukesrapporter og diskusjon av forbedringspunkter). Dette kan skje både etter turer men også under turen når det f.eks. installeres hjelpemidler i kjøretøyet som hjelper med eller minner sjåføren om å ta mer effektive valg. Det kan også foretas kombinasjoner av ulike tiltak for å styrke effekter og fordi endring av vaner ofte trenger repetisjon.

4.1.2 Hvordan måle kjøreadferden?

Kjøreadferd kan måles gjennom å se på drivstofforbruket, men dette anses som dårlig indikator ettersom drivstofforbruket påvirkes av så mange andre faktorer utenom sjåførens adferd, f.eks. om det regner i den aktuelle perioden eller lastvekten på de(n) aktuelle turen(e). Måling av kjøreadferd kan også skje gjennom modellering, simulering eller laboratorietest. Noe som har blitt mer vanlig de siste årene er å måle sjåførens adferd på forskjellige faktorer (relatert til økokjøringsstrategier) og hvor sjåførens målinger forsøkes å «normaliseres». Til dette samles f.eks. relevante parametere fra kjøretøyenes flåtestyrings-system (FMS-system) eller eventuelt ekstern hardware som installeres i bilen. Gjennom sensorer og logging har moderne biler ofte mulighet til å samle data om f.eks. turegenskaper og -forhold, men også parametere som hastighet, distanse, drivstofforbruk og kjøreadferd (f.eks. i hvilken grad sjåføren utnytter kjøretøyets utrulling, bremseadferd, automatgir, motorkraft, hastighet, cruise control og tomkjøring). Disse data gir en pekepinn på sjåførens adferd. Flere løsninger på markedet konverterer informasjonen på slike parametere til indekserte poeng på f.eks. «bruk av motor og gir», «hastighet», «tomkjøring» og «tilpasning til (forutse) trafikksituasjonen». Resultatet av dette gir poeng som er sammenliknbare mellom sjåfører og som i stor grad kontrollerer for forhold utenom sjåførens direkte påvirkningskraft. På denne måten gir poengene et mål på sjåførens kjøreadferd og det er mulig å sammenlikne adferden på forskjellige tidspunkter, f.eks. før og etter kurs.

4.2 Kjøretøybevegelser

I prosjektet er det jobbet med metodeutvikling for å foredle de enkelte GPS-posisjoner til turer og stoppobservasjoner. Arbeidet tar utgangspunkt i etablert metodikk fra internasjonal litteratur, og er videreutviklet til å bli bedre egnet for bydistribusjon for hhv varebiler og lastebiler spesifikt. Metodikken er dessuten, i samarbeid med SSB, validert mot et mindre utvalg innrapporterte turer til SSBs lastebilundersøkelse for sammenfallende kjøretøy og perioder med GPS-data og innrapporteringer til SSB.

Arbeidet er videreført til å koble GPS-data til sendingsdata for en av deltakerbedriftene. Dette er utfordrende både fordi det ikke eksisterer en-til-en link mellom kjøretøy og forsendelse, at det er store datamengder, og at en del senderinger er utlevert med kjøretøy som ikke inngår i datafangsten. I tillegg kan tidspunktet for når en pakke er levert avvike fra når kjøretøyet er på samme posisjon på grunn av feilkonfigurasjon i tidsstemplene i enten kjøre- eller sendingsdatabasen.

4.2.1 Beregning av distanse

For å kunne utnytte GPS-dataene er det nødvendig å konvertere dataene til turinformasjon og å identifisere når kjøretøyet er i bevegelse og når det står i ro. Dette gjøres i flere steg

ved å bruke informasjonen om GPS-koordinatene (x,y) og tidsstempelen for de etterfølgende observasjonene for hvert kjøretøy. Haversine-formelen beregner distansen d mellom to koordinater på jordens overflate:

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{2} \right) + \cos(\Phi_1) \cos(\Phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

hvor Φ representerer koordinater for breddegrad, λ representerer koordinater for lengdegrad, og r tilsvarer jordens omkrets ($\approx 6\,371$ km) (Chopde and Nichat, 2013).

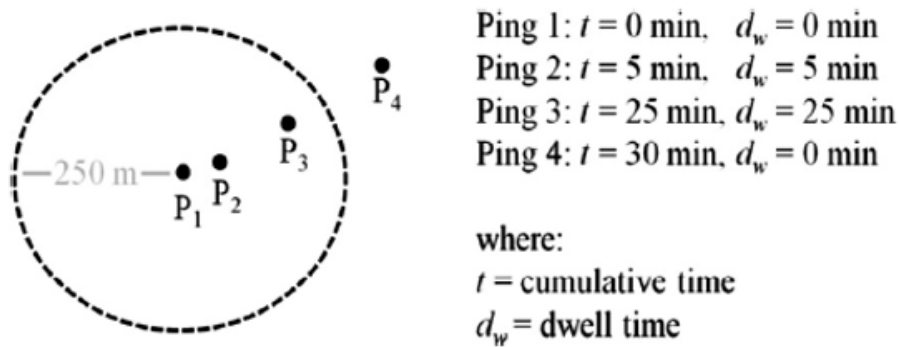
Ved hjelp av tidsstemplene finner man tidsbruk mellom hver GPS-observasjon, og målt mot den beregnede distansen finner man hastigheten (km/t) mellom hver observasjon. Ettersom man her bruker den geodetiske distansen (luftlinjen) for å beregne fart, så vil faktisk hastighet bli noe underestimert. Analyser viser at faktisk hastighet ligger ca. 5-10 % høyere enn beregnet hastighet, men at underestimeringen avtar med økt GPS-frekvens.

Noe datavasking er nødvendig for å unngå at feil i rådataene påvirker analysene. Dette innebærer å fjerne observasjoner hvor tidsstempelen er identisk med foregående tidsstempel, noe som gjør det umulig å beregne hastighet mellom punktene. For andre observasjoner er GPS-dataene åpenbart feil, for eksempel at kjøretøyet forflytter seg over lange distanser på svært kort tid. For å ekskludere slike observasjoner har vi satt en maksimal tillatt hastighet på 110 km/t, som tilsvarer høyeste tillatte hastighet på norske veier. Observasjoner med høyere fart er ekskludert fra beregningene.

4.2.2 Turgenering og stoppidentifisering

Den beregnede hastigheten mellom GPS-observasjonene brukes til å identifisere lastebilstopp. En grenseverdi på maks. 8 km/t er brukt for å identifisere den første stoppobservasjonen, det vil si at når hastigheten synker under denne verdien settes det i gang beregninger av stopptid. Den kumulative tidsbruken for alle påfølgende stoppobservasjoner blir deretter beregnet for å finne den totale stopptiden før kjøretøyet beveger seg igjen. For stopp av varighet under 10 minutter², vil stoppet anses som kjøretid og ikke stopp for laste- eller losseaktivitet. For å unngå tilfeller der den totale stopptiden blir brutt på grunn av unøyaktige posisjonsdata eller at kjøretøyet gjør små bevegelser innenfor samme laste-/losse-lokasjon, er det innført en regel om at stopptiden akkumuleres så lenge kjøretøyet holder seg innenfor en radius på 250 meter fra første stoppobservasjon. Denne metoden er foreslått av Gingerich m.fl. (2016) og illustreres i figur 4.1.

² For analyser av kjøretøybevegelser i byer er det satt andre grenseverdier, se avsnitt 6.4.2.



Figur 4.1: Distansebasert stopptidberegning (Gingerich m.fl., 2016).

Definisjonen av turer baseres på stoppobservasjonene. Denne definisjon varierer mellom ulike bedrifter basert på transport- og logistikkopplegget. Generelt for alle kjøretøy i datainnsamlingen ble det brukt en stopptid på 1 time for markere avslutning på en tur.

For noen av bedriftene i prosjektet fant vi at en stopptid på 2 timer var en bedre grenseverdi for å markere en avslutning på en tur. Det ble også nødvendig å endre turgenerering for disse bedriftene ved å definere avgang fra sentrallager/slakteri som starten på en ny tur for at turdefinisjonen skulle samsvare med hva bedriftene selv benyttet. Se også kapittel 7.2.

4.3 Drivstofforbruk og utslippsparametere

Datafangsten i prosjektet inkluderer som tidligere nevnt data om drivstofforbruk og kjøreadferd i tillegg til GPS-data. Drivstofforbruket er nyttig informasjon inn i kostnadsmodeller både for spesifikke bedrifter og de mer generiske kostnadsmodellene til Nasjonal godsmodell. Selv om det er en utfordring at dataene samlet i prosjektet ikke har informasjon om hvor mye last bilene har om bord, og hvordan dette påvirker drivstofforbruket, får vi likevel et godt grunnlag for estimerer fra faktisk trafikk om hvordan drivstofforbruk avhenger av daglig kjøredistanse, motorstørrelse, antall aksler, bilens maksimalt tillatte totalvekt osv. i gjennomsnitt for ulike kjøretøytyper. Dette er videre knyttet opp mot hvor bilene kjører, selv om tidsoppløsningen på forbruksdataene er for lav til at dette kan knyttes direkte til GPS-dataene, men tilordnet daglige gjennomsnitt.

Dette er informasjon som man hittil har manglet for norsk godstransport.

Til konvertering av drivstofforbruk til utslipp har vi benyttet standard utslippsfaktorer pr liter diesel slik disse også brukes av bl.a. SSB og Miljødirektoratet. Vi har også tatt hensyn til gjennomsnittlig innblandingsprosent for biodiesel (som regnes som nullutslipp) i fossilt diesel som følge av omsetningskrav.

4.4 Transportkostnadsmodeller

4.4.1 Bedriftsspesifikke kostnadsmodeller

I samarbeid med Bama og Nortura er det etablert bedriftsspesifikke transportkostnadsmodeller. Modellene tar utgangspunkt i eierskapskostnader og bruksmønster til spesifikke lastebiler og kan brukes til analyser av kostnads- og miljøeffekter av alternative logistikkopplegg og servicegrad overfor kunder. For Bama er kostnadsmodellen videre integrert

mot GPS-data slik at den representerer mest mulig relevant informasjon fra faktiske distribusjonsrunder.

For å kunne beregne transportkostnadene for de ulike bedriftene er det utviklet en kalkylemodell i Excel hvor alle kostnader knyttet til de ulike bilene og alle parametere knyttet til det enkelte kjøreoppdrag inngår. Modellen deler kostnadene i tre grupper: Faste, variable og lønnskostnader. De faste, og også distanseuavhengige kostnadene er avskrivning, rente, forsikring, administrasjon og faste avgifter. De variable, og distanseavhengige, er drivstoff, reparasjon og vedlikehold samt kostnader til dekk. Lønnskostnadene tar utgangspunkt i en timelønn som multipliseres med de ulike tidsprosessene som for eksempel kjøretid, lastetid og lossetid. Videre beregner modellen kostnadene knyttet til det enkelte kjøreoppdrag.

Hvorfor bedriftsspesifikke kostnadsmodeller?

Transportkostnader blir ofte uttrykt i ulike kostnadsformater som for eksempel kostnader pr tonn, tur eller km. Gjennom mer detaljerte modeller kan man i større grad få innsikt i hva som ligger bak slike kostnader og gjennom denne innsikten igjen gjøre tiltak for å effektivisere transporten. En hypotese er at økt transparens også øker effektiviteten. Man ønsker med andre ord å kartlegge kostnadsdriverne i transportopplegget for å sette søkelys på de komponentene som gir størst effekt. Gjennom et transparent innsyn i kostnadene kan det etableres gode måltall på hvor effektiv transporten er, noe som utgjør god beslutningsstøtte i et kontinuerlig forbedringsarbeid. Kostnadsmodeller utarbeides som oftest mellom kjøper og selger og fører ofte til et tettere samarbeid mellom partene. Modellen benyttes som grunnlag for prissetting og vurdering av eksisterende transportpris samt for beregning av miljøeffektene knyttet til transporten.

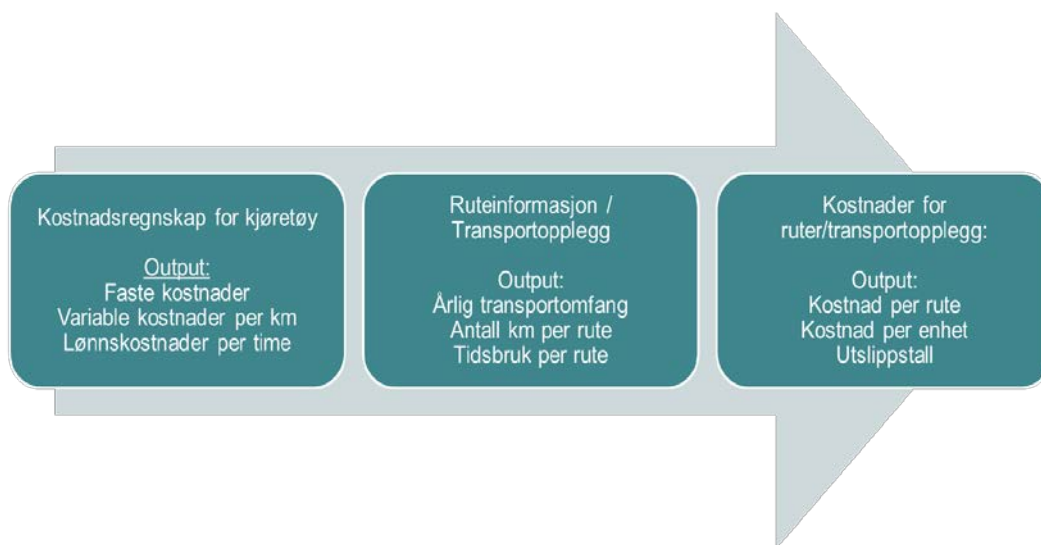
Et annet viktig element i kostnadsberegninger er at transport er en dynamisk prosess hvor det alltid vil være noen endringer i løpet av et avtaleår som krever at priskalkulasjoner oppdateres. Endringer kan gjelde selve kostnadsbildet, f.eks. endret drivstoffpris, endrede bompenger og endret bankrente. Samtidig kan det også være endringer i forutsetninger som ble satt da man inngikk avtalen som endret volum/vekt, endret kundemasse, endrede kundebetingelser, veistruktur og tidsprosess. Avhengig av hvordan prisen er kalkulert vil dette være risikoelementer for en av partene. Med en transparent kalkylemodell vil man kunne oppdatere slike endringer umiddelbart og eliminere denne risikoen for alle parter.

Databehov for bedriftsspesifikke kostnadsmodeller

Databehovet i bedriftsspesifikke modeller er omfattende og kvaliteten på inputdata avgjørende for resultatet. For å få en valid og anvendbar modell må man ha innsyn i alle kostnader og alle tidsprosesser. Videre må utnyttelsesgraden på bilene måles, både i henhold til fysisk kapasitet og i henhold til utnyttelsen av bilen over døgnet målt i antall kilometer eller i antall timer per år. For de faste kostnadene må man vite investeringsverdien på kjøretøy, kapitalrente, levetid og restverdi etter endt levetid. Investeringsverdien kan dokumenteres, men både levetid og restverdi må stipuleres med en viss grad av usikkerhet. Videre må de administrative kostnadene knyttet til kjøreoppdraget beregnes og også her må det utvises et visst skjønn i vurderingen. Forsikringskostnadene vil alltid være preget av hvor stor bonus transportørene har klart å bygge opp og kan variere mye. Her er det naturlig å legge til grunn en gjennomsnittsbonus. Avgifter som betales er vanligvis (mer) eksakte.

For de variable kostnadene trenger man både drivstoff-forbruk og drivstoffpris. I dette prosjektet har man benyttet kjøretøyets FMS-system til måling av drivstofforbruket slik at dette kan anses som ganske eksakt. Prisen på drivstoff som legges til grunn skal bestå av en ferdig rabattert pris fratrullet mva. Dette innebærer at transportøren må oppgi informasjon

om sin rabattavtale, men det er noe de sjelden er interessert i. Store transportører oppnår gjerne store rabatter. Videre må det legges til grunn kostnader knyttet til reparasjon og vedlikehold, og her har transportørene gjerne egne serviceavtaler med merkeverkstedene. Disse dekker alt med motor og drivverk. Påbygg- og karosseriskader som ikke dekkes av forsikringen bør inn i kostnadsmodellen, men denne delen av kostnaden blir mer usikker. Lønnskostnadene tar utgangspunkt i en grunnlønn hvor man legger på de sosiale kostnadene. I tillegg må tidsparameterne kartlegges og måles. Dette er svært viktig da lønn ofte er den største kostnadsposten. Hvor mange tidsparametere man ønsker å måle er avhengig av hva slags transport det er snakk om, samt hva man ønsker å få ut av kalkylemodellen. I dette prosjektet er det benyttet sporing på bilene og GPS-data. Dette er unikt med tanke på å benytte valide tidsparametere. Figur 4.2 viser strukturen i input- og outputdata for kostnadsmodellen.

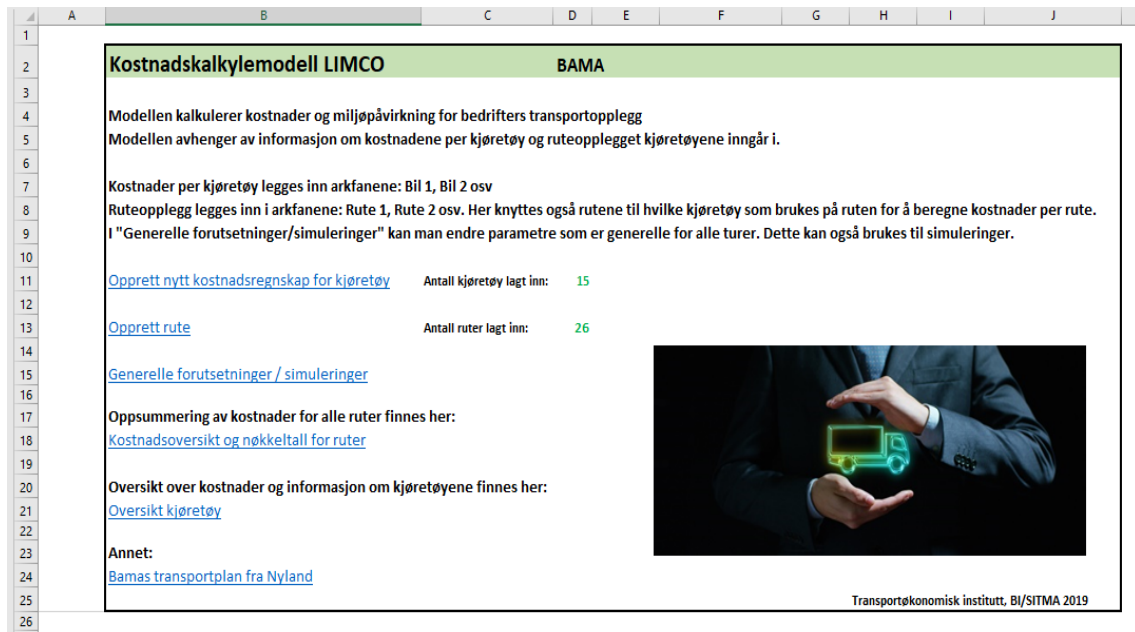


Figur 4.2: Struktur i kostnadsmodellen i prosjektet.

Utvikling av en Excel-basert modell for transportkostnader

Transportkostnadsmodellen er utarbeidet i Microsoft Excel. En fordel med dette verktøyet er at de fleste bedrifter og organisasjoner har tilgang til lisens og kan få innsyn og bruke modellen ved behov. Alle kostnadstall og det spesifikke ruteopplegg legges inn i modellen. Videre kan modellen beregne den faktiske transportkostnaden med samme prisformat som man betaler til transportøren.

Figur 4.3 viser hvordan kostnadsmodellen ser ut i Excel med navigasjonsside for økt brukervennlighet.



Figur 4.3: Navigasjonsside kostnadsmodellen i Limco.

Eksempler på simulering og output fra modellen

Transportkostnadsmodellen åpner for mange interessante simuleringer. Det kan simuleres på usikre inputtall som type bil, utstyrets levetid og restverdi. For eksempel kan det beregnes hva kostnadene ville bli om en dieselbil byttes ut med en elektrisk lastebil som er ca. dobbelt så dyr ved anskaffelse, eller om usikre forutsetninger rundt levetid eller restverdi endres. Videre kan det simuleres hvilken effekt det har på kostnadene om man kan kjøre hver enkelt bil flere kilometer i året og derigjennom redusere de faste kostnadene per kilometer. Fordi lønnskostnaden er en vesentlig kostnad er det videre interessant å simulere på alle tidsparementene i modellen, f.eks. laste- og lossetider, kjørehastighet, fast kundetid og eventuell slakk/venting i systemet. Den viktigste simuleringen er hvordan fyllingsgraden påvirker kostnadene. Strengt krav til kundeservice gjør at det kan være vanskelig å fylle opp bilene og en simulering på hvordan kundeservicen påvirker kostnadene er derfor svært relevant.

Figur 4.4 viser et eksempel på en simulering foretatt i prosjektet der man så på kostnads- og miljømessig konsekvens av en endring i tomgangskjøring, som er en av variablene som måles gjennom kjøretøydata. I dette tenkte tilfellet ble det simulert på en situasjon der tomgangskjøringen gikk ned fra 50 % til 20 %.

ENDRING PROSENT:													
Nøkkeltall per destinasjon:	Totale kostnader og miljøbelastning						Nøkkeltall kostnader				Nøkkeltall utslipp		
Destinasjon	Faste	Variable	Lønn	Totale	Drivstofforbruk (l)	CO2-utslipp (kg)	Turkost	Leveransekr	Pallekost	Km-kost	Drivstoff per CO2 per tur	CO2 per tur	CO2 per pall
Agder	0,0%	-0,5%	0,0%	-0,2%	-0,7%	-0,7%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,7%	-0,7%	-0,7%
Agder+Kristiansand	0,0%	-0,6%	0,0%	-0,2%	-0,8%	-0,8%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	-0,8%	-0,8%	-0,8%
Buskerud	0,0%	-3,4%	0,0%	-1,1%	-5,0%	-5,0%	-1,1%	-1,1%	-1,1%	-1,1%	-5,0%	-5,0%	-5,0%
Vestfold	0,0%	-1,8%	0,0%	-0,6%	-2,6%	-2,6%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-2,6%	-2,6%	-2,6%
Buskerud+Vestfold	0,0%	-1,5%	0,0%	-0,7%	-2,2%	-2,2%	-0,7%	-0,7%	-0,7%	-0,7%	-2,2%	-2,2%	-2,2%
Telemark+Buskerud+Vestfold	0,0%	-1,8%	0,0%	-0,6%	-2,5%	-2,5%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-2,5%	-2,5%	-2,5%
Vestby	0,0%	-2,6%	0,0%	-0,8%	-3,8%	-3,8%	-0,8%	-0,8%	-0,8%	-0,8%	-3,8%	-3,8%	-3,8%
Totalt	0,0%	-1,6%	0,0%	-0,6%	-2,3%	-2,3%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-2,3%	-2,3%	-2,3%
ENDRING FAKTISK:													
Nøkkeltall per destinasjon:	Totale kostnader og miljøbelastning						Nøkkeltall kostnader				Nøkkeltall utslipp		
Destinasjon	Faste	Variable	Lønn	Totale	Drivstofforbruk (l)	CO2-utslipp (kg)	Turkost	Leveransekr	Pallekost	Km-kost	Drivstoff per CO2 per tur	CO2 per tur	CO2 per pall
Agder	0	-10 992	0	-10 992	-999	-2 658	-19	-12	0	0	-2	-5	0
Agder+Kristiansand	0	-11 410	0	-11 410	-1 037	-2 759	-29	-29	0	0	-3	-7	0
Buskerud	0	-34 893	0	-34 893	-3 172	-8 438	-34	-34	-1	0	-3	-8	0
Vestfold	0	-28 463	0	-28 463	-2 588	-6 883	-35	-35	-1	0	-3	-8	0
Buskerud+Vestfold	0	-18 632	0	-18 632	-1 694	-4 505	-30	-30	-1	0	-3	-7	0
Telemark+Buskerud+Vestfold	0	-12 249	0	-12 249	-1 114	-2 962	-39	-39	-1	0	-4	-9	0
Vestby	0	-52 822	0	-52 822	-4 802	-12 773	-26	-26	-1	0	-2	-6	0
Totalt	0	-169 963	0	-169 963	-15 451	-41 100	-29	-28	-1	0	-3	-7	0

Figur 4.4: Eksempel på simulering med kostnadsmodellen i Limco.

4.4.2 Generiske kostnadsmodeller

Parallelt med utviklingen av bedriftsspesifikke kostnadsmodeller har det vært arbeidet med å utvikle mer generiske kostnadsmodeller basert på [rammeverket som er utviklet til Nasjonal godsmodell \(NGM\)](#). Dette er kostnadsmodeller som i tillegg til å dekke en rekke biltyper også omfatter ulike transportenheter for jernbane, sjø og fly. Rammeverket i kombinasjon med GPS- og kjøreadferdsparametere for et stort antall biler gjør at det er mulig å forbedre modellene med faktisk bruk av kjøretøy, tidsbruk knyttet til laste- og losseprosesser og drivstofforbruk for ulike kjøretøykategorier. Formålet er å få bedre grunnlag for drivstofforbruk, årlig kjørelengde og timer i bruk for ulike kjøretøytyper. Samtidig kan materialet brukes til å analysere geografiske variasjoner i disse faktorene. For oppdatering av kostnadsmodellen for enkelte biltyper har dataene innsamlet i prosjektet vist seg å være nyttige for revisjon av spesielt drivstofforbruk i siste versjon av kostnadsmodellene for NGM.

5 Drivstofforbruk og miljø

5.1 Endogene og eksogene drivere for drivstofforbruk

Drivstofforbruket til godsbiler påvirkes av mange faktorer. Mange av disse kan anses å være eksogene, i hvert fall på kort sikt. For eksempel bestemmes drivstofforbruket i stor grad av kjøretøyet. Dette gjelder både egenskaper som størrelse (eksempelvis har varebiler lavere drivstofforbruk enn lastebiler pr km, men høyere drivstofforbruk pr enhet last transportert) og teknologi, f.eks. type framdriftsteknologi, motorytelse og bilens utforming. Også faktorer som lastvekt, topografiske forhold og vær bestemmer i betydelig grad drivstofforbruket til biler.

Mer endogene drivere for drivstofforbruk og som kan påvirkes på kort eller relativt kort sikt er service og vedlikehold, f.eks. retting av aksler, riktig mengde luft i dekkene osv. Den kanskje mest endogene driveren av drivstofforbruk er kjøreadferden, altså hvordan kjøretøyet betjenes.

5.2 Kjøreadferd

Kjøreadferden, såfremt den ikke er ekstrem bra eller dårlig, påvirker drivstofforbruket i mindre, men likevel ikke ubetydelig grad. Hvor mye er imidlertid svært situasjonsavhengig og avhengig også av utgangspunktet for målingene.

Vitenskapelig litteratur om økokjøring tyder på at forbedringer i kjøreadferd gjennom f.eks. kurs vanligvis gir reduksjoner i drivstofforbruk på 5-15 % for lastebiler (og i tilsvarende størrelsesorden for sjåfører av personbiler), selv om resultater varierer mellom studier. En utfordring er at det er relativt få studier som ser på effekter etter mer enn noen uker eller måneder og at de få studiene som gjør dette tyder på at kjøreadferden gjerne «faller tilbake» og at effekten av økokjøringstiltak svekkes eller forsvinner helt over tid. I nyere tid har det derfor blitt mer fokus på hvordan vaner kan endres mer varig, f.eks. gjennom repetisjon, insentiver over tid, oppfølging mm. Eksisterende litteratur tyder videre på at det kan være stor variasjon mellom individuelle sjåfører, at forbedringer i kjøreadferd gjerne følger en lærekurve for så å svekkes igjen og at det er viktig å kontrollere for værforhold som ute-temperatur og nedbør. Eksisterende litteratur tyder videre på at forbedringer i hastighets-håndtering og i akselerering og retardasjon gir størst potensiale for reduksjoner i drivstofforbruk, fulgt av redusert tomkjøring.

I prosjektet ble det gjennomført en minipilot for å måle effekten på kostnader og miljø av endret sjåføradferd etter kurs i økonomisk kjøring, samt aktiv oppfølging av fører gjennom kjøreadferdsparametere i en flåtestyringsløsning (FMS). Dette var også tema for en av de foran nevnte masteroppgavene ved Handelshøyskolen BI, våren 2019, samt for en bacheloroppgave våren 2020. Piloten ble gjennomført i samarbeid med to av deltakerbedriftene i LIMCO, Cogna og PostNord Solution.

I prosjektet ble langtidseffekten av økokjøringstiltak undersøkt og resultatene publisert i en artikkel i Energy Research & Social Science (Pinchasik m.fl., 2021). Kort oppsummert ble det utført et randomisert kontrollert eksperiment med en «kontrollgruppe» og sjåførgruppe

som fikk kurs i økonomisk kjøring og oppfølging i etterkant. Begge sjåførgruppene kjører faste distribusjonsruter på Østlandet. Gjennom eksperimentet ble det sett på effekter av et teoretisk økokjøringskurs med oppfølging i form av månedlige evalueringer av kjøreadferdsrapporter og ikke-monetære incentiver i form av belønninger for sjåfører med gode økokjøringsresultater. Analyser ble gjort basert på data fra FMS-systemene i lastebilene som ble brukt av de aktuelle sjåførene. Gjennom analysene forsøkte vi å få innsikt mot fire forskningsspørsmål:

- Gir økokjøringstiltak et potensiale for reduksjoner i drivstofforbruk gjennom å utløse mer effektiv kjøreadferd blant lastebilsjåfører, og hvis ja, hvor stort er dette potensialet?
- Er endringer i kjøreadferd midlertidige eller langvarige når et kurs i økokjøring følges opp med ytterlige tiltak?
- Hvilke økokjøringsfaktorer bidrar mest til reduksjoner i drivstofforbruk?
- Hvordan påvirkes resultatene av værforhold?

For en detaljert omtale av resultatene og eksisterende vitenskapelig litteratur innsikter vises til Pinchasik m.fl. (2021). Vi gir en kortfattet oppsummering av hovedfunnene i det følgende:

I hovedtrekk tyder våre resultater på at et økokjøringskurs, kombinert med aktiv oppfølging og ikke-monetære incentiver kan gi mer effektiv kjøreadferd blant lastebilsjåfører og en signifikant og vesentlig reduksjon i drivstofforbruk for sjåfører av tunge biler, estimert til 5,2 - 9 %. Effektene ble studert over et helt kalenderår hvorav de første tre månedene var en referanseperiode uten økokjøringstiltak. Dette muliggjorde analyse av utvikling i effekter på lengre sikt enn flertallet av tidligere studier. I likhet med tidligere studier fant vi stor variasjon mellom sjåfører og tegn på en læringskurve: Effekter inntreffer raskt og tiltar så før de når en topp. I motsetning til tidligere funn finner vi at effektene ikke forsvinner eller avtar signifikant over tid, noe som tyder på at ved å følge opp økokjøringskurset med andre tiltak kan bidra til å styrke effekten.

Av fire faktorer som representerer økokjøringsstrategier finner vi at forbedringer i motor- og girhåndtering gir størst potensiale for reduksjoner i drivstofforbruk, etterfulgt av forbedringer i hastighet og trafikktilpasning (bruk av cruisekontroll og å unngå overhastighet). Noe mindre intuitivt er at vi ikke finner signifikante reduksjoner i drivstofforbruk av bedre adferd hva gjelder utrulling og bremsing, noe vi tror at kan skyldes topografiske egenskaper til rutene kjøretøyene ble brukt på. Om værforhold finner vi i tråd med tidligere studier og forventningene at drivstofforbruket i gjennomsnittet er signifikant lavere ved høyere temperaturer og signifikant høyere ved mer nedbør.

I vårt eksperiment finner vi at også sjåfører i «kontrollgruppen» (de som ikke fikk kursing, ikke fikk oppfølging og ikke mottok belønninger) fikk forbedret kjøreadferd, men forbedringene var mindre enn observert for gruppen som fikk oppfølging (derav undergrensen i ovennevnte estimat for potensiell reduksjon i drivstofforbruk). Denne observasjonen tyder på at det skal relativt lite til (i dette tilfellet referanser til økokjøring uten at prinsippene blir utdypet eller kurset) for at mindre men likevel ikke neglisjerbare forbedringer i kjøreadferd kan oppnås.

Selv om vår publisering i Pinchasik m.fl. (2021), som all vitenskapelig litteratur, har nyanser og begrensninger, er en konklusjon og implikasjon av den at mer effektiv kjøreadferd blant lastebilsjåfører potensielt kan gi mindre, men betydelige reduksjoner i drivstofforbruk, og dermed bidra til utslippsreduksjon. Sammenliknet med personbiler er alternativer for utslippsreduksjon (f.eks. elektrifisering) ikke kommet like langt og ventes først å virkelig monne om noen år, mens behovet for disse reduksjoner er akutt og omfanget stort. Økokjøring kan bidra til utslippsreduksjon som kan oppnås på kort sikt, er godt skalerbar og er relativt billige.

5.3 CO₂-utslipp basert på drivstofforbruk

Store foretak har i hht. regnskapsloven § 3-3c krav om redegjørelse av samfunnsansvar, hvilket inkluderer ikke-finansiell rapportering av foretakets utvikling, resultat, stilling og konsekvenser av foretakets virksomhet når det gjelder miljø, sosiale forhold, arbeidsmiljø, overholdelse av menneskerettigheter og bekjempelse av korrupsjon og bestikkelser. For mange selskaper som kjøper transporttjenester kan rapporteringen av den miljømessige belastningen som transporten medfører være vanskelig tilgjengelig informasjon. Vi presenterer derfor i det følgende en metode som gjør at selskap selv kan beregne CO₂-utslippet dersom de kjenner type kjøretøy og hvor langt disse kjører. For de som ikke kjenner kjøretøytype har vi også rapportert drivstofforbruk for ulike transporttyper. Vi presenterer i dette avsnittet metoden for beregning, mens vi i avsnitt 5.4 presenterer faktisk drivstofforbruk for ulike kjøretøystørrelser.

Norge har et omsetningskrav for biodiesel. I 2021 er hovedkravet at 24,5 % av alt drivstoff omsatt til vegtrafikk er flytende biodrivstoff (i praksis biodiesel og bioetanol; biogass medregnes ikke). Det er i tillegg et delkrav at minimum 9 prosent av alt drivstoff skal være såkalt avansert biodrivstoff, dvs at drivstoffet oppfyller et antall bærekraftskriterier. Ettersom avansert biodrivstoff teller dobbelt i omsetningskravet til veitrafikk (dvs at en liter avansert biodrivstoff teller som to liter konvensjonelt biodrivstoff), innebærer disse kravene at det reelle omsetningskravet er 15,5 volumprosent biodrivstoff, gitt at kvoten for avansert biodrivstoff oppfylles fullt ut. For utslippsberegninger er det imidlertid ikke drivstoffets volumandel, men drivstoffets *andel av energien* som er relevant. Biodiesel har litt mindre energiinnhold per liter enn tilsvarende konvensjonell diesel, og bioetanol har betydelig lavere energiinnhold enn bensin. I praksis (basert på faktisk innblanding) lå biodiesels energiandel i 2020 på 14,4 % (Tabell 58 i [CICERO-rapporten «Utsleppsanalyse mot 2030 for Vestland fylkeskommune»](#)), mens endelige tall for 2021 er ikke tilgjengelig ennå. Ettersom omsetningskravet er spesifisert ut fra volumandel og ikke spesifiserer krav til fordelingen mellom biodiesel og bioetanol, kan omsetningskravet ikke regnes om til en entydig energiandel.

[Miljødirektoratet](#) forklarer at CO₂-utslippene fra forbrenning av biodiesel innenfor transport bokføres som null. Selv om biodiesel gjennom livsløpet kan ha (betydelige) positive CO₂-utslipp, tildeles disse til andre sektorer enn transport for å unngå dobbelttelling. Der hvor biodiesel importeres, slik som er tilfelle for brorparten som brukes i Norge, tildeles utslipp fra biodiesels livsløp, andre land.

For å lage anslag på CO₂-utslipp per liter eller pr km kjørt er det nyttig å basere seg på noen nøkkeltall, gjengitt i Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Nøkkeltall for (fossil) diesel. Kilder: [SSB om Energiinnhold, tetthet og virkningsgrad](#); [SSB om Utslippsfaktorer ved forbrenning](#)

Variabel	Verdi og enhet
Diesels egenvekt	0,84 kg/liter
Energiinnhold pr kg	43,1 MJ/kg = 11,97 kWh/kg diesel
Energiinnhold pr liter	36,2 MJ/kg = 10,06 kWh/liter diesel
CO ₂ -innhold pr kg	3,17 kg CO ₂ /kg diesel
CO ₂ -innhold pr liter	2,66 kg CO ₂ /liter diesel

Med bakgrunn i ovennevnte kan følgende formel defineres for å beregne CO₂-utslipp per km kjørt:

$$CO_2\text{-utslipp per km} = \frac{\text{Drivstofforbruk i liter per km}}{\text{}} * \left(2,66 * \left(1 - \frac{\text{andel biodiesel}}{\text{}} \right) \right) + \left(\frac{\text{utslippsfaktor}}{\text{biodiesel}} * \frac{\text{andel}}{\text{biodiesel}} \right)$$

Med dagens omsetningskrav operasjonalisert til ca. 14,4 % biodieselinnblanding (energiprosent), og gitt at biodiesel regnes som nullutslipp, blir formelen som følger, dvs at utslippene per gjennomsnittlig³ liter i forbruk ligger på rundt 2,277 kg CO₂:

$$CO_2\text{-utslipp per km} = \frac{\text{Drivstofforbruk i liter per km}}{\text{}} * (2,66 * (1 - 0,144)) + (0 * 0,144) = \frac{\text{Drivstofforbruk i liter per km}}{\text{}} * 2,277$$

5.4 Faktisk drivstofforbruk for ulike kjøretøystørrelser

Datagrunnlaget i prosjektet gir en unik mulighet til å beregne drivstofforbruket til ulike kjøretøyspesifikasjoner basert på et stort antall kjøretøy i virkelig trafikk i Norge. Tabell 5.2 viser gjennomsnittlig drivstofforbruk etter motorstørrelse, antall aksler, firehjulstrekk (4WD=1) og utkjørt daglig distanse for lastebiler.

Tabell 5.2 Gjennomsnittlig drivstofforbruk etter motorstørrelse, antall aksler, firehjulstrekk (4WD=1) og utkjørt daglig distanse. Lastebiler. Norge i sum.

Motorstr i HK	Ant. Aksler	4WD	<100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
200	2	0	3,09	2,64	1,92	1,74	0,97	0,51	2,51
	3	0	2,94	2,84	2,38				2,89
			3,08	2,64	1,92	1,74	0,97	0,51	2,52
300	2	0	3,61	3,07	2,63	2,23	1,13	0,58	2,83
	3	0	4,19	3,22	3,00	2,94	3,42	3,15	3,18
	4	0	4,77	3,67	3,44	3,58	3,62	3,63	3,63
400	2	0	2,98	2,92	2,21				2,92
	3	0	4,02	2,94	2,65	2,69	3,02	2,80	2,83
		1	3,94	2,89	2,82	2,85	2,79	3,06	2,97
500	4	0	2,78	2,43	2,43	2,47			2,45
		1	6,19	4,54	3,29	2,97	2,81	3,66	4,43
	5	1	3,94	3,22	3,31	3,41	3,09	2,65	3,21
500	2	0	4,05	2,94	2,78	2,78	2,94	2,79	2,94
	3	0	4,52	3,83	3,02	3,32	4,06	4,03	3,72
		1	6,38	3,80	3,63	3,62	3,67	3,52	3,64
	4	0	3,94	3,28	3,36	3,47	3,74	3,64	3,50

³ Gjennomsnittlig innblandingsprosent

Motorstr i HK	Ant. Aksler	4WD	<100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
		1	5,73	4,45	4,11	3,99	4,04	3,14	4,21
	5	1	4,94	3,59	3,54	3,44	3,34	3,71	3,61
500 Sum			4,69	2,44	2,37	3,83	4,41	3,87	3,53
600	3	0	4,39	3,46	3,42	3,52	3,69	3,59	3,57
	1		11,37	4,59	3,14	3,08	3,04	2,58	2,96
	4	1	6,02	3,47	3,32	3,15	3,49	3,83	3,52
600 Sum			3,87	3,29	3,17	3,46	3,23	2,71	3,22
700+	3	0	6,50	3,62	3,26	3,16	3,31	3,11	3,30
	1		3,87	3,80	3,85	3,80	3,92	3,83	3,84
	4	1	2,70	2,43	2,78	3,26	2,68	2,19	2,51
700+ Sum			4,50	4,05	3,74	3,72	3,59	3,75	3,75
Totalsum			3,95	3,58	3,49	3,65	3,37	3,37	3,45

Motorstørrelse 200 HK, er for hele intervallet 200-300 HK, og tilsvarende for de andre størrelsesgruppene opp til 700 HK som er kjøretøy med 700 HK og over. Svakheten med dataene er at vi ikke har informasjon om bilene kjører med tilhenger eller ikke, men sannsynligheten for at de kjører med tilhenger er større desto større motorstørrelsen er og desto lenger den daglige kjøringen er.

Hovedtrenden i dataene er at gjennomsnittlig drivstofforbruk øker med motorstørrelse, antall aksler og dersom bilen har firehjulstrekk. Motsvarende har daglig kjørelengde en degressiv effekt på drivstofforbruket, men trenden brytes for de fleste kjøretøygruppene for daglig distanse over 300 km. Tolkningen av dette er at det ved daglig kjørelengde over 300 km i større grad kjøres med tilhenger enn for de kortere turene.

Tabell 5.3 viser tilsvarende gjennomsnittlig drivstofforbruk etter motorstørrelse, antall aksler, firehjulstrekk (4WD=1) og utkjørt daglig distanse, for trekkvogner.

Tabell 5.3 Gjennomsnittlig drivstofforbruk etter motorstørrelse, antall aksler, firehjulstrekk (4WD=1) og utkjørt daglig distanse. Trekkvogner. Norge i sum.

Motorstr i HK	Ant. aksler	4WD	<100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
300	3	0	4,67	3,29	3,13	3,07	3,32	3,20	3,21
	4	0	4,87	4,44	4,66	4,88	3,85	4,46	4,56
300 Sum			4,68	3,30	3,13	3,07	3,32	3,20	3,21
400	3	0	4,25	3,22	3,10	3,22	3,06	3,00	3,09
	1		4,78	3,04	2,87	1,90	2,72	2,91	3,09
400 Sum			4,48	3,19	3,09	3,21	3,05	3,00	3,09
500	3	0	4,95	3,46	3,26	3,30	3,27	3,16	3,23
	1		4,29	3,45	3,44	3,41	3,36	3,39	3,42
	4	0	4,44	4,03	3,80	4,09	4,14	3,30	4,12
500 Sum			4,70	3,46	3,32	3,32	3,29	3,19	3,27
600	3	0	4,73	3,22	3,11	3,54	3,29	3,34	3,37
	1		7,69	7,06	5,35	5,94	5,91	5,41	6,09
600 Sum			5,13	3,49	3,20	3,86	3,44	3,35	3,51
700	3	0	3,85	3,75	3,31	3,39	3,70	4,04	3,73
	1		6,40	3,95	4,10	4,00	3,61	3,26	3,57
700 Sum			4,24	3,79	3,53	3,49	3,68	3,79	3,68
Totalsum			4,65	3,36	3,22	3,22	3,27	3,18	3,23

Vi finner mye av det samme mønsteret, men en noe mer degressiv effekt av daglig kjørelengde. Dette skyldes at trekkvogner hovedsakelig kjører med tilhenger. Vi merker oss likevel at det er en viss økning i gjennomsnittlig drivstofforbruk når daglig kjørelengde passerer 300 km, noe som mest sannsynlig skyldes at man da inkluderer fjelloverganger som f.eks. for trafikken øst-vest i Sør-Norge og nordover i retning Trondheim.

Tabell 5.4 viser gjennomsnittlig drivstofforbruk for ulike totalvektgrupper og antall aksler.

Tabell 5.4 Gjennomsnittlig drivstofforbruk etter lastebilens tillatte totalvekt og antall aksler. Norge i sum.

		2 aksler	3 aksler	4 aksler	Sum
Lastebil	Opp til 7,5 tonn	1,67			1,67
	7,5-16 tonn	2,84			2,84
	16-27 tonn	3,12	3,22		3,20
	27 tonn og over		3,55	3,73	3,58
	Sum lastebil	3,04	3,39	3,73	3,37
Trekkbil	16-27 tonn		3,14		3,14
	27 tonn og over		3,28	4,37	3,28
	Sum trekkbil		3,23	4,37	3,23
Sum		2,90	3,28	3,73	3,35

Drivstofforbruket øker med bilens totalvekt og med antall aksler, og trekkbil har gjennomgående lavere drivstofforbruk enn lastebil gitt samme antall aksler og samme totalvektsklasse, med unntak av for 4-akslet bil, der trekkvogner har høyest forbruk. Det må presiseres at denne er basert på få observasjoner for trekkvogner og derfor kan være et ekstra usikkert estimat.

Tabell 5.5 viser gjennomsnittlig drivstofforbruk for ulike kjøretøykategorier og utkjørt daglig distanse.

Tabell 5.5 Gjennomsnittlig drivstofforbruk etter lastebiltype og utkjørt daglig distanse. Norge i sum.

	< 100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
Lastebil (totalvekt under 7501 kg)	2,15	2,18	2,06	2,12	2,09	2,05	2,10
Lastebil med lukket godsrom	3,76	3,08	2,98	2,93	3,31	3,30	3,16
Spesialbil	4,57	3,54	3,31	3,44	3,47	3,18	3,39
Lastebil med plan	4,04	3,30	3,07	3,18	3,28	3,40	3,26
Containerbil	4,29	3,59	3,74	3,60	3,91	3,72	3,75
Tankbil	6,72	4,91	4,05	3,94	3,76	3,74	3,88
Trekkbil	4,65	3,36	3,22	3,22	3,27	3,18	3,23
Totalsum	3,96	3,20	3,13	3,17	3,35	3,25	3,26

Av kjøretøygruppene vi har hatt datafangst for er det tankbil som har høyest gjennomsnittsförbruk etterfulgt av containerbil. Tankbilen har desidert høyest drivstofforbruk ved korte daglige kjørelengder, mens den lette lastebilen (med totalvekt under 7,5 tonn) har lavest drivstofforbruk. Trekkbilen fremstår som den mest energieffektive med lavest gjennomsnittsförbruk på lange distanser. Spesialbiler har riktignok like lavt forbruk, men de kjører mest sannsynlig uten tilhenger.

Tabell 5.6 viser gjennomsnittlig drivstofforbruk for ulike transporttyper og utkjørt daglig distanse.

Tabell 5.6 Gjennomsnittlig drivstofforbruk etter transporttype og utkjørt daglig distanse. Norge i sum.

	< 100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
Bygg og anlegg	4,74	3,36	2,90	2,87	2,94	3,04	3,04
Byggevarer	5,06	3,33	3,28	3,40	3,35	3,05	3,25
Næringsmidler	5,63	3,73	3,48	3,56	3,64	3,36	3,49
Renovasjon	3,46	2,64	2,47				3,09
Spesialtransport	4,28	3,14	3,12	2,88	3,10	3,30	3,17
Stykkgoods	3,70	3,10	3,02	2,85	3,09	3,16	3,11
Tømmer		5,66	4,74	3,83	3,82	2,88	4,16
Totalsum	3,96	3,20	3,13	3,17	3,35	3,25	3,26

Målt etter transporttyper er det tømmertransport som har høyest gjennomsnittlig drivstofforbruk, mens spesialtransport og renovasjon kommer opp med lavest gjennomsnittsforkbruk, noe som nok skyldes at det ikke kjøres med tilhenger. Næringsmidler har høyest drivstofforbruk ved de korteste daglige kjøredistansene etterfulgt av byggevarer, bygg- og anleggstransport og spesialtransport. Lastvekten er nok viktigste forklaring til hvorfor disse bilene har høyere drivstofforbruk enn stykkgodstransporter.

6 Kjøretøybevegelser

6.1 Innledning

Som tidligere nevnt muliggjør data fra flåtestyringssystemene analyser av kjøretøybevegelser. I utgangspunktet er dette rene GPS-data som må foredles til informasjon som kan gi nyttig innsikt. I dette kapitlet diskuteres funn fra analyser knyttet til generering av turer og måling av tid for laste- og lossestopp for ulike transportsegmenter. Videre presenteres innsikter fra en analyse av stopp for lasting og lossing i byområder, både med hensyn til stopplokasjoner og tidsbruk for stopp med varebiler og lastebiler. Det presenteres også funn fra analyser av hvor kjøretøy stopper for hviletid og parkering og tidsmønstrene for dette fordelt over døgnet og ukedager. Vi lagde videre et opplegg som bruker turinformasjon fra GPS-dataene og kobler denne mot destinasjonene i ruteopplegget til bedrifter, noe som gir muligheter til analyser som bedriftene ikke hadde fra før og hvor noen praktiske anvendelser eksemplifiseres gjennom casestudier i kapittel 7. Avslutningsvis presenterer vi noen innsikter fra endringer i kjøretøyenes rutevalg på ulike tidspunkter på året.

6.2 Overordnet informasjon om bruk av kjøretøyene

6.2.1 Operativ tid

Datasettet med kjøreadfærd inneholder som tidligere nevnt informasjon om operativ tid og utkjørt distanse. Vi har benyttet dette grunnlaget til å gi informasjon om gjennomsnittlig antall operative timer pr ukedag for ulike typer av transport.

Tabell 6.1 viser gjennomsnittlig antall operative timer etter transporttype og ukedag.

Tabell 6.1 Gjennomsnittlig antall operative timer etter transporttype og ukedag, Norge i sum.

	Man	Tirs	Ons	Tors	Fre	Lør	Søn	Alle dager
Bygg og anlegg	7,8	7,8	7,8	7,6	6,1	5,9	5,3	7,3
Byggevarer	9,5	9,4	9,5	9,3	7,8	7,1	7,7	9,0
Dyretransport	7,3	8,2	7,8	7,7	6,1	3,4	5,4	7,2
Næringsmidler	7,7	7,9	7,9	7,6	6,4	5,4	6,4	7,3
Renovasjon	6,6	6,3	6,3	6,1	6,1	6,4	2,4	6,3
Spesialtransport	5,7	5,7	5,6	5,6	4,9	3,4	2,8	5,4
Stykkogods	6,3	6,5	6,5	6,6	5,8	4,3	3,2	6,1
Tømmer	14,1	13,6	12,5	10,2	7,3	6,7	13,1	11,7
Totalsum	7,7	7,8	7,8	7,5	6,4	5,4	6,0	7,3

Tabellen viser at gjennomsnittlig operativ tid pr virkedag er knappe 8 timer, men med noe lavere tid på fredager, lørdager og søndager. Det er viktig å merke seg at gjennomsnittet er av timer i drift, og at det er færre biler som er operative lørdag og søndag, noe som bl.a. gir

seg utslag i at gjennomsnittlig brukstid for alle dager ligger nærmere gjennomsnittverdiene for virkedager (med 7,3 timer). Tømmerbilene har den høyeste gjennomsnittlige brukstiden pr dag, etterfulgt av bilene som kjører byggevarer, mens spesialtransport har den laveste.

For å få en oversikt over hvordan bruksmønsteret endres over året har vi i Tabell 6.2 vist hvordan gjennomsnittlig antall operative timer varierer etter transporttype og måned.

Tabell 6.2 Gjennomsnittlig antall operative timer etter transporttype og måned. Norge i sum.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Sum
Bygg og anlegg	7,3	7,0	7,0	7,4	7,4	7,5	7,2	7,2	7,6	7,3	7,5	7,3	7,3
Byggevarer	9,2	9,1	8,8	8,8	8,9	9,1	9,0	9,0	9,1	8,9	9,0	9,3	9,0
Dyretransport	6,6	7,4	7,2	6,8	7,4	7,5	7,2	7,2	6,8	7,6	6,6	6,5	7,2
Næringsmidler	7,6	7,6	7,4	7,2	7,2	7,4	7,1	7,1	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3
Renovasjon	6,7	6,4	6,3	6,6	6,7	6,2	5,9	5,8	5,9	6,0	6,0	6,9	6,3
Spesialtransport	5,5	5,4	5,3	5,4	5,3	5,3	5,2	5,4	5,4	5,4	5,7	5,5	5,4
Stykkogods	6,8	6,7	6,2	5,9	5,7	5,9	5,4	5,7	5,9	6,2	6,1	6,3	6,1
Tømmer	10,1	12,0	12,1	10,9	12,6	12,0	12,1	11,8	11,5	14,2	14,1	6,7	11,7
Totalsum	7,5	7,5	7,2	7,2	7,3	7,4	7,1	7,1	7,4	7,2	7,3	7,3	7,3

Det framkommer at det er små variasjoner i gjennomsnittlig antall operative timer over året og at det varierer fra 7,1 timer i gjennomsnitt pr dag i juli og august til 7,5 timer i gjennomsnitt pr dag i januar. Størst variasjon over året er det for tømmertransport som har 14 operative timer pr dag i oktober og november og bare 6,7 timer i desember.

6.2.2 Utkjørt distanse

Videre har vi beregnet gjennomsnittsverdier for daglig utkjørt distanse etter transporttype og ukedag. Dette fremkommer av Tabell 6.3.

Tabell 6.3 Gjennomsnittlig utkjørt daglig distanse etter transporttype og ukedag. Norge i sum.

	Man	Tirs	Ons	Tors	Fre	Lør	Søn	Alle dager
Bygg og anlegg	320	326	321	312	251	301	293	306
Byggevarer	384	389	395	382	313	360	415	375
Dyretransport	318	361	341	341	273	142	223	315
Næringsmidler	411	422	424	402	333	310	385	395
Renovasjon	84	74	73	70	78	81	20	76
Spesialtransport	194	194	192	193	166	146	112	185
Stykkogods	308	318	319	326	276	218	164	298
Tømmer	384	332	315	247	197	194	393	304
Totalsum	350	355	355	342	280	291	344	336

Gjennomsnittlig daglig kjøredistanse er 336 km for alle bilene i gjennomsnitt og det er mye større variasjon i utkjørt distanse enn i operative timer. Dette skyldes at bilene brukes i helt ulike typer av drift. For eksempel har renovasjon den laveste gjennomsnittsdistansen med 76 km, for spesialtransport er den 185 km, mens næringsmidler er oppe i ca. 400 km. Det må legges til at nærdistribusjon av næringsmidler ikke inngår i datasettet.

Tabell 6.4 viser tilsvarende gjennomsnittlig utkjørt daglig distanse etter transporttype og måned.

Tabell 6.4 Gjennomsnittlig utkjørt daglig distanse etter transporttype og måned. Norge i sum.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Sum
Bygg og anlegg	306	296	303	312	315	306	317	303	312	294	308	304	306
Byggevarer	366	366	371	368	373	376	380	384	389	367	373	383	375
Dyretransport	252	331	333	296	311	319	307	321	320	390	289	269	315
Næringsmidler	390	392	396	399	401	403	393	390	404	385	389	386	395
Renovasjon	75	75	75	77	79	74	74	73	74	76	77	80	76
Spesialtransport	179	180	183	186	192	191	179	182	182	185	198	190	185
Stykkgoods	299	302	295	291	293	308	289	296	305	301	298	300	298
Tømmer	266	400	351	324	196	362	299	356	233	278	219	146	304
Totalsum	335	335	334	335	340	341	335	334	351	328	334	329	336

Tilsvarende som målt etter operative timer er det små variasjoner i utkjørt distanse over årets måneder, og gjennomsnittlig antall kjørte kilometer pr dag er overraskende stabilt rundt 335 km pr dag +/- 1 km, med unntak av noe høyere nivå i mai, juni og spesielt september (351 km). Det er særlig transport av næringsmidler som trekker gjennomsnittsverdiene opp. Renovasjon har noe lenger kjørelengde i april, mai og desember, som antakelig skyldes at rutene må dekkes inn på færre virkedager i perioder med mange røde kalenderdager.

Tabell 6.5 viser gjennomsnittlig daglig utkjørt distanse etter lastebiltype og bilens alder.

Tabell 6.5 Gjennomsnittlig utkjørt daglig distanse etter lastebiltype og bilens alder. Norge i sum.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lastebil med lukket godsrom	327	308	320	339	261	291	291	304	291	291	327
Lastebil med plan	232	249	254	284	247	234	213	157	140	134	
Spesialbil	227	273	290	321	315	305	215	263	239	264	50
Tankbil	381	446	476	508	435	367	173	186			
Trekkbil	447	407	417	421	399	341	325	326	288	184	210
Totalsum	354	352	356	360	326	316	279	289	268	257	284

Det framkommer at det er en viss degressivitet i utkjørt daglig distanse etter lastebiltype. Dette er helt som forventet og hva f.eks. også SSBs kjørelengdestatistikk viser (og hvor statistikken er basert på de periodiske kjøretøykontrollene. Trekkbiler og tankbiler har de lengste daglige kjøredistansene for nye biler med 447 km pr dag for de nyeste trekkbilene og 381 km pr dag for de nyeste tankbilene. Nye spesialbiler og lastebiler med plan har de korteste daglige kjørelengdene og for disse to kjøretøysegmentene finner vi ikke en avtakende tendens mellom kjørelengde og alder, men at det er bilene som er 3-4 år gamle som kjører lengst.

6.2.3 Hastighet

Med informasjon om operative timer og utkjørt distanse er det også mulig å beregne gjennomsnittlig hastighet for ulike transporttyper og daglige kjørelengder. Dette er oppsummert i tabell 6.6 som viser gjennomsnittlig hastighet i sum for tiden kjøretøyet er på veien. Det vil altså si at det inkluderer trafikale stopp og tomkjøring.

Tabell 6.6 Gjennomsnittlig hastighet etter transporttype og daglig kjørelengde. Norge i sum.

	Up to 100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
Bygg og anlegg	13,3	25,2	34,0	43,8	50,9	59,5	41,6
Byggevarer	17,1	26,7	32,6	40,2	44,9	50,6	41,5
Næringsmidler	27,0	39,1	45,8	49,5	54,3	60,8	54,1
Renovasjon	11,4	17,4	26,0				13,5
Spesialtransport	23,9	31,3	37,4	44,0	48,5	52,7	40,9
Stykkgoods	21,0	37,5	48,8	51,6	55,4	61,0	41,8
Tømmer	19,4	17,3	18,6	24,9	31,6	40,6	26,0
Totalsum	19,7	34,5	42,7	47,3	51,9	58,3	44,8

Det framkommer logisk nok at gjennomsnittshastigheten er lavest for korte daglige kjørelengder og høyest for lange daglige kjørelengder. Aller lavest hastighet har renovasjon (11,4 km/time) og bygg og anlegg (13,3 km/time) ved daglig kjøring inntil 100 km. Ved de lengste daglige kjøredistansene er det verdt å merke seg at det er betydelige forskjeller mellom tømmertransport og byggevarer (med hhv. 40,6 og 50,6 km/timer) i den nedre enden av skalaen og stykkgoods og næringsmidler i den øvre enden av skalaen (61,0 og 60,8 km/time). Forklaringen skyldes området som bilene kjører, ettersom en større del av transporten foregår på veger med lavere standard for tømmer (som kan starte på en skogsbilvei) og for byggevarer (som henter varer på sagbruk), mens næringsmidler og stykkgoods på lange transporter i stor grad er transporter mellom terminaler med korte tilbringertransporter til hovedvegnettet.

I tabell 6.7 har vi beregnet gjennomsnittlig effektiv kjørehastighet, det vil si at tid til tomkjøring og trafikale stopp er utelatt.

Tabell 6.7 Gjennomsnittlig effektiv kjørehastighet (eks tomkjøring og trafikale stopp) etter transporttype og daglig kjørelengde. Norge i sum.

	Up to 100km	100-200 km	200-300 km	300-400 km	400-500 km	500 km +	Sum
Bygg og anlegg	33,2	42,8	48,7	57,7	63,0	68,6	57,2
Byggevarer	38,6	47,4	50,7	56,7	59,8	61,8	57,4
Næringsmidler	48,4	55,4	59,1	61,8	64,5	68,7	64,9
Renovasjon	24,8	33,9	42,3				28,2
Spesialtransport	41,7	47,6	54,3	59,7	62,7	65,7	57,0
Stykkgoods	28,3	44,4	56,5	60,6	64,7	69,9	50,2
Tømmer	44,6	40,4	42,4	48,4	51,3	59,0	49,2
Totalsum	30,0	45,6	55,2	59,9	63,5	67,6	56,7

Sammenliknet med Tabell 6.5 øker gjennomsnittshastigheten med 10 km pr time om en bare medregner effektiv kjøretid (og ikke tid til trafikale stopp). Størst relativt utslag har dette for renovasjonstransport der hastigheten mer enn doubles. For alle *distansesegmenter* øker gjennomsnittshastigheten med fra 8-10 km/time, mens det for de ulike *transportsegmentene* øker gjennomsnittshastigheten med fra 8 til 18 km/time. Stykkgoods er det segmentet med minst økning i gjennomsnittshastigheten, noe som bekrefter at dette segmentet, særlig de lange transportene, har kort tilbringervei til hovedvegnettet.

6.3 Turgenerering

Kapittel 4.2.2 beskrev en metode for turgenerering ved bruk av rene GPS-data. Den generelle metoden som er felles for alle bedriftene i prosjektet innebærer at hvis det observeres en stopptid på mer enn én time vil dette i utgangspunktet generere en ny tur, altså at stoppet markerer slutten på forrige tur. Når kjøretøyet så begynner å kjøre igjen er dette starten på neste tur. Fordelen med denne metoden er at turgenereringen gjøres på en objektiv måte og er standardisert på tvers av bedrifter, næringer og transporttyper. Ulempen er at det vil være tilfeller der denne turgenereringen ikke er i samsvar med bedrifters egen oppfatning av hva som utgjør en tur. En annen utfordring er at det ikke er satt noen kriterier eller minstekrav til hva som skal regnes som en tur. For eksempel kan mindre forflytninger av kjøretøyet medføre at en ny tur genereres, f.eks. ved at et kjøretøy utfører posisjonskjøring med en distanse på over 250 meter. For å løse dette kan det settes minimumsverdier for turlengde når man genererer egne turdatasett basert på de prosesserte GPS-dataene.

Ved spesifikke analyser for deltagerbedriftene i prosjektet ble det bestemt at turgenereringen måtte tilpasses bedriftenes egne transportopplegg. I disse tilfellene var det ønskelig at turgenereringen tok utgangspunkt i definerte lokasjoner i transportopplegget, f.eks. at en ny tur skulle genereres når kjøretøyet forlot et sentrallager, slakteri eller lignende. I tillegg var det ønskelig at en ny tur ble generert når et kjøretøy ble stående lenge stille på en annen type lokasjon, men her ble det funnet at grenseverdien på én time var for knapp. Denne ble derfor økt til to timer. Årsaken er at laste- og losseoperasjoner, ofte i kombinasjon med en sjåførpause, på øvrige lokasjoner vil kunne overstige én time, men at stoppet likevel er å betrakte som et midlertidig stopp på samme tur fordi kjøretøyet skal returnere til sentrallager, slakteri eller lignende. Metoden for å hensynstas bedriftenes egne transportopplegg fordrer at stoppestedene blir identifisert for den enkelte bedrift, avsnitt 6.4.4, og at man har informasjon om hvilke lokasjoner som er sentrale i logistikkopplegget og derfor bør inngå i en turidentifikasjon.

Erfaringen med å genere turer basert på GPS-data for den enkelte bedrift i prosjektet viser at transportopplegget til bedriftene er avgjørende hvis man ønsker samsvar mellom bedriftens oppfatning av en tur og de genererte turene basert på GPS-data. En generell metode basert på rene stopptider vil ikke gi tilstrekkelig samsvar, og derfor også avvik fra bedriftenes rapportering til offisiell statistikk. Denne problemstillingen omtales videre i kapittel 9.

6.4 Måling av stopptider

6.4.1 Stopp for lasting og lossing

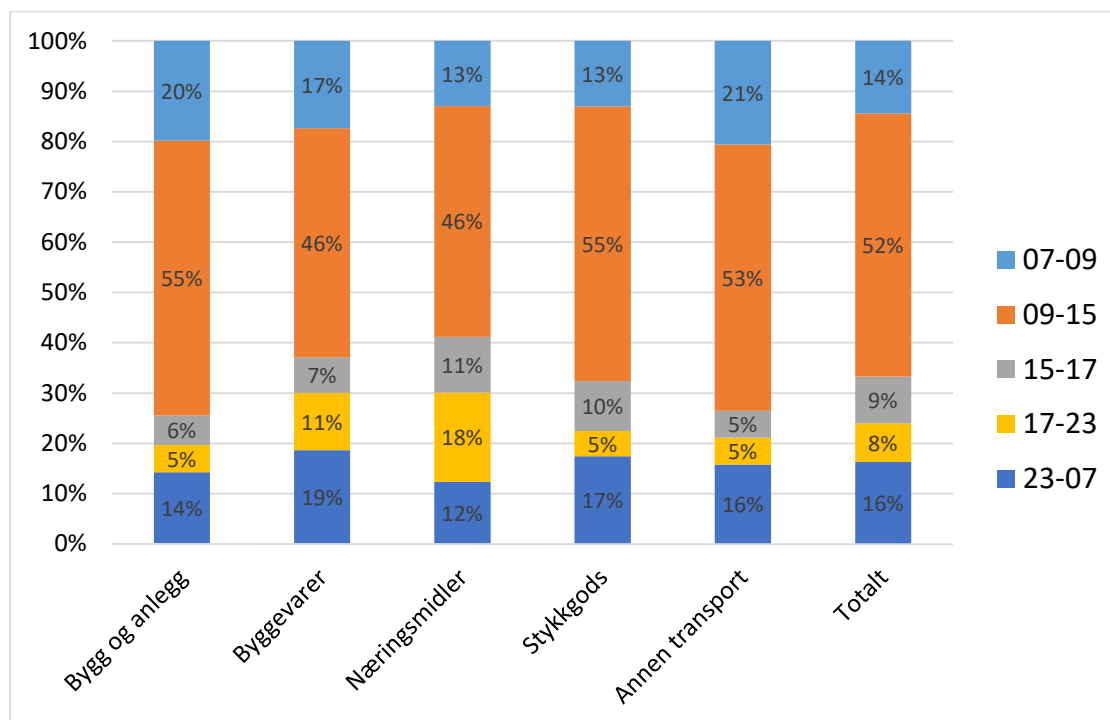
Metoden for å identifisere kjøretøystopp er beskrevet i avsnitt 4.2.2. For å definere om et stopp er knyttet til lasting og lossing ble det satt en generell regel om at stopp med varighet mellom 10 og 60 minutter er laste- og lossestopp, også kalt «primærstopp». Stopp med varighet under 10 minutter vurderes som stopp som skyldes andre hendelser, slik som kø, stopp for trafikklys eller korte stopp ved servicelokasjoner (f.eks. bensinstasjoner). Stopp med varighet over 60 minutter vurderes som stopp mellom turer.

Ovennevnte regler kan anses som relativt grove og kan medføre feilklassifiseringer av stopp for lasting og lossing. For det første vil det finnes tilfeller der kjøretøyet gjør unna lasting og lossing vesentlig hurtigere enn 10 minutter, ikke minst gjelder dette varelevering av mindre mengder gods. Denne problemstillingen er særlig framtreddende ved varelevering,

og gjennom arbeid med laste- og losseaktiviteter i byområder fant vi ut at denne metoden måtte videreutvikles (se eget avsnitt 6.4.2).

For det andre vil det være tilfeller av sjåførpauser og servicestopp med varighet 10-60 minutter som feilaktig blir klassifisert som laste- og lossestopp. I arbeidet med stoppidentifisering for deltagerbedriftene fant vi også at det finner sted en del laste- og lossestopp som varer over 60 minutter. Dette gjelder spesielt ved sentrallager, slakteri osv., der lastebiler skal lastes helt fulle, og tilsvarende når man skal losse fulle biler.

Å sette riktige grenseverdier basert på stopptider fra rene GPS-data for å avgjøre hva man anser som lasting og lossing er derfor problematisk, og vil også variere mellom ulike bedrifter og transporttyper. Likevel kan det gi et overblikk over hvor og når lasting og lossing finner sted. Figur 6.1 viser hvordan laste- og lossestoppene fordeler seg over døgnet i ulike transportsegmenter.



Figur 6.1 Laste- og lossestopp fordelt på tidspunkt over døgnet i ulike transportsegmenter. Tall for 1. kvartal 2021.

Det framkommer at fordelingen av laste- og lossestopp over døgnet i stort er nokså likt fordelt for de ulike transportsegmentene, men noen forskjeller kan likevel observeres: Bygg- og anlegg har størst andel av laste-losseaktivitetene skjer om morgenen og midt på dagen, mens Byggevarer og næringsmidler har størst andel som utføres ettermiddag og kveld.

6.4.2 Stopp for lasting og lossing i byområder

Ved analyse av stopp for lasting og lossing i byområder, der et utvalg av varebiler også var inkludert i analysegrunnlaget, ble den generelle definisjonen av stopp for lasting og lossing (se avsnitt 4.2.2) for grov og lite egnet. Spesielt var definisjonen problematisk for kjøretøy som utfører distribusjonsrunder med mange og korte stopp underveis på turene. Ved å holde på en minimum grenseverdi på 10 minutter for å definere et laste- og lossestopp ville

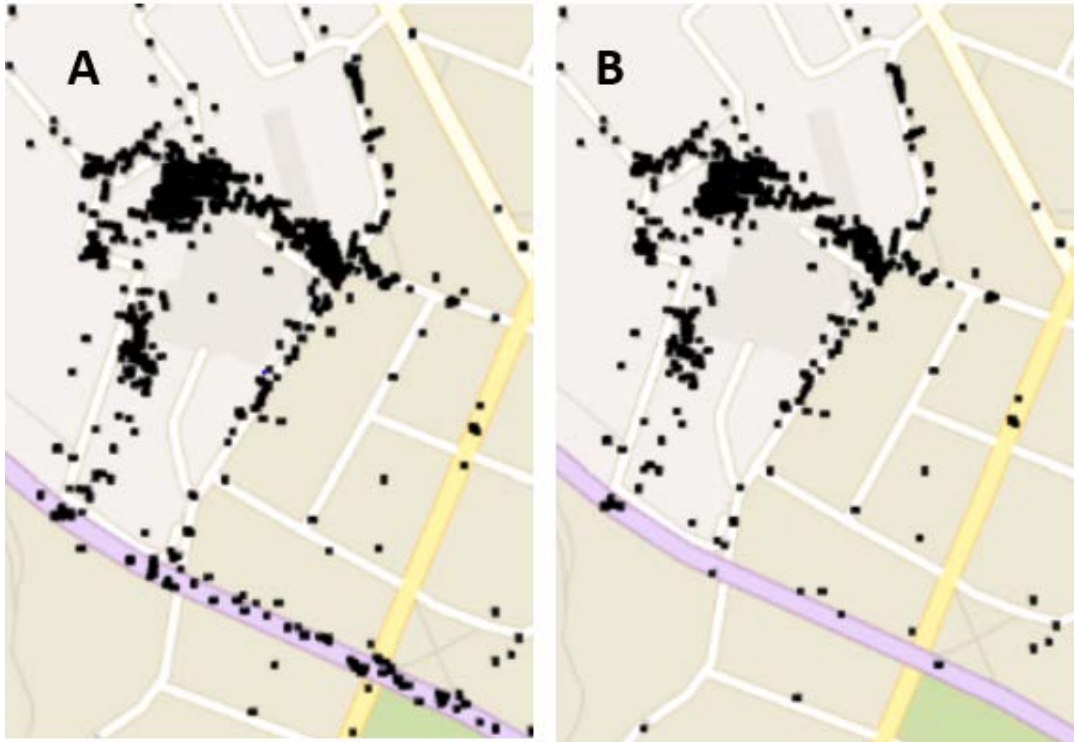
derfor mange kortere stopp bli utelatt. Samtidig er det en utfordring å sette en ny grenseverdi, ikke minst fordi forekomsten av stopp på grunn av kø og trafikklys nettopp er høy i byområder. Dette arbeidet er tema for et paper som ble presentert på NOFOMA-konferansen i 2020 (Mjøsund og Hovi, 2020) og som er videre bearbeidet til en artikkel som er i review når denne rapporten publiseres (Mjøsund og Hovi, 2020).

Ulike teknikker ble testet for å finne passende grenseverdier. Først plottet vi alle identifiserte stopp med varighet under 60 minutter i kart og studerte detaljerte stopplokasjoner for stoppene inndelt i ulike intervaller for stopptid. Vi fant at hovedvekten av de korteste stoppene (<2 minutter) typisk finner sted langs større veier, nær trafikkryss, kjente flaskehalser og andre steder der vi ikke vil forvente at henting og levering av varer finner sted. Basert på denne evalueringen ble minimum stopptid for et primærstopp satt til 2 minutter, og der kortere stopp er satt til å være den del av kjøringen.

For stopp med varighet mellom 2 og 5 minutter er bildet mindre klart. På den ene siden finner vi fortsatt mange observasjoner på de samme lokasjonene hvor man ikke vil forvente at varelevering- og henting vil finne sted, men på den andre siden finnes det også stopp som ligger i naturlige områder for distribusjonsrunder og derfor bør inkluderes som primærstopp.

Vår løsning ble å differensiere minimumsverdien for stopptid basert på kjøretøytype. For varebiler ble stopp med varighet mellom 2 og 60 minutter definert som primærstopp, mens for lastebiler ble minimum tillatt stopptid satt til 5 minutter. Begrunnelsen for å definere primærstopp basert på kjøretøytype er at varebiler i større grad benyttes på distribusjonsrunder i byområder til å hente/levere små forsendelser. Dette innebærer kortere stopptider og er noe som er typisk for distribusjon i byområder. Lastebiler brukes også på distribusjonsrunder, men da er det ofte snakk om større forsendelser som tar lengre tid å laste/losse. I tillegg har disse kjøretøyene vanligvis løftelem som må senkes og heves, noe som fører til lengre stopptid.

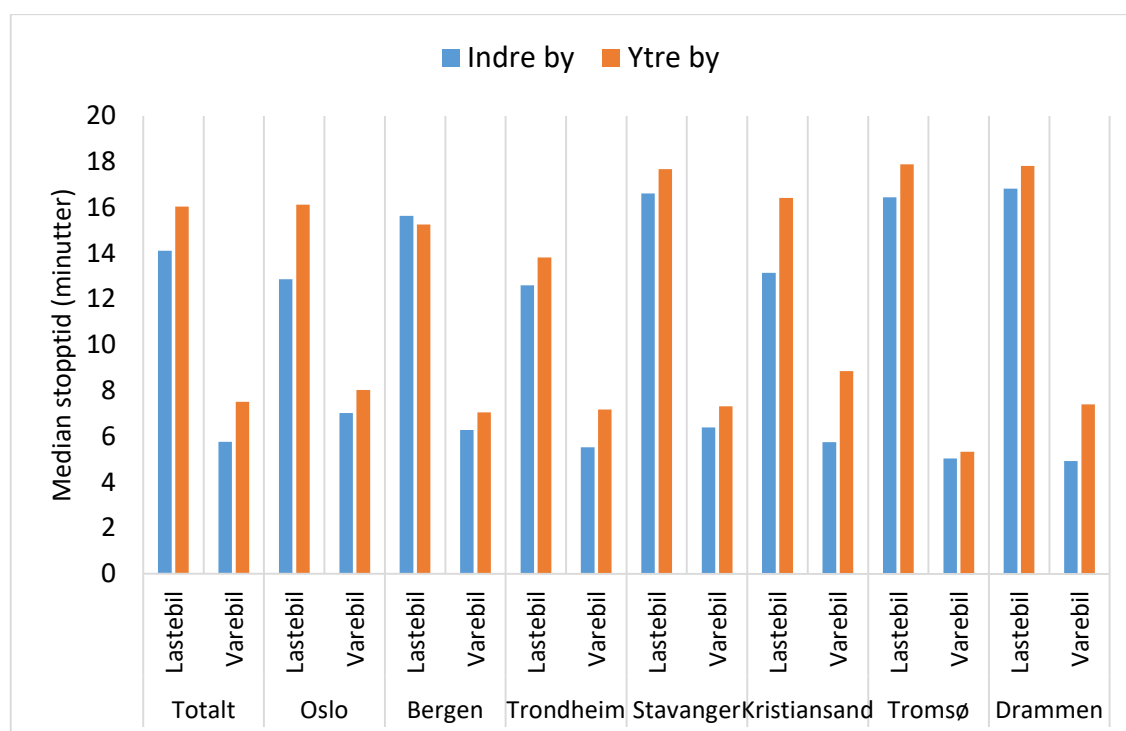
Figur 6.2. viser et kart med stoppobservasjoner i bydelen Torshov i Oslo. Del «A» viser alle stoppobservasjoner over 2 minutter, mens del «B» viser stoppobservasjoner over 2 minutter for varebiler og over 5 minutter for lastebiler.



Figur 6.2 Kart over stoppobservasjoner ved Torsbov i Oslo. A) Alle stopp over 2 minutter; B) Stopp over 2 minutter for varebiler og over 5 minutter for lastebiler.

De fleste stoppobservasjonene er samlet rundt et par bygninger som inneholder butikker og tjenester som tiltrekker seg godstransport, slik som et postkontor, en dagligvarebutikk og andre detaljhandelsbutikker. Disse stoppene ønsker vi at skal bli definert som stopp for lasting/lossing. Veien markert i lilla er ringvei 2 der lasting og lossing ikke finner sted. Del B av kartet viser at de fleste av disse observasjonene fjernes når minimumsgrensen for stopp som defineres som lasting/lossing heves til 5 minutter for lastebiler.

Basert på denne metoden er det beregnet stopptider for lasting og lossing for lastebiler og varebiler i norske byer i 2019. Tallene baserer seg på 513 tusen stoppobservasjoner for lasting og lossing i byene. Figur 6.3 gir en oversikt over median stopptider fordelt på byområder og kjøretøytyper, mens Tabell 6.8. også viser gjennomsnitts- og persentilverdier.



Figur 6.3 Median stopptid i minutter fordelt på ulike byområder, for lastebil og varebil.

Tabell 6.8 Stoppetider for lasting og lossing i byer. Fordelt på byområde og kjøretøytype. Gjennomsnitt, median og persentiler. Basert på GPS-observasjoner 2019. Minutter.

Byområde		Kjøretøytype	Gj.snitt	Std.av.	%til 05	%til 25	Median	%til 75	%til 95
Oslo	Ytre by	Lastebil	20,4	13,5	5,9	9,6	16,1	28,0	49,4
		Varebil	13,0	12,6	2,5	4,5	8,0	16,4	43,3
	Indre by	Lastebil	16,6	11,3	5,7	8,4	12,9	20,9	41,8
		Varebil	11,1	10,4	2,6	4,4	7,0	13,7	34,6
Bergen	Ytre by	Lastebil	20,0	13,8	5,8	9,0	15,3	27,8	49,9
		Varebil	11,0	10,6	2,4	4,0	7,1	13,5	35,2
	Indre by	Lastebil	20,2	14,1	5,6	8,7	15,6	28,2	50,0
		Varebil	9,7	9,2	2,4	3,9	6,3	11,9	28,5
Trondheim	Ytre by	Lastebil	19,0	13,6	5,8	8,9	13,8	25,3	49,4
		Varebil	11,8	11,7	2,4	4,0	7,2	14,8	39,0
	Indre by	Lastebil	17,0	11,9	5,8	8,6	12,6	21,3	44,8
		Varebil	9,6	10,4	2,3	3,4	5,5	11,0	33,5
Stavanger	Ytre by	Lastebil	22,1	14,6	5,8	10,1	17,7	31,6	51,8
		Varebil	11,4	10,8	2,3	3,9	7,3	14,8	35,4
	Indre by	Lastebil	20,3	13,2	5,8	9,3	16,6	28,2	47,5
		Varebil	10,6	10,6	2,4	3,7	6,4	12,5	34,9
Kristiansand	Ytre by	Lastebil	21,0	14,3	5,8	9,2	16,4	30,0	50,9
		Varebil	13,8	12,7	2,5	4,7	8,9	18,4	42,9
	Indre by	Lastebil	17,1	12,0	5,5	7,8	13,2	21,8	43,3
		Varebil	9,4	9,7	2,3	3,5	5,8	11,0	30,4
Tromsø	Ytre by	Lastebil	21,7	13,2	6,5	11,2	17,9	29,5	50,0
		Varebil	7,5	6,9	2,3	3,3	5,3	8,9	20,3
	Indre by	Lastebil	20,9	13,9	6,0	9,6	16,5	29,1	50,1
		Varebil	8,1	8,6	2,2	3,2	5,0	8,9	25,3
Drammen	Ytre by	Lastebil	21,7	13,5	6,3	10,8	17,8	30,0	49,8
		Varebil	10,5	9,8	2,4	3,8	7,4	13,1	30,0
	Indre by	Lastebil	20,5	13,0	6,0	9,8	16,8	28,6	47,1
		Varebil	9,6	10,0	2,6	3,2	4,9	12,0	31,3
In total	Ytre by	Lastebil	20,5	13,7	5,9	9,5	16,1	28,3	49,8
		Varebil	12,1	11,8	2,4	4,2	7,5	15,4	39,4
	Indre by	Lastebil	18,5	12,7	5,8	8,8	14,1	24,4	46,6
		Varebil	9,6	10,0	2,3	3,5	5,8	11,2	32,3

Resultatene fra disse analysene er sammenlignet med en tidligere observasjonsstudie gjennomført av Statens Vegvesen Vegdirektoratet (2008), og resultatene viser seg å ha godt samsvar. Et eksempel på hvordan GPS-dataene om kjøretøybevegelser i byer kan danne grunnlag for nye bylogistikk-løsninger finnes i kapittel 8.5.

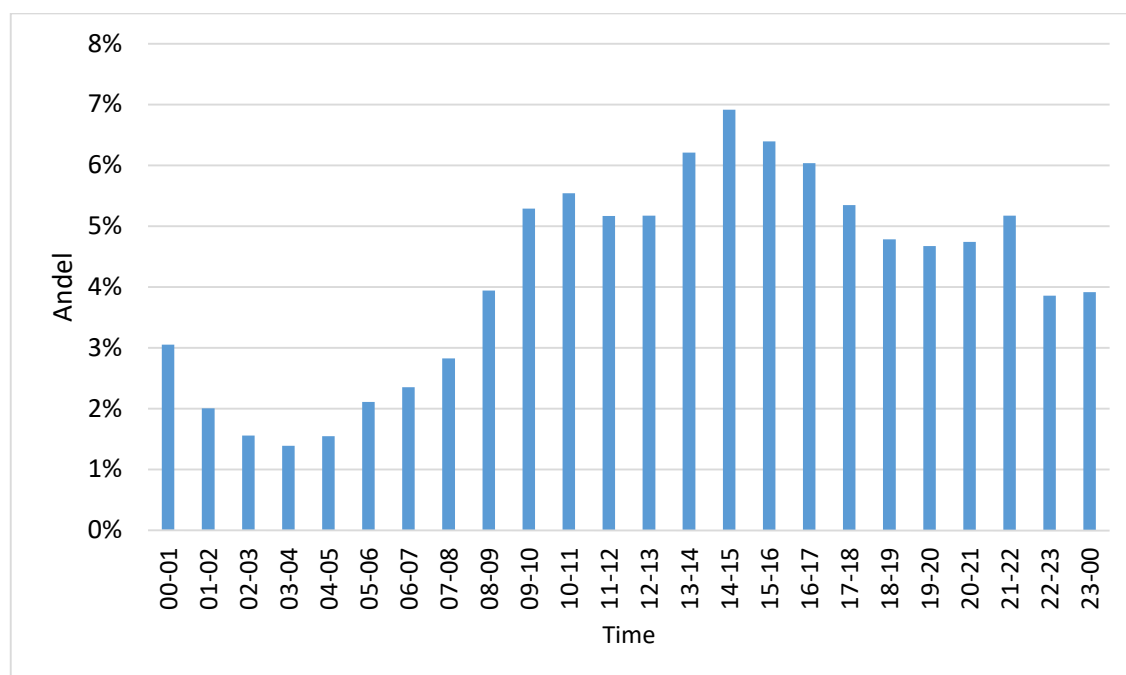
6.4.3 Stopp for hviletid og parkering

I tillegg til laste- og lossetider er GPS-dataene også en kilde til informasjon om hvor og når sjåførene tar ut lovpålagt hviletid⁴. Med bakgrunn i gjeldende regelverk for kjøre- og hviletid har vi antatt at stopp som varer mellom 30 og 90 minutter og som kommer etter at

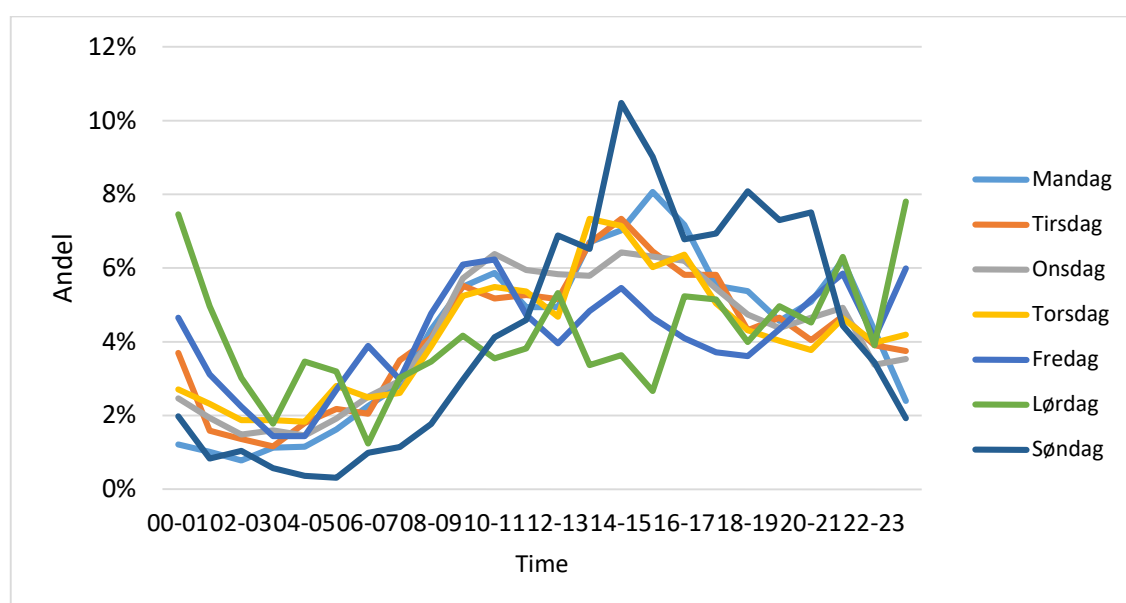
⁴ Hovedregelen er at etter maksimalt fire og en halv times kjøring skal sjåføren ta 45 minutters pause. [Daglig kjøreperiode og pauser | Statens vegvesen](#)

sjåføren har kjørt i minst 3,5 timer utgjør stopp i forbindelse med hviletid for sjåfør. Informasjon om tid og sted for disse stoppene kan være verdifullt for eksempel ved planlegging av framtidig infrastruktur for hurtiglading av elektriske lastebiler. Slik hurtiglading tar betydelig lengre tid enn det tar å fylle drivstoff for diesel- eller gassdrevne lastebiler og er derfor ønskelig at skjer når kjøretøyet uansett ikke kan benyttes, som f.eks. i forbindelse med stopp for pålagt hviletid.

Figur 6.4. viser fordeling av slike hviletidsstopp over time over døgnet, mens figur 6.5. viser fordelingen på time over døgnet og for de ulike ukedagene.



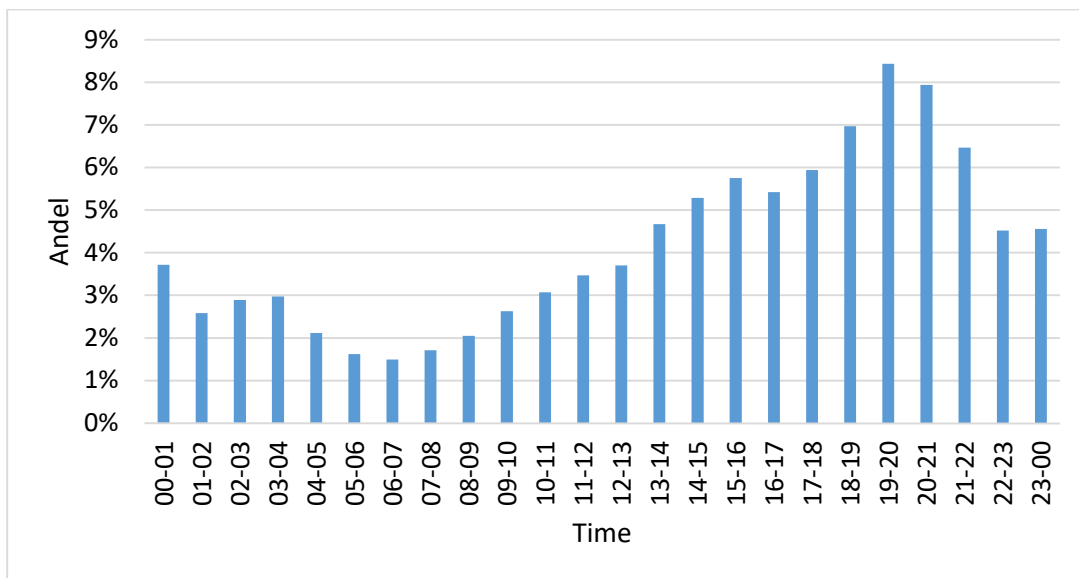
Figur 6.4 Fordeling av hviletidsstopp på time over døgnet. Basert på GPS-observasjoner 2019-2021. Prosent.



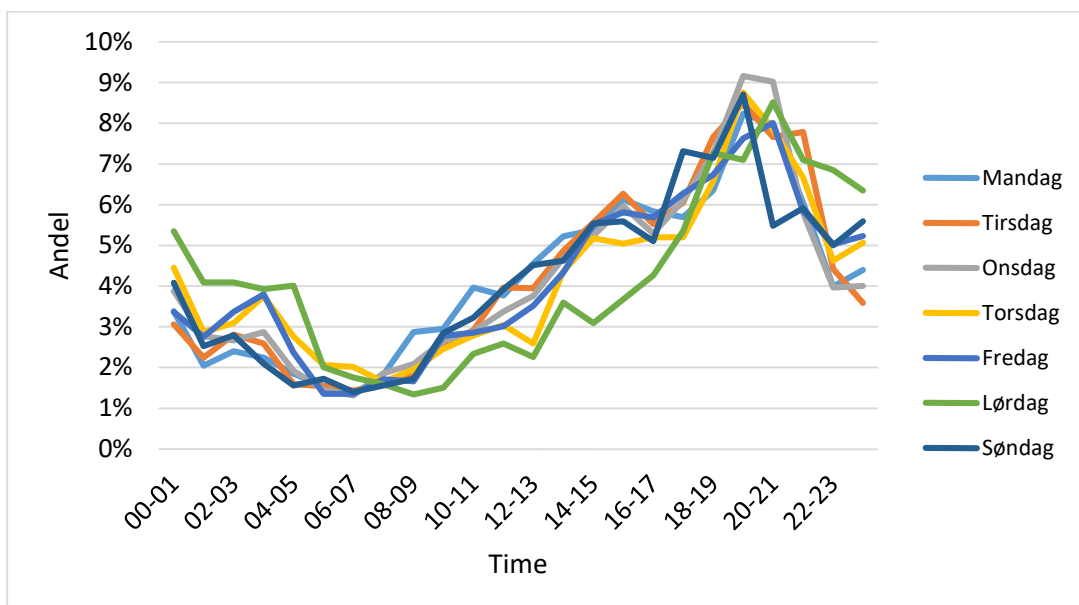
Figur 6.5 Fordeling av hviletidsstopp over time over døgnet og ukedag. Basert på GPS-observasjoner 2019-2021. Prosent.

Figurene viser at hviletidsstopp foretas gjennom hele døgnet med en topp mellom kl. 13-16. De ulike ukedagene har i hovedsak samme fordeling, men søndag skiller seg ut med færre hviletidsstopp på nattestid og om morgenen/formiddagen og flere på ettermiddagen og kvelden.

Det er også av interesse å vite når på døgnet bilene parkeres og blir stående lenge stille, også dette er relevant for planlegging av ladeinfrastruktur og forventet belastning i elnettet. I det nevnte eksempelet om elektriske biler vil dette være tidspunkter der de elektriske lastebilene settes til lading ved terminal/parkeringsplass og ladekapasitet kan dimensjoneres deretter. Vi har antatt at stopp som varer over 90 minutter og kommer etter at sjåføren har kjørt minst 3,5 timer handler om parkering etter endt kjøring. Figur 6.6 viser fordeling av slike hviletidsstopp etter tidspunkt på døgnet, mens figur 6.7 viser fordelingen på time over døgnet og for de ulike ukedagene.



Figur 6.6 Fordeling av stopp for parkering på time over døgnet. Basert på GPS-observasjoner 2019-2021. Prosent.



Figur 6.7 Fordeling av stopp for parkering på time over døgnet og ukedag. Basert på GPS-observasjoner 2019-2021. Prosent.

Fra figurene framgår et tydelig mønster der flest lastebiler settes til parkering utover ettermiddagen og kvelden, med et toppunkt i tidsrommet 19-21. Dette mønsteret går igjen for de fleste ukedagene, men lørdag skiller seg ut ved at en større andel av parkeringen finner sted sent på kvelden og om natten.

6.4.4 Identifisering av stoppesteder

For deltagerbedriftene i prosjektet var det ønskelig å identifisere lokasjoner der lastebilstoppene fant sted. Uten en direkte kobling mellom kjøretøydata og ordrededata var dette utfordrende, og det var nødvendig å utvikle en metode som kun brukte posisjonsdata fra lastebilene og posisjonsdata om aktuelle lokasjoner for de enkelte bedriftene for så å matche basert på distanseberegning (ved bruk av Haversine-formelen, se avsnitt 4.2.1).

For å identifisere lastebilstopp som gjaldt laste- eller losseaktivitet for bedriftene ble det derfor utarbeidet registre med informasjon om posisjonsdata (x- og y-koordinater) for bedriftenes lokasjoner. Lastebilstopp som fant sted innenfor en radius på 250 meter fra en av disse lokasjonene ble registrert som stopp på gjeldende bedriftens lokasjon. Hvis det var flere av bedriftenes lokasjoner innenfor radiusen, ble lokasjonen som var nærmest valgt.

Denne metoden bygger på at det finnes fullstendige lister over aktuelle lokasjoner for den enkelte bedrift. Transportøren tar gjerne også andre oppdrag på returen, noe som medfører at en del lastebilstopp ikke fikk treff med bedriftens lokasjoner. I noen tilfeller ble også lastebilstopp identifisert som tilhørende en av prosjektets deltagerbedrifter, mens stoppet egentlig var tilknyttet ekstraoppdrag for andre bedrifter innenfor samme radius. Metoden var vellykket til å gi bedriftene ny informasjon om hvor lang tid lasting/lossing tar på ulike lokasjoner, se kapittel 7 for eksempler på dette.

Figur 6.8 viser et eksempel på identifisering av laste- og lossestopp for en deltagerbedrift i prosjektet. Alle søylene i kartet viser ulike lokasjoner for lastebilstopp. De røde søylene er identifisert som stopp ved en av deltagerbedriftenes lokasjoner på Årvollskogen utenfor Moss fordi stoppet er innenfor en radius på 250 meter fra den definerte lokasjonen. Vi ser også at noen av disse observasjonene har en geografisk spredning som dels skyldes usikkerhet knyttet til ulik frekvens på GPS-posisjonene, og dels usikkerhet knyttet til metode for stoppidentifisering (se avsnitt 4.2.2). Videre er det en samling lastebilstopp litt nord for bedriftens lokasjon (oransje stolper). Dette er stopp som har funnet sted på Storebaug, hvor det finnes bensinstasjoner og øvrige servicetilbud, i tillegg til parkeringsmuligheter for lastebiler.



Figur 6.8 Illustrasjon på identifisering av laste- og lossestopp for en deltagerbedrift.

6.5 Kobling av turer mot ruter

I kostnadskalkyleverktøyet ble utviklet i prosjektet var en av hensiktene å finne en riktig transportkostnad (og -pris) for de ulike transportrutene til bedrifter. Viktige forutsetninger her er riktig tidsbruk og distanse basert på kjøremønster og stopptider, som grunnlag for beregning av tids- og distanseavhengige kostnader. GPS-dataene gir ny informasjon om dette. Selv om planleggingsverktøy kan gi informasjon om planlagte ruter, er en av våre observasjoner at det mangler informasjon om hvordan transportene faktisk gjennomføres. For det første er informasjon om kjøretider og laste- og lossetider gjerne skjønnsmessig satt. For det andre så vi at transporter er uforutsigbare selv i et rutesystem, fordi transportøren gjerne tar oppdrag på veg tilbake til hovedlager (henting av returgods). Disse oppdragene kan planlegges på ad hoc-basis.

For å kunne gjøre målinger av slike faktorer ønsket vi å koble posisjonsdata fra lastebil-dataene opp mot gjeldende rutestruktur. Vi lagde derfor et opplegg som brukte turinformasjon fra GPS-dataene og kobler denne mot destinasjonene i ruteopplegget til bedriftene. Dette utgjør en forenkling i forhold til integrering av GPS-data i et eksisterende ruteplanleggingsverktøy, men ga muligheter til analyser som bedriftene ikke hadde før. Kapittel 7.1 og 7.2 gir eksempler på anvendelse av dette.

6.6 Kobling av sendingsdata og kjøretøydata basert på informasjon om tid og sted

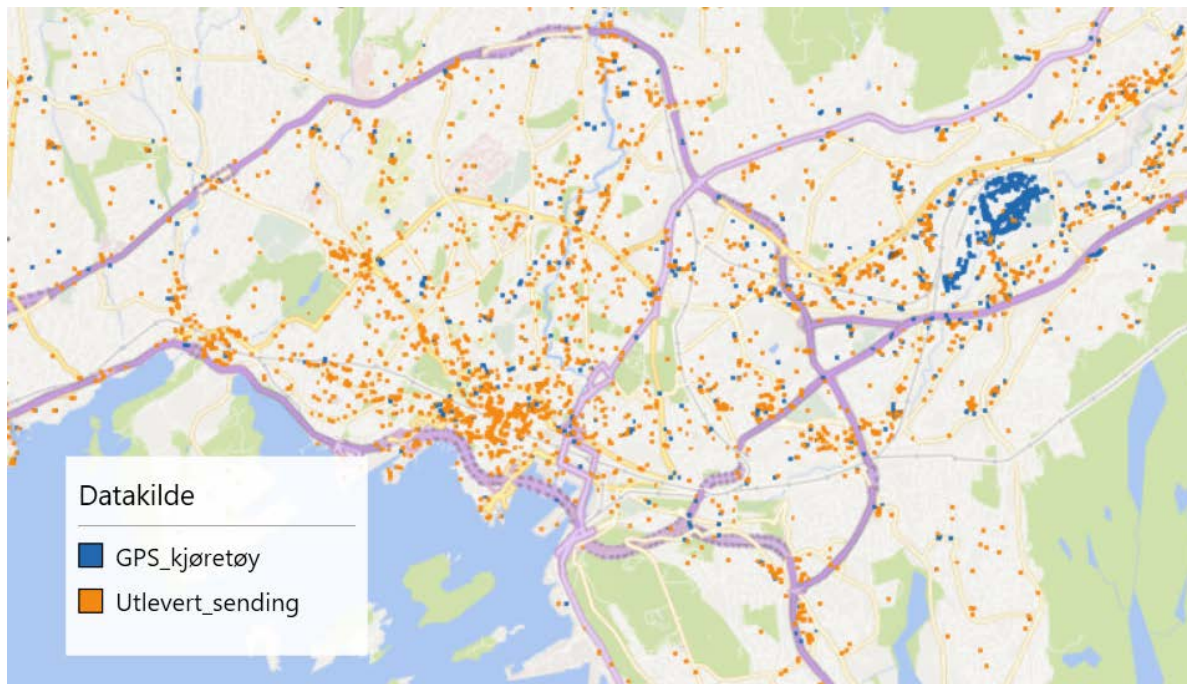
6.6.1 Problemstilling

Som det i ulike diskusjoner i denne rapporten er påpekt er det ofte datautfordringer eller mangler i forhold til det som egentlig er ønskelig for ulike typer analyser og innsiktsgenerering for godstransport. Ettersom slike utfordringer ikke er løst over natten har vi gjennomført et testforsøk på å koble sendingsdata og kjøretøydata for en av samarbeidsbedriftene i prosjektet, for å se om dette kan gi noen muligheter og innsikter.

Hovedutfordringen med koblingen av sendings- og kjøretøydataene er at vi ikke har kobling mellom sending og kjøretøyet disse ble transportert med. Dette må derfor beregnes/kobles basert på sammenfall i tid og sted for utleverte sendinger og kjøretøy-stopp. I dette prosjektet var videre datamengdene såpass store at man risikerer å koble feil hvis man kun tar hensyn til tid og sted på enkeltsendinger og hensyntar sammenfall mellom sendinger og kjøretøy over tid (på turnivå). Her er hypotesen at hvis utleverte sendinger og kjøretøy skjer tett på hverandre i tid og sted mange ganger i løpet av en dag kan man med rimelig sikkerhet anta at man har identifisert kjøretøy og tilhørende sendinger. Når man har identifisert dette kan man gjøre koblingen mellom sendinger og kjøretøystopp direkte for turene.

I dataene som ble innsamlet i prosjekter var utfordringen videre at det er mange-til-mange relasjoner i kobling av sendinger og kjøretøy både på tid og sted. Dette betyr at det kan ha vært mange sendinger på samme tid og sted som et kjøretøy, og det kan være mange kjøretøy som har vært på samme tid og sted som sendingene. Dette gjelder spesielt i områder med hyppige utleveringer og mange kjøretøy i løpet av dagen. I slike mange-til-mange-relasjoner kan man ikke være sikre på at man har funnet riktig kobling, og det forsterker behovet for en metode som går utover direkte kobling av sending og kjøretøy fra kjøretøy- og sendingsdataene. For dataene i dette prosjektet er det videre kompliserende at vi ikke har tilgang til alle kjøretøy som gjennomførte sendingene, i tillegg til at datasettet også kan inneholde kjøretøy som ikke fraktet de relevante sendingene. En ytterligere utfordring vi møtte underveis i testforsøket var at det var feil klokkeslett for en av datakildene, mest sannsynlig på grunn av tidssone-problematikk.

Figur 6.9 viser lokalisering av sendinger (oransje) og kjøretøystopp (blå) i Oslo på en utvalgt dato.



Figur 6.9 Lokalisering av sendinger og kjøretøystopp på en utvalgt dato.

Det framkommer at det i stort er flere registrerte sendingslokasjoner enn det er kjøretøylokasjoner, noe som illustrerer at det sannsynligvis er mange av bilene som mangler i datasettet. Ett unntak er imidlertid for alnabruområdet der det er registrert mange stopp på ulike lokasjoner innen på området.

6.6.2 Data

Sendingsdata

Sendingsdatasettet er på enkeltsendingsnivå, det vil si at flere sendinger kan knyttes til samme utlevering. Dataene inneholder detaljert geografisk informasjon på koordinatnivå om utleveringssted. I tillegg er det informasjon om koordinater for lastested, men dette er mangelfullt oppgitt i datasettet. Det er informasjon om hvilken enhet sjåføren tilhører, samt en ID for skanneenhet (PDA/mobil/e.l.) som ble brukt ved utlevering. Disse to variablene kan sammen med dato utgjøre en turidentifikasjon. For hver sending forelå informasjon om vekt, volum, høyde, lengde og bredde. Det var også oppgitt produktkoder og produktnavn for sendingene.

Kjøretøydata

Kjøretøydataene bestod av et datasett med stoppobservasjoner hentet fra GPS-dataene som ble samlet inn i prosjektet. Det er etablert en metode for å omgjøre GPS-dataene til stoppobservasjoner. Det er knyttet usikkerhet til denne metoden, men i prinsippet skal alle stopp utført med varebiler og som varer lenger enn to minutter være definert, i tillegg er stopp utført av lastebiler med over 5 minutters varighet med i datasettet. Hver stoppobservasjon har tilknyttet ID for kjøretøy, samt informasjon om varighet på stoppet og geografisk informasjon ned på koordinatnivå. Dataene inneholdt også informasjon om hvor forrige og neste stopp for kjøretøyene er.

6.6.3 Metode

Endre stopplokasjon i kjøretøydata

For formålet med å koble sendings- og kjøretøydataene ble det klart at vi måtte endre lokasjonsdefinisjon i beregningen av stoppaktivitet i kjøretøydataene. Dette fordi koblingene krever så presis stedfesting som mulig. Et kjøretøystopp defineres fra GPS-data som en kjede av sammenhengene GPS-observasjoner der kjøretøyet står i ro. Siden metoden tillater noe kjøretøybevegelse i begge ender av denne kjeden vil den definerte lokasjonen for et stopp være avhengig av hvilket GPS-punkt som identifiserer lokasjonen; den første observasjonen, den siste observasjonen eller en observasjon mellom disse punktene. Ved å studere sendingsdata mot kjøretøydata fant vi at det blir mer presist å definere lokasjonen til midterste stoppobservasjon i stopprekken.

Aggregering av sendingsdata

I sendingsdatasettet var hver enkelt sending oppgitt som observasjoner. Sendinger som er levert samtidig, dvs på nøyaktig samme tidspunkt og ved samme koordinater, ble aggregert til en enkelt observasjon. Antall sendinger ble etablert som en egen variabel i aggregeringen. Dette reduserer antall linjer i datasettet betydelig, og er mer i samsvar med kjøretøyenes stoppaktivitet. Disse nye aggregerte observasjonene er videre kalt «utleveringer».

Definere koblingsnøkkel

For å finne ut hvilken koblingsnøkkel som best kan identifisere sammenfallende utleveringer og kjøretøydata ble det testet ulike varianter. Koblingsnøkkelen består av tre ledd som kan genereres i begge datasettene: Dato-tid-posisjon.

Tid: Vi ønsket en tidsangivelse som var detaljert nok til å kunne fange opp variasjonen og derfor skille utleveringer, men hvor vi samtidig ikke mistet for mange potensielle relasjoner fordi tidspunktene mellom utlevering og kjøretøystopp i praksis er forskjellige. Vi har derfor valgt å sette tidspunkt til klokke-time, dvs at hvert datasett angir hvilket timestidsintervall aktiviteten skjedde i løpet av dagen, f.eks. angir «9» at hendelsen skjedde mellom kl. 9-10 denne dagen. En svakhet med metoden er mislykket kobling når tidspunktene i datasettene ligger på hver sin side av hel klokke-time.

Sted: Både kjøretøy- og sendingsdatasettet inneholdt informasjon om postnummer og GPS-koordinater på svært detaljert nivå. Postnummer ble først forsøkt som stedsidentifikator i koblingsnøkkelen, men ble for lite treffsikker når vi har tilgang til koordinatene. Samtidig vil usikkerhet i koordinatfesting, og at kjøretøystopp og utlevering av sendinger vil kunne skje et stykke fra hverandre, gjøre at koordinat-data på detaljert nivå medfører at vi mister mange potensielle relasjoner. Vi landet derfor på å utarbeide avkortede versjoner av koordinatene der 2 desimaler beholdes.

Koblingsnøkkelen ble derfor sammensatt av dato, klokke-time, x-koordinat (2 siffer) og y-koordinat (2 siffer).

Kobling av datasettene

Etter å ha utviklet koblingsnøkkelen i begge datasettene hadde vi informasjon om hvilke utleveringer og kjøretøystopp som fant sted i samme geografiske område på samme dato og klokke-time.

Gjennom dette kunne vi koble sammen datasettene, men hadde fortsatt utfordringer med mange-til-mange-relasjoner. Det er i mange tilfeller flere ulike leveringer og flere ulike

kjøretøy per koblingsnøkkel-identifikator. Dette ble løst ved å koble på alle kjøretøyene som har vært på samme sted og tid på hver enkelt utlevering gjennom å opprette en oppslagsliste (matrise) fra kjøretøydasettet der hver koblingsnøkkel har dummyverdier for hvert enkelt kjøretøy (opprettet som variabler). Matrisen kobles så på utleveringsdatasettet slik at hvert enkelt kjøretøy er nye dummyvariabler i dette datasettet.

Etter dette er utleveringsdatasettet aggregert på turnivå (definert som dato-enhetsnummer til skanner og utstyrsidenten til skanneren). For hver tur telles det opp hvor mange ganger de ulike kjøretøyene har vært på samme tid og sted som utleveringene. Dette angis med et antall treff og navn på hvilket kjøretøy som har flest treff.

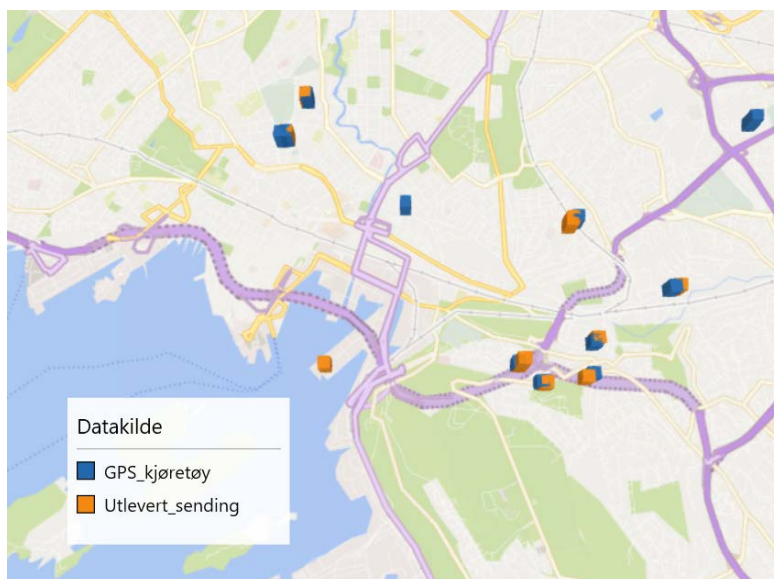
På grunn av usikkerhet, både i grunnlagsdata, men også i metode for koblingsnøkkel, kan vi ikke forvente fullt treff mellom sendingsdata og kjøretøydata for hver koblingsnøkkel, men vi kan sette noen grenseverdier for hvor stor andel treff vi bør ha før vi mener vi har funnet riktig kobling mellom utleveringer og kjøretøy:

- Turer med opptil 10 stopp: Minst 80 % treff mellom utleveringsdata og kjøretøydata
- Turer med over 10 stopp: Minst 60 % treff mellom utleveringsdata og kjøretøydata

6.6.4 Resultater

For testforsøket resulterte metoden diskutert over i 24 turer der hver tur inneholdt én eller flere utleveringer. Hver av utleveringene kunne også inneholde flere sendinger. Halvparten av turene inneholdt kun én utlevering, og det er svært usikkert om koblingen til kjøretøydata er reell eller er tilfeldig i disse tilfellene. Det siste er uansett tilfelle for alle turer som har flere ulike kjøretøy knyttet til turen. Her er det flere kjøretøy som har vært i samme område på samme tid som utleveringen har funnet sted. Turer med få antall stopp bør derfor behandles spesielt i eventuelt videre arbeid. En løsning kan være å begrense analysene til turer med et minimum antall stopp på turen, eventuelt at man kobler turer med få stopp med en koblingsnøkkel der tid og sted snevres inn.

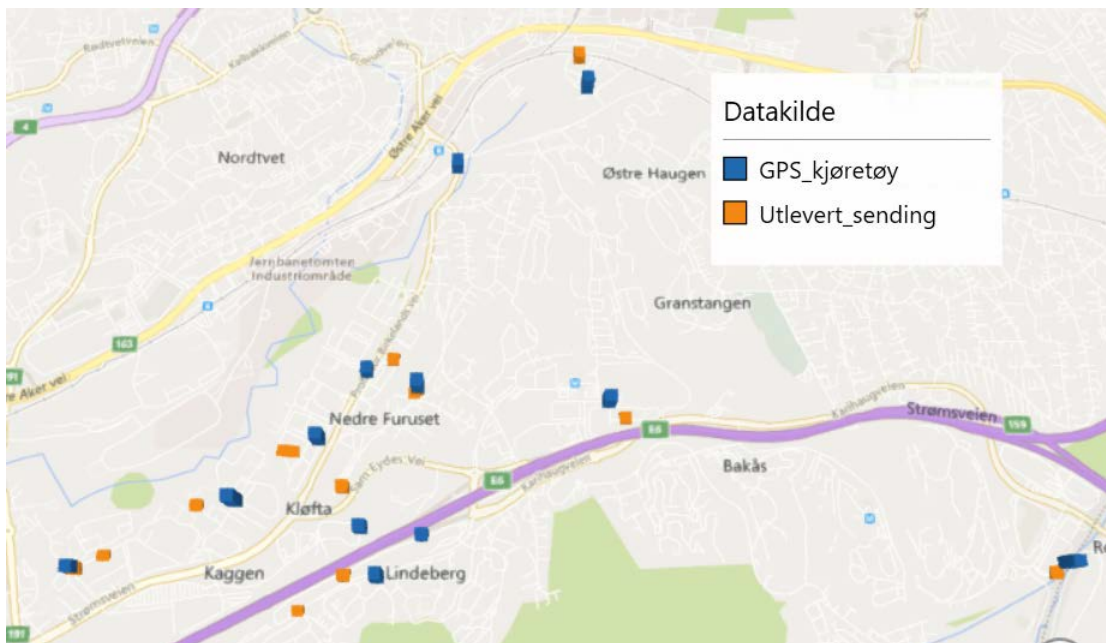
For turer som hadde flere utleveringer virket identifiseringen vellykket. Kartplottene under viser noen eksempler på turer med sendingsdata og kjøretøydata.



Figur 6.10 Eksempel på vellykket kobling mellom sendingsdata og kjøretøydata

Dette plottet viser tydelig en og samme tur, selv om det i noen tilfeller er vanskelig å illustrere/skilte utleveringer (oransje) og kjøretøystopp (blå) fra hverandre fordi de ligger på samme punkt. Vi har ett tilfelle der en utlevering (på Sørenga) ikke er tilknyttet et kjøretøystopp. Ved å studere kjøretøysdataene finner vi et GPS-posisjonspunkt også her, men ikke i form av et stopp. Årsaken er mest sannsynlig at GPS-frekvensen har vært for lav og at det derfor ikke er registrert som et stopp. En annen mulighet er at stoppet var så kort at det falt utenfor vår definisjon av stopp for lasting/lossing. I tillegg er det to kjøretøystopp der det ikke er finnes utleveringsdata.

Figur 6.11 viser et annet eksempel på tur med vellykket kobling mellom sendingsdata og kjøretøysdata.



Figur 6.11 Eksempel på vellykket kobling mellom sendingsdata og kjøretøysdata

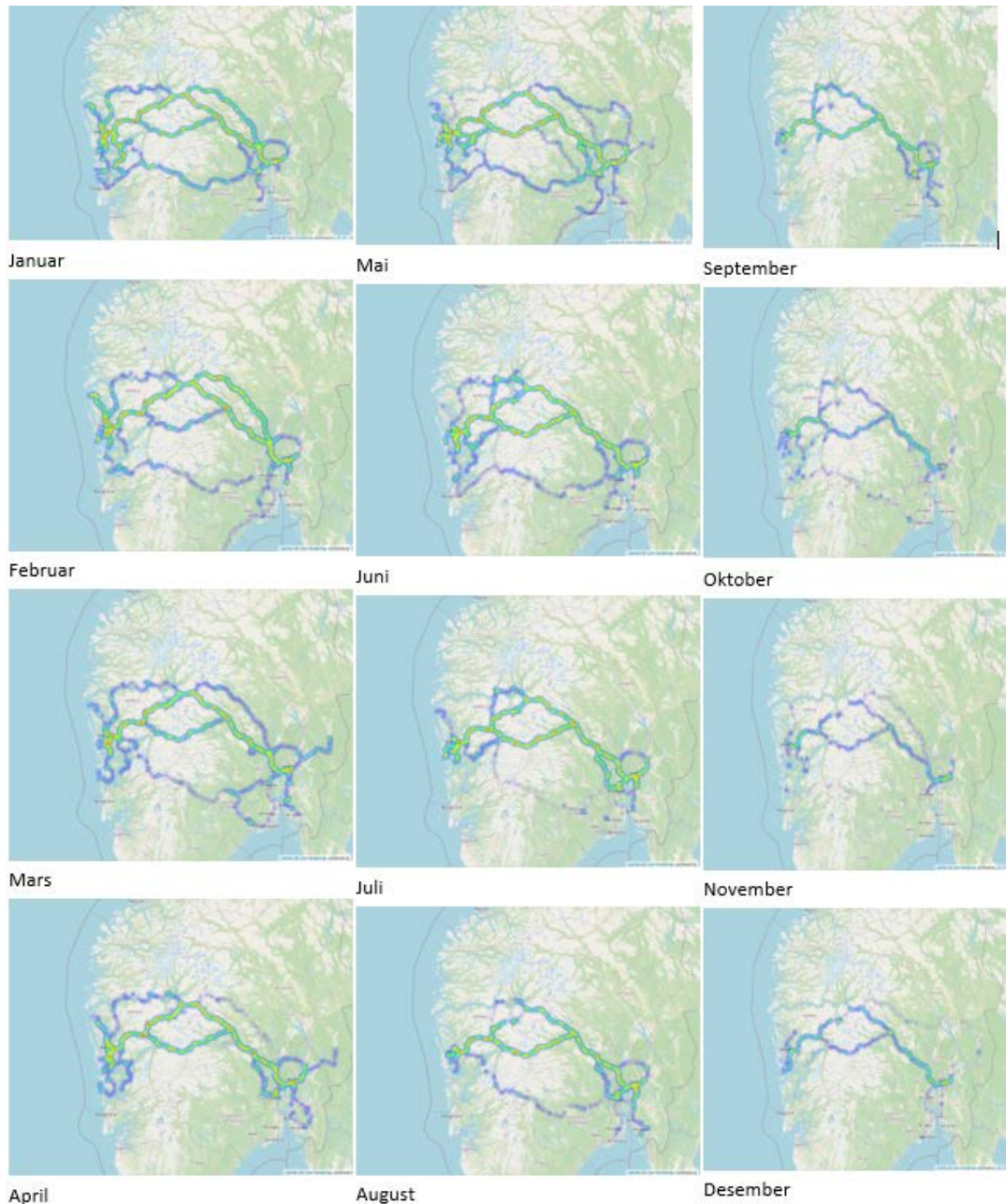
6.6.5 Konklusjon og videre arbeid

Det er utviklet en metode til å identifisere turer der det med høy sannsynlighet er vellykkede koblinger mellom kjøretøy- og sendingsdata. Metoden bør justeres for å ekskludere turer med svært få stopp, eller det bør utvikles en metode som er mer treffsikker for turer med svært få stopp.

Selv om metoden identifiserer turer med kobling mellom sendingsdata og kjøretøysdata er antallet treff lavt. For dette forsøket gjort på data for en dag identifiserte vi 11 turer der vi kan være relativt sikker på korrekt kobling. Ettersom disse turene har flere stopp per tur (fra 4 til 44) og hvert stopp kan ha flere sendinger er antall sendinger riktignok mye høyere, men med tanke på at antall sendinger denne dagen i Oslo og Bergen totalt er på over 24 000, er det kun en liten andel vi identifiserer. En av årsakene er at vi underveis i arbeidet fant feil klokkeslett for en av datakildene, mest sannsynlig på grunn av tidssoneproblematikk, men at feilen ikke så ut til å være systematisk, men gjeldende kun for enkelte kjøretøy. Dette var derfor vanskelig å rette opp.

6.7 Rutevalg

GPS-dataene dannet grunnlag for å spore kjøretøybevegelser i tid. Dette kan gi informasjon om kjøretøyenes rutevalg, for eksempel hvordan rundturer organiseres mtp bydistribusjon, eller hvor lange «omveier» som kjøres for å ta med returgods (se også casestudier for Bama). Et annet eksempel er at det kan spores hvilke ruter som velges mellom f.eks. Øst- og Vestlandet og hvordan dette varierer over året, noe som i sin tur kan danne input til mer representative transportmodeller. Dette illustreres i figur 6.12 for ulike måneder på året. Selv om kartplottene påvirkes av at det totale antall kjøretøyet som kjører mellom Øst- og Vestlandet varierer over året, er det likevel en rekke mønstre som blir synlige hva gjelder hvilke rutevalg som er dominerende og hvilke ruter som er mer aktuelle sommerstid enn om vinteren.



Figur 6.12 Eksempel på rutevalgsanalyse mellom Oslo og Bergen basert på GPS-dataene.

6.8 Videreutvikling av identifisering av stopp for lasting og lossing

Metoden for å identifisere stopp for lasting og lossing i dette arbeidet er basert på rene GPS-data, men også i kombinasjon med informasjon om relevante laste- og lossesteder for bedriftene. Vi ser flere muligheter til å forbedre denne metoden i framtidige arbeider.

- **Integrering mot ERP-data.** Ved å integrere kjøretøysdataene med ordredata vil identifisering av laste- og losseaktiviteter bli mer pålitelig og man kan også koble på ordreinformasjon og dermed få informasjon om hva som er lastet og losset. Dette potensialet er belyst i kapittel 8.

- **Integrering mot ruteplanleggingsverktøy.** Et ruteplanleggingsverktøy vil kunne gi informasjon om hva som var planene for transporten. Ved å matche dette mot kjøretøybevegelser vil identifisering av laste- og losselokasjoner kunne bli sikrere. En utfordring er å behandle den delen av transporten som ikke var planlagt. Dette er også diskutert videre i kapittel 8.
- **Benytte vektdata fra FMS.** Mot slutten av prosjektet begynte enkelte kjøretøy å levere dynamiske vektdata for kjøretøyet sammen med GPS-posisjon. Dette omfanget var lite og det så også ut til å være kvalitetsutfordringer med vektdataene. Her ligger det likevel et potensiale for bedre identifisering av stopp for lasting og lossing fordi stopp kombinert med vektendringer på kjøretøyet vil tyde på lasting eller lossing. Dette gjelder spesielt gods av en viss tyngde. Lettere forsendelser vil antageligvis være vanskeligere å registrere fordi målemetoden for dynamiske vektdata i seg selv medfører en usikkerhetsmargin.

7 Eksempler på bruk av nye data i transport- og logistikkanalyser

7.1 Innledning

I dette kapitlet vil vi trekke fram eksempler på analyser som er gjennomført i prosjektet og der analysen er basert på det nye datatilfanget. Gjennom kalkylemodellen der kostnadene kartlegges, og der input fra GPS-dataene legger grunnlaget for tidsparametere, kan man beregne eksakte kostnader med stor validitet knyttet til de ulike bedriftene. Eksempelvis ble bedriftene intervjuet angående tidsparametere før man begynte å måle og det var da mulig å se forskjellen mellom hva man trodde tidsparametere var, og hva de faktisk var. Her var det til dels store avvik som også førte til feil beslutninger.

Det er gjort mange interessante kostnadsanalyser gjennom dette arbeidet. For eksempel er det gjort beregninger på betydningen av mengde lastet. Hvert stopp i en rute har en fast og en variabel tid. Gjennom GPS sporingen har man klart å skille disse og med det identifisert stordriftsfordelen ved å laste flere paller på en stopp. Dette gir interessante funn og grunnlag for å vurdere om og hvor mye som bør være minstekvantum.

Videre er det beregnet effekten av å ta med varer på returen. Her er det beregnet både kostnader og CO₂-avtrykk og et annet interessant funn er at om man beregner hvor mange paller man må ta med på returen for at det skal lønne seg, gir det et annet resultat om man legger CO₂ til grunn i stedet. Minimum antall paller en må ta med på returen for at skal lønne seg er høyere enn med utgangspunkt i CO₂-utslipp.

7.2 Arbeid med kontinuerlig forbedring i logistikk og transportopplegg

7.2.1 Case 1: Kontinuerlig forbedring av transport i Bama

Som en del av prosjektet har vi jobbet med et bidrag som Bama kan bruke til sitt forbedringsarbeid av logistikkoperasjoner. Dette arbeidet har dannet grunnlag for en artikkel som ved publisering av denne rapporten ligger til andre review i journalen *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* (Bø and Mjøsund), og der de mest relevante deler oppsummeres nedenfor. Deler av arbeidet som gikk utover Limcos prosjektformål ble finansiert av Bama.

Forskningsspørsmålet i artikkelen var: Hvordan kan bruk av GPS-data gi bedre innsikt i transportløsninger fra et kostnads- og miljøperspektiv?

Spørsmålet har sin bakgrunn i eksisterende transportopplegg, der utgående transport går fra sentrallageret på Nyland (Alfaset i Oslo) til bl.a. lokale lagre og hvor transportene styres av strenge avtaler om leveringstider og -vinduer og «rutetabeller». På vei tilbake til sentrallageret tar bilene med varer fra lokale produsenter. Slik returlast kan ligge tilnærmet på ruten tilbake, men medfører ofte ekstra distanse og tidsbruk, der spesielt sistnevnte har en stor påvirkning på transportkostnadene. Det er derfor en avveining mellom servicegrad (f.eks.

hvor ofte det hentes varer, når, og hvilke mengder) og kostnadsimplikasjoner av ekstra tidsbruk og økt distanse, med hensyn til når det er lønnsomt å ta med returlast.

I artikkelen er GPS-data brukt som grunnlag for å følge kjøretøybevegelser og analysere transportaktiviteter (stopp, lasting, lossing). Ved å kombinere og koble disse dataene med ordredata fra Bama ble det satt opp en kostnadskalkylemodell som gir innsikt i hvordan ulike transportløsninger påvirker transportkostnader og CO₂-utslipp og som kan benyttes som verktøy til simuleringer og sensitivitetsanalyser.

Identifisere lokasjoner for lastebilstopp

Som første steg mot kostnadskalkylemodellen ble det laget et opplegg for å måle tidsbruk ved lasting og lossing hos leverandører og kunder, basert på GPS-dataene fra biler til Transportøren. For å identifisere lastebilstopp som gjelder laste- eller losseaktivitet er det utarbeidet et register med informasjon om posisjonsdata (x,y) for Bamas lokasjoner på Østlandet. Lastebilstopp som finner sted innenfor en radius på 250 meter fra et av disse lokasjonene vil bli registrert som stopp på gjeldende Bama-lokasjon. Hvis det er flere Bama-lokasjoner innenfor radiusen, blir den lokasjonen som er nærmest valgt. Adresselisten med GPS-koordinater for Bamas lokasjoner ble kvalitetssikret og «vasket» i flere runder. Dette eksisterte som regneark i prosjektet, men det ble gitt en anbefaling om at informasjonen om geografisk beliggenhet (koordinater) innarbeides i Bama sin kunde-database for lettere vedlikehold.

Ettersom det kun var Bama-lokasjoner som ble identifisert, var vi observant på at det kunne skje feilkobling selv om lastebilstoppet fant sted innenfor en radius på 250 meter fra en Bama-lokasjon, men at dette viste seg å være en annen kunde av transportøren. Et eksempel var f.eks. at bilen stoppet for et oppdrag for Asko i Vestby, og at metoden identifiserer dette som et Bama-stopp, fordi både Bama avdelinger som begge ligger nær Asko i Vestby.

I Bamas liste ble det lagt til 131 lokasjoner for kunder og leverandører, men ikke alle fikk treff når vi koblet opp mot lastebilstopp fra GPS-dataene. En del fikk heller ikke treff i ordredata fra transportøren, noe som tyder på at ikke alle lokasjonene var aktive i 2019.

For 2019-datasettet var det ca. 26 000 lastebilstopp som hadde en identifisert Bama-lokasjon. Lastebilstopp som ikke fikk tilknyttet en Bama-lokasjon ble kodet som «uidentifisert stopp». Disse uidentifiserte stoppene kan være en rekke ulike formål, slik som:

- Hvilkepauser utenom Bama-lokasjoner
- Bensinstasjon – og andre servicestopp på over 10 min.
- Andre kunder enn Bama
- Bama-lokasjoner ikke oppgitt i adresseliste (stoppdataet settet inkluderer også Bama-lokasjoner utenfor Østlandet)
- Bama-lokasjoner med unøyaktige GPS-adresser, eller at registrert stopp fra GPS-dataene er unøyaktige.

Identifisere ruter og destinasjoner

I kostnadskalkylemodellen er hovedhensikten å finne en riktig transportkostnad (og -pris) for de ulike rutene. Viktige forutsetninger her er riktig tidsbruk og distanse basert på kjøremønster og stopptider, som grunnlag for å kunne beregne tids- og distanseavhengige kostnader. GPS-dataene gir ny innsikt om dette.

Til å måle lastebilaktiviteten på de ulike rutene utarbeidet vi et opplegg som bruker turinformasjon fra GPS-dataene og kobler dette mot destinasjoner i ruteopplegget. Lastebilene kan være inntil flere av de ulike destinasjonene på rutene på samme tur, både som er planlagt i rutene, og de som ikke er planlagt i rutene. Det er derfor gjort en forenkling i forhold til transportplanen.

For hver destinasjon ble hver tur brutt opp i tur/retur-kjøring til/fra sentrallageret på Nyland. Dette ble gjort for å få bedre oversikt over stopp som gjøres på retur for å hente hos produsenter og levere på Nyland.

Koble stoppobservasjoner fra GPS-data med ordredatat om leveranser

For å koble stoppobservasjoner fra GPS-data med ordredatat om leveranser har vi gjennomgått ordrelister fra transportøren og sammenstilt med stopptider fra GPS-data. Datakvaliteten ble vurdert til å ikke være god nok til å koble på leveransenivå (hvert lastebilstopp knyttes opp mot faktisk antall paller levert/hentet fra ordrestatistikken). Hovedårsaken er at det i mange tilfeller manglet faktisk leverings-/hentedato og -tidspunkt fra ordredatatene.

I stedet sammenlignet vi gjennomsnittlig antall paller og stopptider per lokasjon i 2019 på aggregert nivå. En utfordring var likevel å skille lasting og lossing for lokasjoner som kan ha begge deler i samme stopp, uten at dette er tilfelle hver gang. Det vil si at denne analysen egner seg best for lokasjoner som er rene laste- eller losselokasjoner. Datasettet for analysen hadde gjennomsnittsverdier for stopptid og antall paller lastet/losset for 2019. Dette gir grunnlag for at Bama kan identifisere hvor leveransesituasjonen går greit og hvor den er tidskrevende. Dermed kan Bama jobbe mer målrettet både mot transportør og mot å utbedre leveringsforhold hos den spesifikke mottaker/leverandør der problemene faktisk er.

Stopptider ved lasting hos produsentene

For å se nærmere på sammenhengen mellom stopptid og antall paller lastet hos produsentene ble det gjennomført en enkel regresjonsanalyse. Figur 7.1 illustrerer resultater av denne analysen.

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,710 ^b	,504	,493	4,55926

a. Produsent = 1,00

b. Predictors: (Constant), snittantpaller

ANOVA^{a,b}

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1033,242	1	1033,242	49,707	,000 ^c
	Residual	1018,556	49	20,787		
	Total	2051,798	50			

a. Produsent = 1,00

b. Dependent Variable: stopptid_snitt

c. Predictors: (Constant), snittantpaller

Coefficients^{a,b}

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	21,101	1,322		15,956	,000
	snittantpaller	1,161	,165	,710	7,050	,000

a. Produsent = 1,00

b. Dependent Variable: stopptid_snitt

Figur 7.1 Regresjonsanalyse av sammenheng mellom stopptid og antall paller lastet hos produsentene.

Regresjonsmodellen forklarer ca. halvparten av variasjonen og koeffisientene har sterkt signifikante verdier, det vil si at det er en klar (positiv) sammenheng mellom tidsbruk og antall paller lastet. For alle produsentene sett under ett er den beste prediksjonen på tidsbruk 21 minutter fast stopptid + 1,2 minutter per pall lastet. Dette resultatet er videre lagt til grunn for beregning av tidsbruk i kalkylemodellen. Ettersom dette kun er stopptid for lasting hos produsentene, må også ekstra kjøretid som kommer i tillegg for å komme fram til produsentene inkluderes. I kalkylemodellen er det derfor også laget et opplegg for å finne gjennomsnittlig distanse og kjøretid for å hente paller hos produsentene, basert på turstatistikk.

Kjøretider mellom lokasjoner

Til planleggingsformål kan det være interessant å finne kjøretid mellom to lokasjoner uten stopp i mellom, dvs direkte kjøring mellom lokasjoner. Dette ble utarbeidet for Bama i form av matriser for gjennomsnittlige kjøretider og antall kilometer mellom alle lokasjoner. Figur 7.2 viser et utsnitt av en slik matrise.

	FRA LOKASJON:										
TIL LOKASJON:	AGNAR LUND	AKKERHAUGEN GARTNERI AS	BAMA DAGLIGVARE AS AVD OSLO	BAMA DAGLIGVARE AS AVD ØSTFOLD	BAMA DAGLIGVARE AS AVD VESTFOLD	Bama Industri AS - avd Tore Skovli	Bama Industri AS Avd Frukt/Vegetabler	Bama Industri AS Salatfabrikken	Bama Industri AS, Sentralpakkeriet prod.	Bama Logistikk AS AVD OSLO	BAMA STORKJØKKEN VESTFOLD AS
AGNAR LUND	.	.	.	.	27	.	.	.	.	.	.
AKKERHAUGEN GARTNERI AS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
BAMA DAGLIGVARE AS AVD OSLO	.	.	12	44	117	63	52	50	.	10	.
BAMA DAGLIGVARE AS AVD ØSTFOLD	.	.	52	3	140	37	61	63	.	45	110
BAMA DAGLIGVARE AS AVD VESTFOLD	.	.	125	.	20	.	.	86	92	173	32
Bama Industri AS - avd Tore Skovli	.	.	58	24	.	26	.	71	.	55	85
Bama Industri AS Avd Frukt/Vegetabler	.	104	44	.	78	91	.	12	.	43	.
Bama Industri AS Salatfabrikken	.	111	49	58	82	75	13	8	10	50	65
Bama Industri AS, Sentralpakkeriet prod.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	43	.
Bama Logistikk AS AVD OSLO	.	.	9	42	119	53	52	51	.	25	117
BAMA STORKJØKKEN VESTFOLD AS	100	.	.	.	70	67	.	61	54	100	7

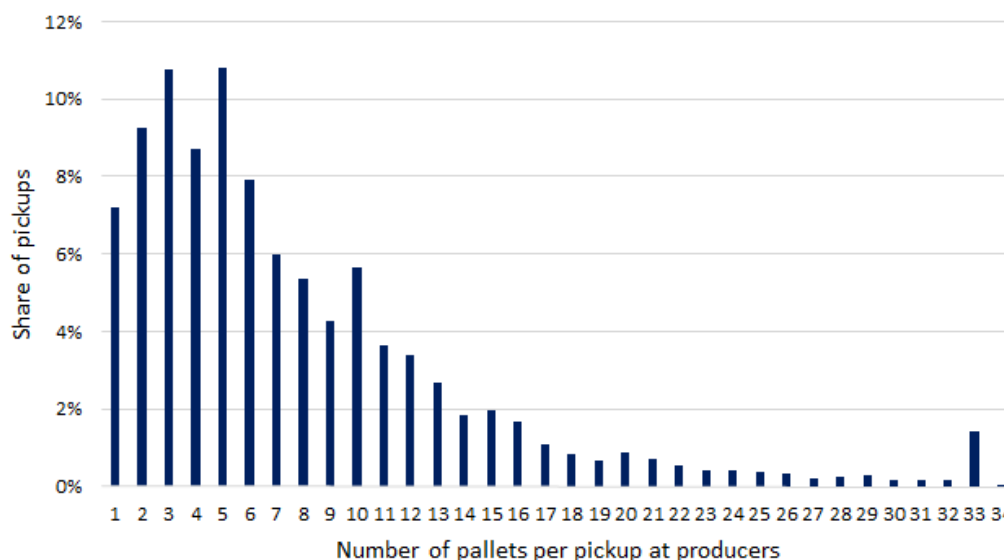
Figur 7.2 Eksempel på matrise med gjennomsnittlig kjøretid i minutter mellom lokasjoner basert på GPS-dataene.

Av tabellen kan man f.eks. lese at gjennomsnittlig kjøretid fra Bama Dagligvarer Avd. Østfold (Vestby) og til transportøren sin terminal på Økern i Oslo var 42 minutter i 2019.

Kostnads- og miljøimplikasjoner

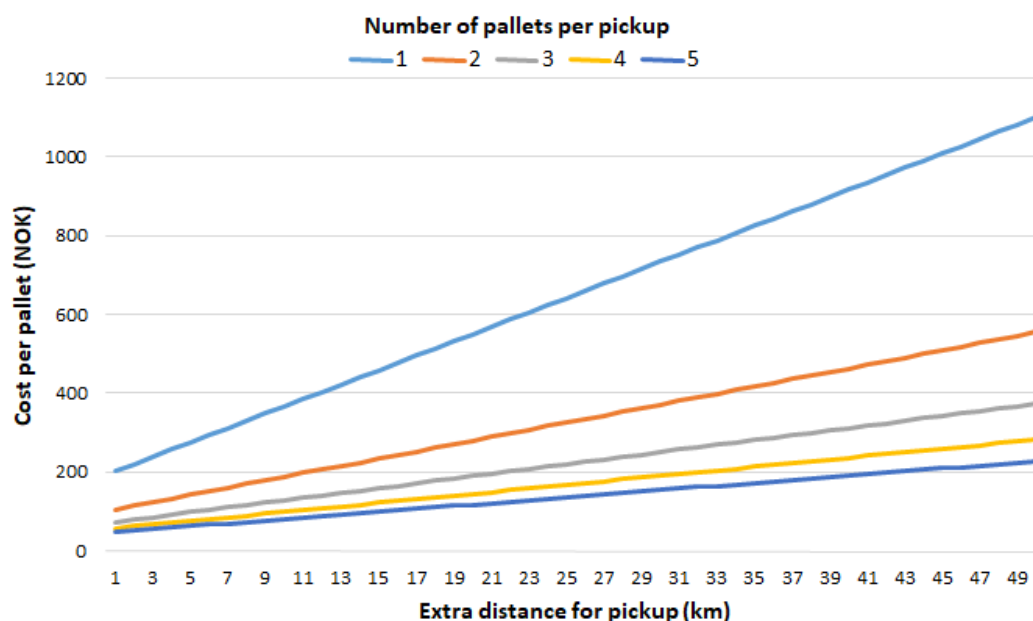
Ekstra stopp for returlast medfører alltid ekstra stopptid og kostnads- og miljømessig foreligger en avveining mellom kapasitetsutnyttelse, ekstra distanse, tidsbruk og hvor mye returlast som hentes. Hva gjelder kostnader relatert til kjøretøyet og sjåføren er detaljert informasjon hentet inn med hjelp av Bama (f.eks. lønn, kapitalkostnader, vedlikehold, drivstoff-utgifter, med mye mer).

Videre er det sett på hvor mye returlast som hentes i praksis. Regelen er i utgangspunktet at det må være minimum fire paller før returlast skal hentes og transportfirmaet får som minimum betalt for fem paller. Figur 7.3 viser at i praksis hentes gjerne færre paller, ikke sjeldent bare 1 eller 2. Mer enn en fjerdedel av hentinger består av færre enn fire paller og dette medfører en høy kostnad pr pall, særlig når transportøren får betalt for minimum fem paller.



Figur 7.3 Fordeling av antall paller per henting hos lokale produsenter.

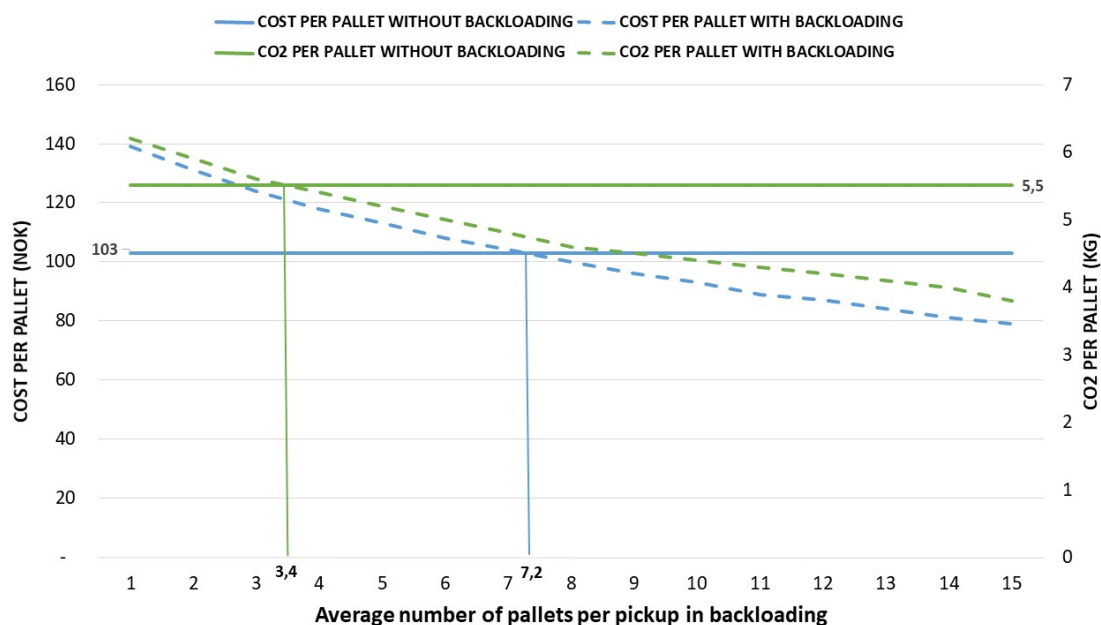
Figur 7.4 illustrerer hvordan kostnad per pall varierer med den ekstra distansen som henting medfører, og hvordan dette igjen påvirkes av antallet paller som hentes. Her framkommer at kostnaden kan være betydelig høyere ved lengre omveier men også at det er utslagsgivende at det hentes flere paller pr henting.



Figur 7.4 Kostnadseffekt av økt last og distanse pr henting ved returer.

Videre er det utført en analyse for turer mellom ulike lagre, hvor det framkommer at for noen ruter kan det være lønnsomt å ta med returer mens dette ikke er tilfellet for andre ruter.

Figur 7.5 viser kostnader pr pall (gjennomsnitt for alle ruter) med og uten henting av retur-last, samt CO₂-utslipp.



Figur 7.5 Illustrasjon av «break-even-punkt» for kostnader og utslipp i forhold til gjennomsnittlig antall paller pr hentning av returlast.

Fra figuren framgår at hvis hentning av returlast skal være lønnsom fra et kostnadsperspektiv må det i gjennomsnitt hentes minst 7,2 paller per hentepunkt på returen i dette tilfellet. For utslipp er «break-even-punktet» lavere; Dersom det i gjennomsnitt er 3,4 eller flere paller som hentes pr hentepunkt på returen, vil det være utslippsreducerende å hente returlast. Årsak til forskjell mellom «break-even» for kostnader og utslipp er at utslipp avhenger primært av transportdistanse, mens kostnader påvirkes også av tidsbruk, som utgjør den viktigste kostnadskomponenten ved hentning av returlast.

Oppsummering

GPS-data var en kilde til ny informasjon og er interessante for bedriften fordi de gir innsikt i kostnadsdriverne til transportøren, slik som laste- og lossetider på ulike lokasjoner, kjøretider og turstatistikk på rutenivå.

I prosjektet har det også blitt jobbet med å innarbeide resultatene i transportkostnadsmodellen. For at kostnadsmodellen skal gi et best mulig bilde av transportkostnadene er det viktig at data om kostnadsdriverne bygger på et så godt faktagrunnlag som mulig. En fordel med lastebildataene er at de gir et objektivt bilde av transportomfanget, og at dataene samles automatisk så lenge abonnement på flåtestyringssystemet (inkludert GPS-data) er aktiv. Det vil si at faktagrunnlag til kostnadsmodellen enkelt kan oppdateres til nye perioder uten nye undersøkelser eller storstilt datainnsamling. Videre vil dataene og kostnadsmodellen kunne være sentrale i arbeid med kontinuerlig forbedring av transporten. Tallgrunnlaget kan synliggjøre områder der det er forbedringspotensialer, tiltak kan gjennomføres, og man kan måle de kostnadmessige effektene av tiltakene.

7.2.2 Case 2: Forbedring av dyrevelferd i Nortura

I prosjektperioden hadde Nortura et pågående forbedringsarbeid knyttet til dyrevelferd, der formålet var å identifisere i hvilken grad økt dyrevelferd gir seg utslag i bedre kjøttkvalitet. I denne forbindelse var det ønskelig å bruke GPS-data til å måle hvor lang tid dyrene er ombord i lastebilen fra de hentes på gårdsbruk til de leveres på slakteri. Til dette var det

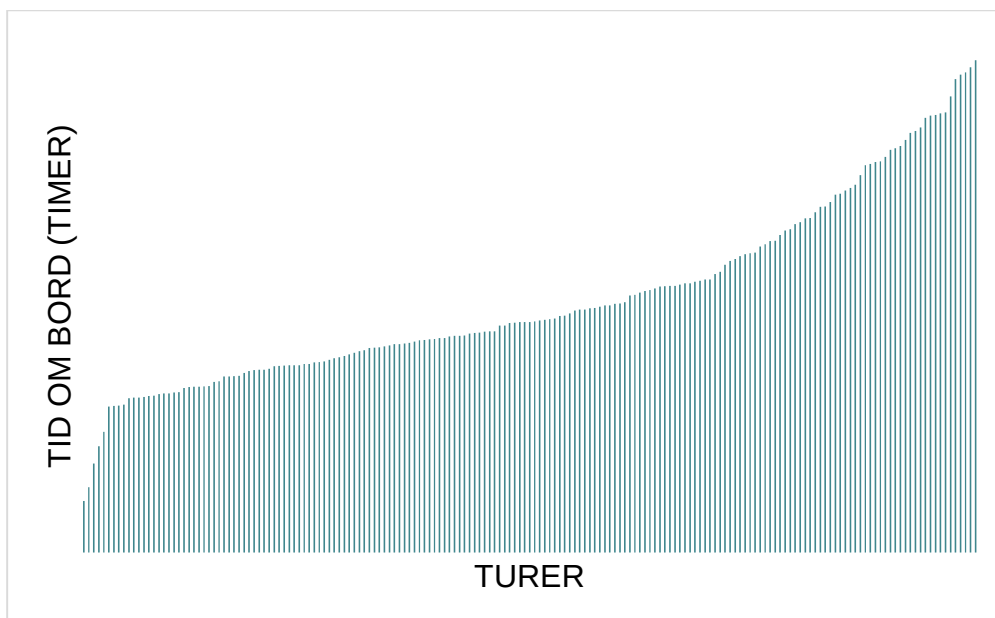
nødvendig med informasjon om lokasjon til gårdsbruk og slakterier, samt informasjon om hvor mange dyr som ble hentet hvor og når. Med dette som grunnlag er det utarbeidet algoritmer som kobler GPS-data fra kjøretøyene til henteinformasjonen.

Gjennom eksempler har det blitt tydelig at det er nødvendig med god kjennskap til bedriftenes logistikk- og transportopplegg for at GPS-data skal gi den nødvendige informasjonen. Blant annet var det nødvendig å etablere ny turdefinisjon for denne transporten der ny tur ble generert når lastebilen ankom slakteri, eller at det ble foretatt en pause på mer enn 2 timer på annen lokasjon.

Vi utførte en kobling mellom GPS-data og ordredato i form av tabelloppslag der det ble matchet på tid og sted. Det vil si at hvis en lastebil hadde vært på en gård på et tidspunkt ble ordredato og stoppobservasjon for denne gården og på dette tidspunktet koblet sammen. I tilfeller der det var flere ordre eller lastebilstopp på samme gård på samme dato ble det gjort manuelle justeringer. Det ble også foretatt manuell vasking av dataene for å fjerne åpenbare feil i koblingen. Dette var mulig fordi det dreide seg om et relativt lite utvalg av observasjoner.

I arbeidet så vi spesifikt på dyretransport på Vestlandet til slakteriene i Førde og Forus i Stavanger. Koblingen mellom kjøretøydata og ordredato ga en oversikt over turene fra gårdene og inn til slakteriene og hvor mange dyr som til enhver tid var om bord. For et slakteri fant vi for eksempel at en gjennomsnittlig tur hadde 3,9 stopp, at antall dyr per tur var 78 og utkjørt distanse var 87 kilometer. Gjennomsnittlig tid per tur ble 3 timer, hvorav 0,9 timer bestod av lasting av dyr ute på bondegårdene, 1,2 timer bestod av kjøring og 1 time var relatert til lossing av dyr på slakteriet.

Gjennomsnittstallene gir et inntrykk av hvordan transporten foregår, men vel så viktig for Nortura var å se på variasjonen med hensyn på turlengde og hvor lenge dyrene var om bord. Figur 7.6 viser hvordan maksimal tid om bord for dyrene varierer på de ulike turene i transporten.



Figur 7.6 Maksimal tid om bord for dyr på ulike turer.

Dette eksempelet illustrerer at slike nye data kan være verdifulle i arbeidet med kontinuerlig forbedring i transporten, og kan danne grunnlag for tiltak for forbedret dyrevelferd i Norturas inntransporter av dyr.

7.3 Grunnlag for nye bylogistikk-løsninger

7.3.1 Bakgrunn og informasjonsbehov

Å forstå godstransportens behov og aktiviteter i byområder er nødvendig for at beslutningstakere skal kunne iverksette riktige tiltak for å oppnå grønnere og mer effektive gods-transporter i byer. Slike tiltak vil være nødvendige for å oppnå Regjeringens og lokale myndigheters ambisiøse utslippsreduksjonsmål. For eksempel har Norge et uttalt mål om å oppnå tilnærmet nullutslipp i distribusjonstransport i norske byer innen 2030, samtidig som det skal jobbes for mer effektive transportkjeder og bedre utnyttelse av transportkapasiteten (Samferdselsdepartementet, 2021).

En rekke tiltak innen bylogistikk kan bli nødvendig for å oppnå disse målene. Eksempler inkluderer etablering av logistikkdepoter, konsolideringssentre, dedikerte soner for lasting og lossing, samt ladeinfrastruktur for elektriske kjøretøy i byområder; og dermed legge til rette for eventuelle utslippsfrie soner i bysentrum for å kutte utslipp fra varebiler og lastebiler i disse områdene (Hovi m.fl., 2019).

Uansett hva slags tiltak man vil iverksette for å nå disse målene er det nødvendig med informasjon om godstransport i byområder. Selv om flere studier og offisiell statistikk utarbeides for å kartlegge slik informasjon, er det en utfordring at dataene ikke er detaljerte nok til å gi en fullstendig beskrivelse av den komplekse bylogistikken; transport som typisk involverer mange vareleveranser per tur, samt stadige endrete ruter fordi distribusjonsrunder optimeres på turnivå (Van den Bossche et al., 2017).

For eksempel er det behov for å få mer detaljert informasjon om leveranse- og henteaktiviteter i byområder – hvor aktivitetene finner sted, hvor lang tid det tar og hvordan disse mønstrene kan endre seg over tid som følge av f.eks. infrastrukturendringer, trafikksituasjoner, endringer i transportetterspørsel eller som følge av politiske tiltak.

Nye data, slik som det som er samlet inn i prosjektet, kan bidra til å fylle dette informasjonstomrommet. GPS-data kan gi detaljert informasjon om godsbilenes bevegelser og aktiviteter, noe som kan bidra til å studere godsaktivitetene i detalj.

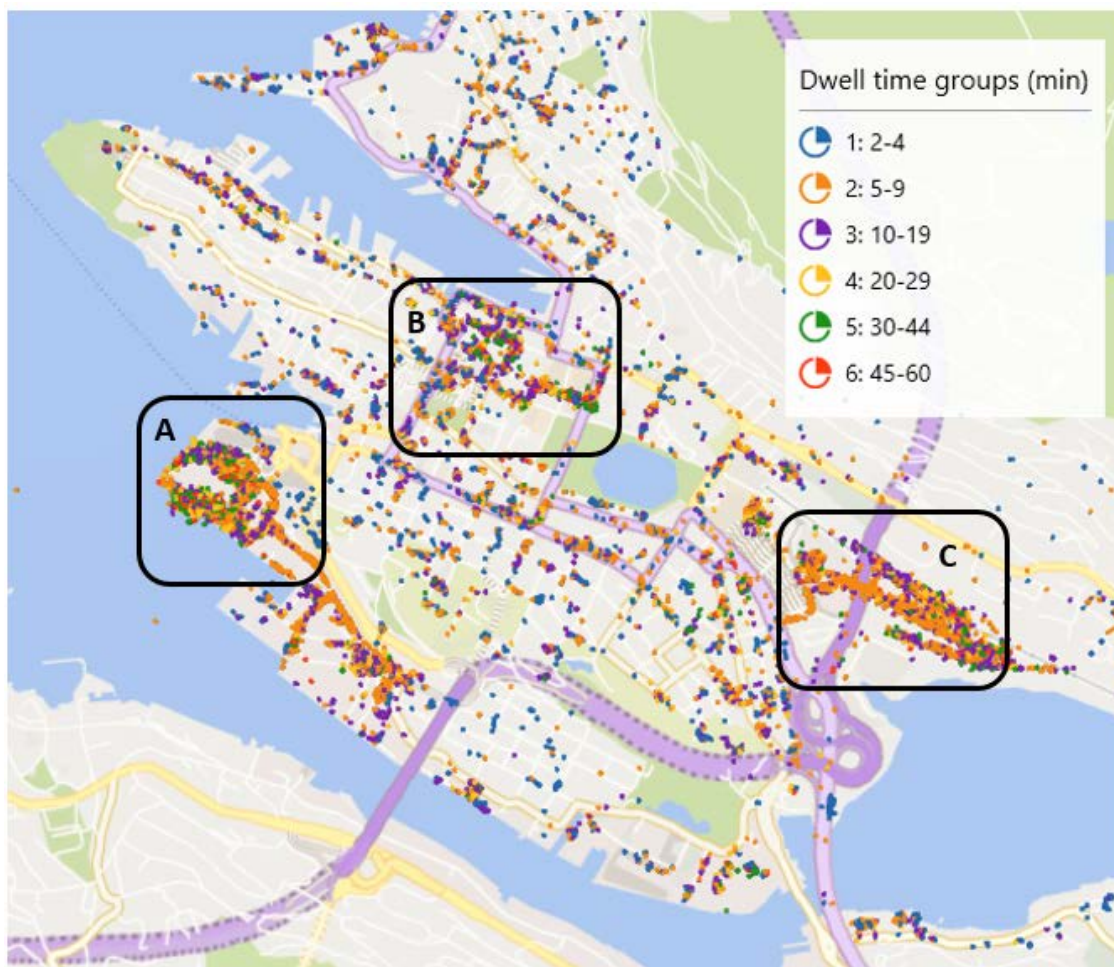
Feltstudier kan også gi slik informasjon, men de er kostnads- og tidskrevende og blir gjerne ikke gjennomført hyppig nok og/eller har relativt små utvalgsstørrelser. På den andre siden kan automatiske vegtrafikktegnringer gi informasjon om trafikkflyt gjennom faste snitt i vegnettverket, men disse har ikke informasjon om de enkelte kjøretøyenes aktiviteter og kjøretøymønstre og er derfor ikke detaljerte nok til å gi informasjon om godsaktivitetene i byområder.

I prosjektet har vi sett på hvordan GPS-data kan prosesseres og operasjonaliseres for å gi informasjon om godsaktiviteter i byområder. Avsnitt 6.4.2 gir en oversikt over lasting og lossing i byområder og i tillegg har vi gjort en eksempelstudie på hva slags detaljert informasjon dataene kan gi ved å se nærmere på godsaktiviteter i Bergen sentrum. Til tross for store datamengder vil ikke resultatene fra dette prosjektet representere den sanne kjøretøy-populasjonen og vil derfor lide av utvalgsskjevhet. Dette er en utfordring som de fleste studier av denne typen lider under, og er et resultat av privat eierskap av dataene. Resultatene fra studien for Bergen sentrum må derfor ansees som et bidrag til å belyse hvordan nye data kan komme til nytte hvis de blir mer tilgjengelige på generell basis for myndigheter og planleggere. Ettersom alle nye godskjøretøy kommer med funksjonalitet for å registrere posisjonsdata er det et stort fremtidig potensiale for slike data.

7.3.2 Innsikt i godsaktiviteter i innerbyer: Eksempel for Bergen sentrum

Selv om aggregerte tall på bynivå (se avsnitt 6.4.2) vil gi noen indikasjoner på godsbilenes bevegelser i ulike byområder, vil ofte tiltak i bylogistikken være på et mer lokalt nivå, f.eks. når det planlegges for laste- og losseområder eller det vurderes å introduseres kjøretøyfrie soner i utvalgte deler av byene. I slike tilfeller vil det være et behov for mer detaljert informasjon om godsbilenes aktiviteter i det aktuelle området, inkludert informasjon om hvor kjøretøyene stopper, hvor lenge de okkuperer arealene og hva som er opprinnelsessted og destinasjon for turene.

Som et eksempel på i hvilken grad GPS-data kan være en kilde til slik informasjon har vi sett mer detaljert på godsbilenes aktiviteter i Bergen sentrum i 2019. Figur 7.7 viser et plott av alle laste- og losseobservasjoner i Bergen sentrum kategorisert etter stoppenes varighet i minutter.



Figur 7.7 Stopp for lasting og lossing i Bergen sentrum. Stopptidsintervaller i minutter. Basert på GPS-data 2019 (Google Maps, 2020).

Selv om de aggregerte medianverdiene for stopptid i forbindelse med lasting og lossing i Bergen sentrum ble estimert til 6 minutter for varebiler og 16 minutter for lastebiler (avsnitt 6.4.2), ser vi at enkeltobservasjonene som er plottet i kartet viser at det er store variasjoner mellom stoppene. De fleste delene av sentrum ser ut til å ha en blanding av observasjoner i ulike stopptidsgrupper.

Noen områder er verdt å studere nærmere. Området markert med en «A» er Dokken/Jekteviken havneområde, en travel havn med flere daglige anløp. I tillegg hadde Norges

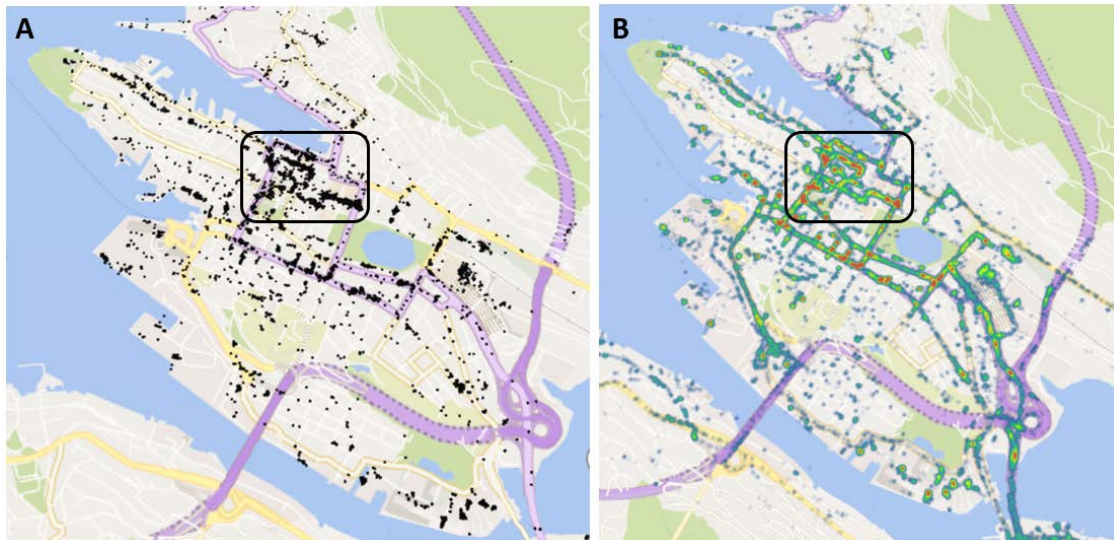
største samlaster Posten Bring en distribusjonsterminal i dette området på analysetidspunktet (2019). Ikke overraskende er det derfor mange stoppobservasjoner i dette området, og stopptidene varierer fra de helt korte stoppene til stopp som varer i én time (stopp over én time er ikke definert som stopp for lasting og lossing). Mediantiden for observasjoner i dette området er 6 minutter for varebiler og 14 minutter for lastebiler.

Området markert med en «C» er et annet logistikksenter som er lokalisert i sentrum av Bergen. Dette er Nygårdstangen jernbanegodsterminal og var også lokasjon for to av de største logistikkoperatørene i Norge, PostNord og DB Schenker, sine distribusjonsterminaler på denne tiden. For dette området viser dataene et stort antall av stopp med varighet mellom 5-9 minutter, noe som kan skyldes omfanget av shuttletrafikk til og fra jernbanegodsterminalen for henting og levering av containere. Som et resultat har lastebiler en lavere median stopptid i dette området hvor de bruker i snitt 10 minutter per stopp, mens varebiler bruker 7 minutter per stopp i dette området.

Området markert med en «B» er den mest sentrale delen av Bergen sentrum, som internasjonalt ofte betegnes som Central Business District (CBD), et område hvor arealprisene i byen også ofte er høyest. Område «B» er det mest tettbebygde området med en blanding av kontorbygninger, detaljbutikker og serviceindustri slik som hoteller og restauranter. Som det framgår av kartplottet er det mange stoppobservasjoner for godsbiler, og varigheten på stoppene sprer seg over alle tidsintervaller. I dette området bruker kjøretøyene lenger tid til lasting og lossing og median stopptid er 10 minutter for varebiler og 20 minutter for lastebiler. Plottet viser også at lasting og lossing finner sted på mange ulike lokasjoner og fra dette kartet ser det ikke ut til å være dedikerte laste- og lossesoner på dette tidspunktet.

Eksemplet viser at stopptider og godsaktiviteter kan variere innenfor relativt små geografiske områder, avhengig av hva slags typer virksomhet og logistikksentre som er lokalisert i de ulike delene av innerbyen. For transportplanleggere og myndigheter som ønsker å introdusere tiltak som fører til grønnere og/eller mer effektiv godstransport i byområder er det viktig å ha denne typen innsikt i hvordan dagens godstransportaktiviteter utføres. Hvis man for eksempel ser for seg et *hypotetisk* scenario der de lokale myndighetene ønsker å introdusere en kjøretøyfri sone i CBD-distriktet i Bergen, vil det være nødvendig å etablere laste- og lossesoner utenfor den kjøretøyfrie sonene for å sikre varelevering i området. GPS-data kan være en nyttig kilde til informasjon for å bestemme den beste lokasjonen for slike soner, og også for kapasitetsdimensjonering (basert på stopptider og antall stopp per time i området).

Figur 7.8 viser et kart over aktivitetene til godskjøretøyene som hadde turer som inkluderte lasting/lossing i CBD-området i Bergen. Man kan derfor gjøre en analyse av hvilke andre oppdrag og bevegelser disse kjøretøyene hadde. Del A av figuren viser alle stopp for lasting og lossing for de relevante turene, mens del B viser alle posisjonsdataene som et varmekart hvor en rødere farge signaliserer mye aktivitet gjennom mange kjøretøybevegelser.



Figur 7.8 A) Stopp for lasting/ lossing for turer til Bergen CBD; B) Varmekart over GPS-observasjoner for turer til Bergen CBD. Basert på GPS-data 2019. (Google Maps, 2020).

Kartene viser at turer som inkluderte lasting/lossing i CBD-området også hadde stopp for lasting og lossing andre steder i Bergen sentrum, men betydelig færre i havneområdet Dokken/Jekteviken hvis vi sammenligner med kartet for alle observasjoner i figur 7.7. Varmekartet viser at en stor del av kjøretøybevegelsene som finner sted på disse turene kan begrenses til en ganske liten del av sentrumsområdet. Videre viser varmekartet at hovedkorridoren for turer til CBD er i den sør-østlige retningen, over Nygårdsbroen, noe som kan peke mot at en eventuell laste- og lossesone burde lokaliseres i områder med god tilgjengelighet i forhold til denne korridoren for å minimere trafikkbelastningen i sentrumsområdet. Selv om dette neppe er ny informasjon for lokale planleggere i området, så viser dette at kjøretøyenes egne data kan være verdifulle i planleggingsformål gitt at man får tilgang på data for et representativt utvalg av kjøretøy som beveger seg i de relevante områdene.

7.3.3 Oppsummering

Innsikt i godskjøretøyenes bevegelser og aktiviteter i byområder er nødvendig for at lokale myndigheter og transportplanleggere skal kunne gjennomføre treffsikre tiltak på vei mot målet om utslippsfri og effektiv bydistribusjon. For dette formålet kan GPS-data være en verdifull kilde som gjør det mulig å studere kjøretøyenes bevegelser og aktiviteter på et mer detaljert nivå enn trafikktegninger og mer hyppig og mer kostnadseffektivt enn tradisjonelle observasjonsstudier.

Ved å benytte for det meste etablert metode for å konvertere rene posisjonsdata til informasjon om turer, stopp og laste- og losseaktiviteter, har vi utarbeidet detaljert informasjon om godsaktivitet i syv norske byer for en betydelig mengde med godskjøretøy (avsnitt 6.2.2). Disse gjennomsnittsverdiene er påvirket av en rekke faktorer og for en detaljert innsikt i godskjøretøyenes aktiviteter i et byområde er det nødvendig å se på de enkelte byene mer i detalj. Som et eksempel har vi sett at stoppobservasjoner i sentrumsområdet av Bergen viser at stopptider og aktiviteter kan variere betydelig innenfor relativt små geografiske områder avhengig av hva slags virksomhet og logistikkentre som er lokalisert i de ulike områdene. GPS-data vil kunne være nyttig grunnlag for tiltak, for eksempel ved planlegging av laste- og lossesoner, ettersom dataene kan gi oppdatert informasjon om og innsikt i aktiviteter på et svært lokalt nivå.

For å få god innsikt i bylogistikken er det også behov for informasjon om hva slags type gods og mengder transportene består av. Rene GPS-data gir ikke slik informasjon og andre kilder er derfor nødvendige. En oversikt over ulike datakilder og mulige koblinger mot GPS-data er oppgitt i avsnitt 6.6.

Selv om denne studien er basert på et relativt stort utvalg av godskjøretøy fra ulike norske bedrifter vil ikke resultatene representere den sanne populasjonen på grunn av utvalgs-skjevheter. Dette er en utfordring som de fleste studier av denne typen lider under, og er et resultat av privat eierskap av data. Man er derfor avhengig av samarbeid med private bedrifter for å få tilgang på data. Ettersom alle nye godskjøretøy inneholder mulighetene for å trekke ut GPS posisjonsdata er det likevel et stort potensiale i slike data. Videre utvikling av metode for å transformere GPS-data til informasjon om godsaktiviteter og kjøretøybevegelser i byområder vil derfor være nyttig. Dette inkluderer også utforskning av ulike samarbeidsavtaler mellom offentlige instanser og private bedrifter for å kunne gjøre slike data tilgjengelig for planleggingsformål.

7.4 Lastvekt

Nærmere prosjektperiodens slutt mottok TØI et testdatasett med dynamiske vektdata for noen få kjøretøy. Tilgang til vektdata er styrt av kjøretøymerke og abonnementsløsning og foreløpig er det bare Volvo som har åpnet for dynamiske vektdata, mens Scania og Mercedes har åpnet for tilgang til gjennomsnittlige daglige vektdata.

Datasettet er det samme som for GPS-dataene, men inneholder tilleggsinformasjon om beregnet totalvekt og vekt på hhv for- og bakaksel på kjøretøy og tilhenger. Med utgangspunkt i dette var målet å få en bedre forståelse av hvilke typer data som er og i større grad vil kunne bli tilgjengelig og hvilken informasjon og innsikter som kan hentes ut.

Testdatasettet dekker et begrenset antall kjøretøy og perioden fra januar til september 2021. Etter en første runde med datakonvertering og -vask var det igjen nærmere 450 000 observasjoner, fordelt over 148 kjøretøy tilhørende 10 ulike bedrifter men hvorav kun en mindre andel gav grunnlag for videre analyse (se under). I tillegg er det lagt på informasjon om kjøretøyets fysiske og tekniske egenskaper som bl.a. kjøretøyets egen- og totalvekt og antall aksler, og GPS-dataene er som beskrevet i kapittel 4.2 omregnet til utkjørt distanse, kjøretid og avledet hastighet.

Vektdataene måler imidlertid ikke faktisk vekt på kjøretøyet, men er beregnet i kjøretøyet basert på belastning på girkasse og luftfjæring. Dette medfører at det er vesentlig usikkerhet i vektdataene og vi etablerte derfor en rekke seleksjonskriterier for å kunne filtrere bort biler og observasjoner hvor datainnholdet åpenbart medførte kvalitetsutfordringer. For eksempel satt vi krav om at observasjoner måtte inneholde positiv vektbelastning både på front- og bakaksel på kjøretøyet og filtrerte bort observasjoner hvor dette kriteriet ikke var tilfredsstillt. Videre la vi inn et seleksjonskriterie på kjøring uten henger. Dette ble gjort fordi i motsetning til selve bilen har vi ikke mulighet til å identifisere hengerens egenvekt (som også kan variere når bilen bytter henger) og dermed ingen mulighet til å identifisere hvilken del av vektbelastningen på hengerens aksler som skyldes hengerens egenvekt og hva som skyldes faktisk last. Vi etablerte i første omgang også et seleksjonskriterie basert på at totalvekt måtte være større enn egenvekten fra Kjøretøyregisteret for å filtrere ut ulogiske verdier, men valgte i stedet å selekttere på at summen av vekten på akslene til kjøretøyet måtte være større enn egenvekten. Videre satt vi et kriterie om at avviket mellom bruttovekt og vogntogvekt ikke skulle overstige en viss verdi.

Basert på ovennevnte ble datasettet redusert til rundt 91 000 observasjoner, hvorav ca. 41 000 var for kjøring uten henger og 50 000 for kjøring med henger. Denne store nedgangen

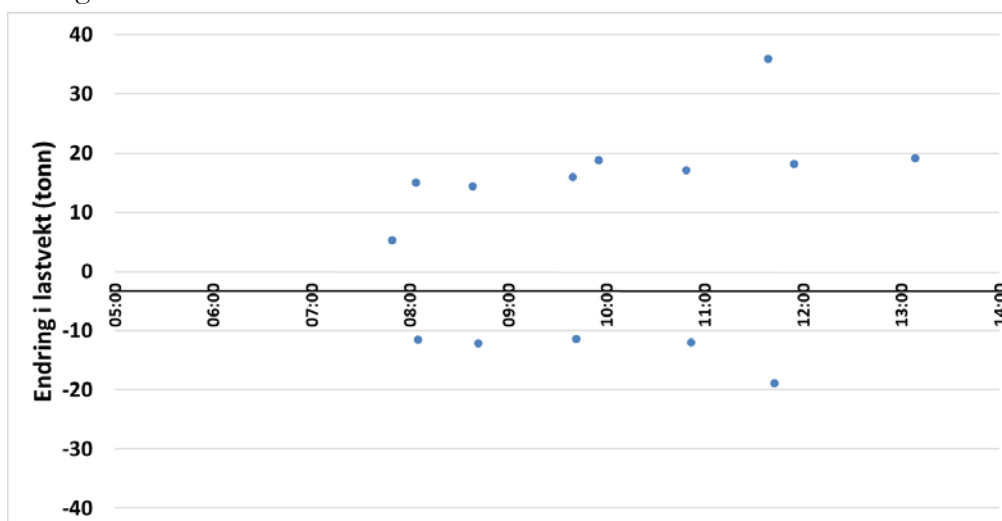
i antall observasjoner illustrerer betydelige utfordringer med datakvaliteten i testdatasettet. Totalt dekket dette reduserte datasettet 21 biler fordelt over 3 bedrifter, hvorav flere masse-transport- og renovasjonsbiler, som kan ha et noe mindre intuitivt bruksmønster og -område enn biler brukt til transport av varer og som kan gjøre det komplisert å få et godt bilde av dataene. Etter å ha lagt inn de ulike seleksjonskriteriene var det bare seks kjøretøy som hadde et vesentlig antall observasjoner for kjøring uten henger og som potensielt egnet seg for videre analyser.

Til tross for seleksjonskriteriene beskrevet ovenfor finner vi en rekke tilfeller der akselvektdata indikerer at bilens vekt langt overstiger det som er maksimalt tillatt totalvekt. For de 6 utvalgte bilene fokuserte vi videre på å finne hele «eksempeldager» som kunne gi illustrative eksempler på hva dataene kan gi av informasjon, for eksempel om hvor biler kjører, hvor de laster og loss, hvor mye tid som brukes og sekvensen og omfanget på lasting og lossing.

For de aller fleste dager med observasjoner finner vi flere og større lasteobservasjoner og færre, og mindre, lossinger. For de aller fleste bilene og dagene vil sekvensen og størrelsen på lastingen også innebære at bilens totalvekt langt overstiger det som bilen kan kjøre med. For eksempel hvis bilen laster 17 tonn, noe senere lastere ytterligere 21 tonn, for så å laste 19 tonn og ytterligere 8 tonn, før det losses 6 tonn.

Vi utførte videre et arbeid med å identifisere observasjoner som utgjør del av en rute med en eller flere observasjoner og hvor vi også så på hvor lenge ett stopp varer, f.eks. at bilen står stille, blir lastet, for så noen minutter senere å få ytterligere last. Dette arbeidet synliggjorde også ytterligere kvalitetsutfordring med dataene, fordi mange endringer i lastvekt er observasjoner der bilen er «i bevegelse». Det vil si at bilen har en betydelig hastighet. For mindre endringer er dette en logisk og forventet konsekvens av måten vekten blir beregnet på (f.eks. luftfjæring) og dette kommer gjerne fram som mindre positive eller negative endringer i bilens lastvekt under kjøring som ikke er reell lasting eller lossing. For større endringer er det mer problematisk at økt eller redusert lastvekt skjer for observasjoner som finner sted under kjøring.

Figur 7.9. illustrerer en dag for en av de utvalgte bilene der mønsteret på lastvekstendringer kan virke noenlunde rimelig. Vi har her utelatt observasjoner hvor lastvekten endrer seg når bilen er i bevegelse og observasjoner hvor endringen i lastvekt er under ± 1 tonn for å filtrere ut observasjoner hvor endringen i lastvekten ikke er reell men feilmarginen på målingene selv om bilen står stille.



Figur 7.9 Illustrasjon av endringer i lastvekt etter tidspunkt på dagen (6. juli 2021) for et utvalgt kjøretøy. Kun observasjoner hvor endringer i lastvekt skjer under stopp (tilnærmet null hastighet) og hvor vektendringene samtidig er på minst ± 1 tonn.

Denne bilen var i bruk mellom ca. kl. 8 og kl. 13 på den aktuelle dagen og har et mønster der lasting og lossing i hovedsak følger hverandre tett. Selv om laste-/lossemønsteret kan framstå som noenlunde rimelig er det svært kort tid mellom lasting og lossing. I tillegg er det kjørt korte distanser, i hovedsak på noen hundre meter og opp til 2 km mellom lasting og lossing. Ved en nærmere titt på bilens bruksområde denne dagen finner vi at aktiviteten skjer inne på et avfallsanlegg og i et nærliggende industriområde. Det sannsynliggjør at bilen er brukt på flere korte oppdrag på og rundt anlegget.

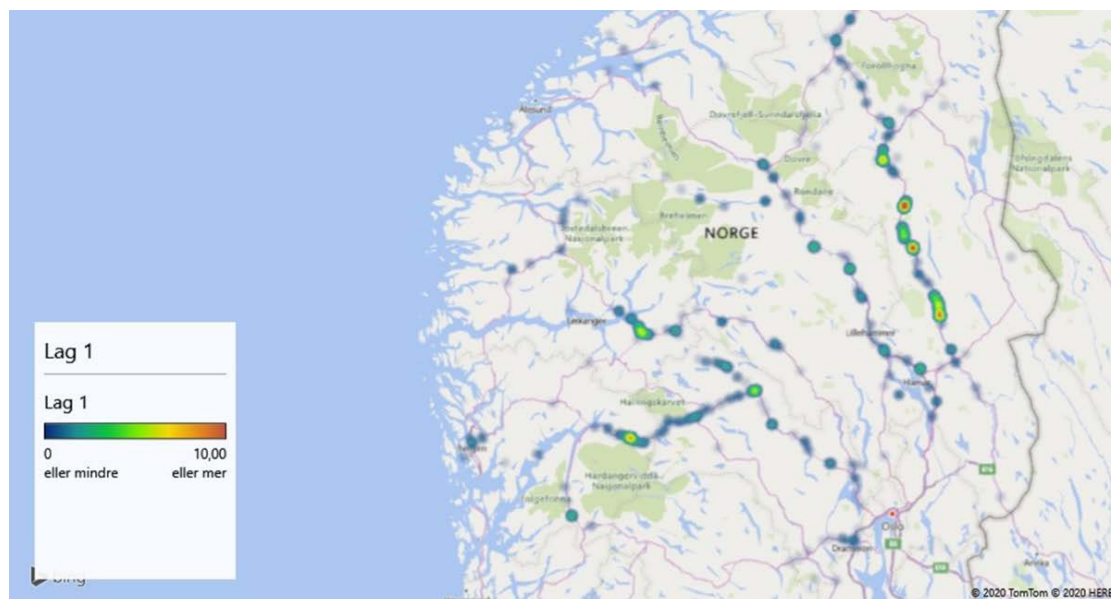
Til tross for betydelig arbeid med disse dataene konkluderer vi basert på testdatasettet at datakvaliteten foreløpig kan være en betydelig utfordring og at anvendelse av vektdata krever forbedringer og bedre forståelse på en rekke punkter. Arbeidet med testdatasettet har videre synliggjort en utfordring som også vil foreligge når datakvaliteten på vektdata er blitt bedre: Det må etableres gode metoder og logiske regler for å systematisere analyser som kan gi innsikter. Dette kan være krevende gitt det store spennet av ulike problemstillinger som kan foreligge. En annen utfordring, særlig ved enda større datasett, er å finne en metode som muliggjør, på systematisert vis, å filtrere ut hvilke data som har potensielt god kvalitet og hvilke data som evt. ikke har det, da dette kan variere mye mellom biler og til og med for samme bil over tid, uten at vi med informasjonen som foreligger i dag nødvendigvis kan verifisere at data som virker å ha god kvalitet også faktisk er bra.

7.5 Identifisering av potensielle lokasjoner for ladeinfrastruktur

Med bakgrunn i behovet for etablering av ladeinfrastruktur for batteri-elektriske tunge godsbiler er data fra prosjektet, sammen med ITEM-prosjektet, brukt til identifisering av potensielle lokasjoner for ladeinfrastruktur. Lading av batteri-elektriske lastebiler, også ved hurtiglading, tar betydelig mer tid enn å fylle f.eks. diesel eller gass, og hvert minutt som kjøretøyet unødvendig står stille utgjør en kost i form av både kapital- og lønnskostnader for bedriften, i tillegg til at bilen ikke kan utføre like mange transportoppdrag som når den ikke hadde trengt å stå til lading.

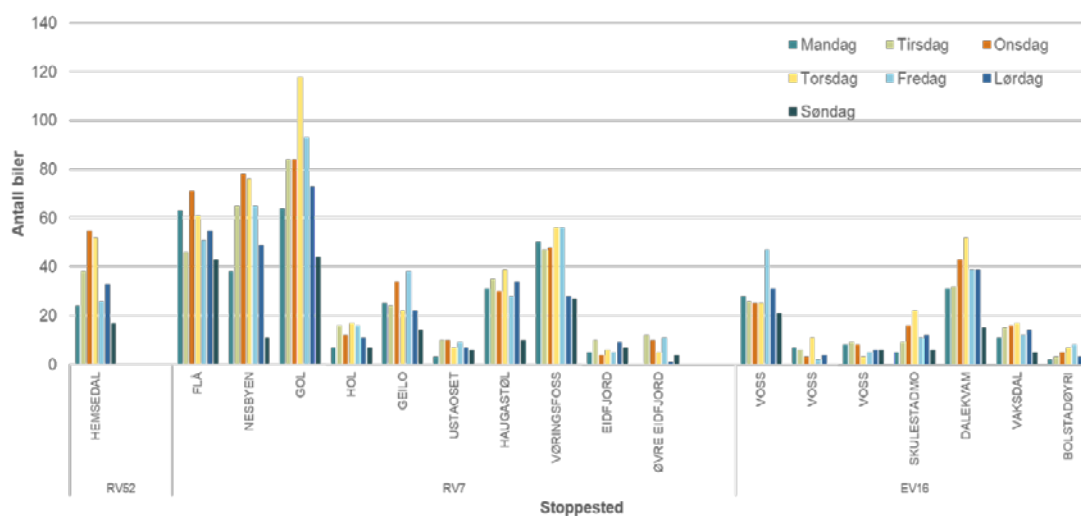
For å minimere tiden knyttet til lading vil det derfor være hensiktsmessig å ta utgangspunkt i kjøre- og hviletidsbestemmelser slik at bilene kan hurtiglades når de uansett må stå stille grunnet sjåførens pålagte hviletid og således ikke utgjør ekstra kostnader. Ved bruk av GPS-dataene og foredling til informasjon om hvor, når og hvor lenge kjøretøy stopper, er det utarbeidet noen case hvor vi har identifisert steder langs hovedtransportårer hvor etablering av ladeinfrastruktur ville passet i forhold til hvor sjåfører tar ut hviletid.

Figur 7.10 viser et heatmap for alle stopp av en varighet på minst 30 minutter etter en kjøretid på minst 4 timer, mellom Osloregionen og Hordaland og Osloregionen og Trøndelag og nordover, basert på GPS-dataene. Kartet er utarbeidet i en relativt tidlig fase av prosjektet og derfor basert på nokså få observasjoner, og er således ment som et eksempel på anvendelse av dataene

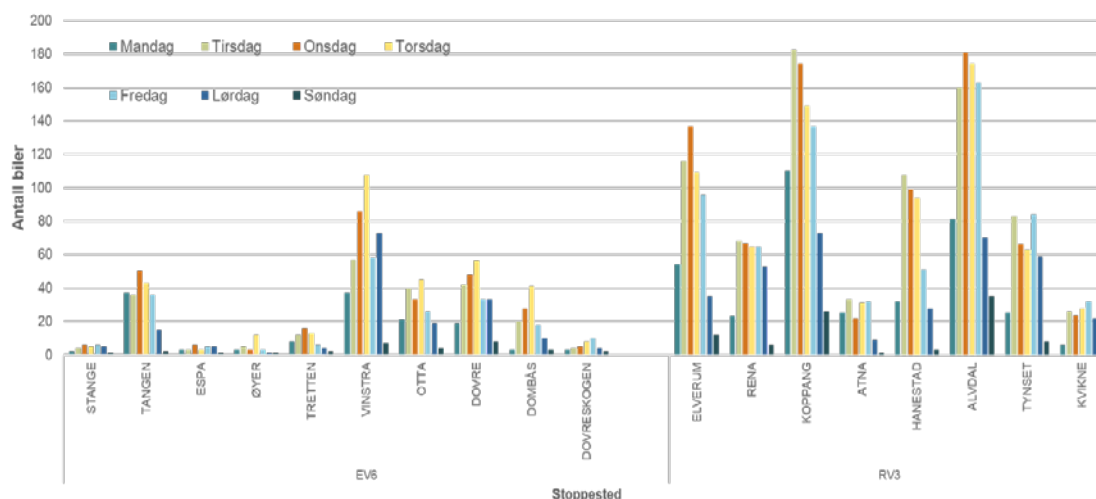


Figur 7.10 Heatmap for alle stopp av en varighet å minst 30 minutter etter en kjøretid på minst 4 timer, mellom Oslovegionen og Hordaland og Oslovegionen og Trøndelag og nordover.

Videre viser figur 7.11 og figur 7.12 en fordeling etter ukedag for hvert av stoppestedene i disse to korridorene.



Figur 7.11 Antall stopp etter ukedag mellom Bergen og Oslo.



Figur 7.12 Antall stopp etter ukedag mellom Trondheim og Oslo.

Det framkommer at Gol, Nesbyen og Flå er de hyppigst brukte stoppestedene i datasettet mellom Oslo og Bergen, og at det er flest stopp onsdag, torsdag og til dels også fredag. Mellom Oslo og Trondheim er det Koppang, Alvdal og Elverum som er de mest brukte stoppestedene. Det framkommer også at det er flere stopp langs RV3 (Østerdalen) enn langs EV6 (Gudbrandsdalen). For ruten til Bergen er det flest stopp langs RV7, men de tre stedene med hyppigst stopp er før avkjøringen til Hemsedal. Alle registrerte stopp på EV16 (stamveien til Bergen) er fra Voss og vestover, altså samme trase som også brukes av RV52 og RV7.

7.6 Kobling mot virksomhets- og foretaksregisteret

7.6.1 Metodisk framgangsmåte

I flere typer analyser og modellutvikling vil det være nyttig å kunne stedfeste virksomhetene i Norge på et detaljert geografisk nivå, for eksempel ved hjelp av koordinatfesting. Gjennom prosjektet er det etablert nye data om lastebilenes stoppaktivitet i hele landet, og ved å kunne gjøre en kobling mellom disse stoppestedene og norske virksomheters lokasjoner vil man kunne få ny informasjon om logistikk- og godstransportaktiviteter i Norge. Dette fordrer at man har informasjon om virksomhetens lokaliseringer på detaljert geografisk nivå.

TØI har tilgang til Virksomhets- og Foretaksregisteret (VoF) som er et register over alle norske virksomheter og foretak i Norge. Registeret vedlikeholdes av SSB og TØI blir fakturert for arbeidet som utføres i forbindelse med uttrekk og databearbeiding, hvor TØI får dataene på virksomhetsnivå. For å begrense kostnaden med databestillingen er ikke alle variabler fra VoF inkludert i TØIs bestilling. Den mest detaljerte informasjonen om lokalisering er grunnkrets-nivå, men det mangler koordinater i datasettet.

Matrikkelen er Norges offisielle register over fast eiendom, herunder bygninger og adresser. Ved å hente informasjon om koordinater for adresser fra dette registeret og koble dette til adresseinformasjon fra VoF vil vi potensielt kunne stedfeste virksomhetene i VoF på koordinatnivå. For å gjøre denne koblingen vil det være utfordringer knyttet til at adressene

ikke skrives på samme måte i de to registrene (for eksempel bruk av veg i stedet for vei, gt i stedet for gate, aa i stedet for å, osv.).

En kobling mellom VoF og matrikkelen kan for eksempel gjøre oss i stand til å identifisere lastebilstopp ved bensinstasjoner, evt. om det er stopp for lasting/lossing ved næringsbygg, industrivirksomhet eller ved annen næringsvirksomhet av interesse. Vi kan da også måle hvor lenge lastebiler stopper ved slike lokasjoner, hvor de kommer fra og hvor de skal videre.

For å identifisere virksomheter knyttet til lastebilstopp er det gjennomført en test der lastebilstopp ble koblet opp mot koordinatinformasjon for virksomheter fra VoF og matrikkelen. Til dette ble lastebilstopp med tilhørende stoppkoordinater identifisert som forklart i kapittel 3.3 og 4.2, noe som resulterte i etableringen av et datasett som inneholder 82 000 stoppobservasjoner med koordinatinformasjon for testperioden februar 2020. En lastebil som stopper ved en lokasjon tilknyttet en virksomhet vil typisk stoppe et sted i nærheten av adressens registrerte koordinater, men hvor nærme vil variere mellom virksomheter. For bensinstasjoner er det naturlig å anta at lastebilen stopper relativt nær registrert lokasjon, men for større sentrallagre og logistikkterminaler kan avstandene være større.

Vi har i dette arbeidet tatt ut en liste over alle virksomheter i 2019 fra VoF med næringskode «47.3 Detaljhandel med drivstoff til motorvogner», som hovedsakelig består av bensinstasjoner. For disse virksomhetene er listen påkoblet koordinatinformasjon fra Matrikkelen. Deretter er det utviklet en metode der man for hvert lastebilstopp slår opp i listen og beregner avstanden fra lastebilstoppet til alle bensinstasjonenes lokalisering ved hjelp av Haversine-formelen (se avsnitt 4.2.1).

Lastebilstopp som finner sted innenfor en radius på 250 meter fra en av disse lokasjonene vil bli registrert som stopp ved gjeldende bensinstasjon. Hvis det er flere bensinstasjoner innenfor radiusen, blir den lokasjonen som er nærmest valgt. Ettersom det i denne øvelsen kun er bensinstasjoner som identifiseres, bør man være obs på at det kan skje feilkobling hvis lastebilstoppet finner sted innenfor 250 meter radius fra en bensinstasjon, og egentlig er stopp ved en annen virksomhet. Metoden ville kunne ta hensyn til dette om man slår opp mot flere næringer fra VoF.

Tabell 7.1 viser et utklipp av lokasjonsregisteret som er utarbeidet for bensinstasjoner hentet fra VoF.

Tabell 7.1 Eksempel på liste over virksomheter med koordinatinformasjon. Brukes som oppslag for å finne lokalisering av lastebilstopp.

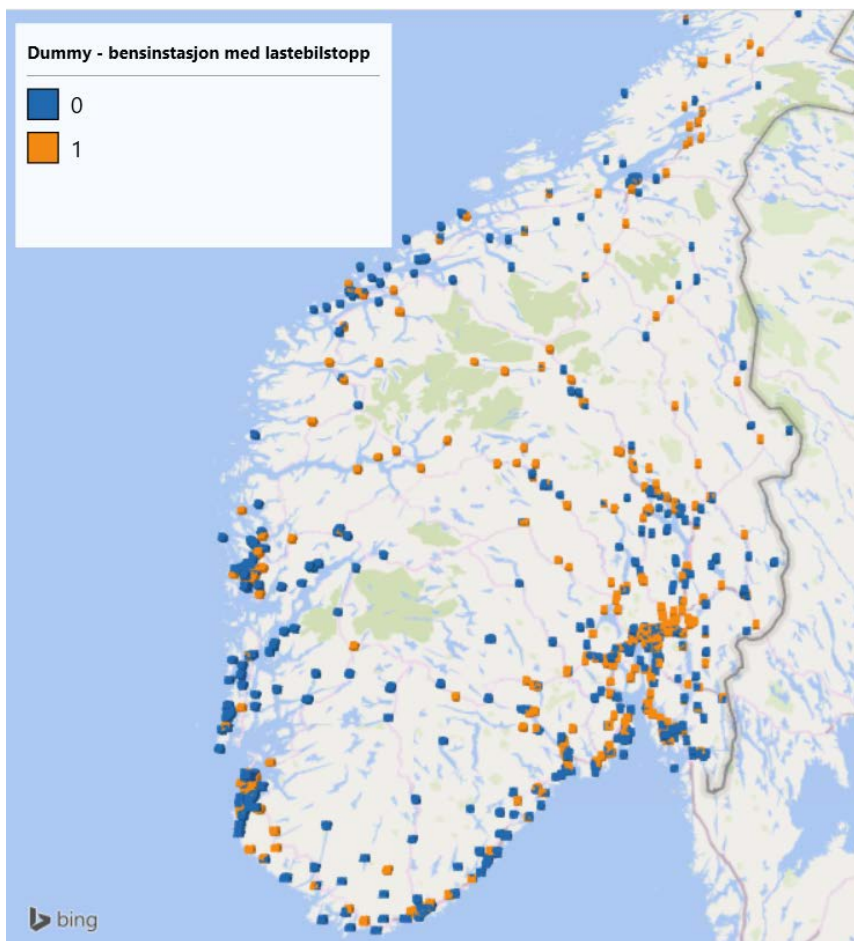
Nr	Navn	Adresse	Postnummer	Poststed	Kommunenr	Grunnkrets	x_pos	y_pos
1	HH BYGLAND AS	Sentrum 2	4745	BYGLAND	0938	09380106	7,79535682	58,83114675
2	BILHUSET SERVICESENTER AS	Vestre Svanholmen 11	4313	SANDNES	1102	11020201	5,70527366	58,88731040
3	SOLGAARD STEINAR HOLDING AS	Ørmenåsen 7	1615	FREDRIKSTAD	0106	01065404	10,89057750	59,30359772
4	ROLVSØY SERVICE SENTER AS KBO	Rolvøyveien 393	1664	ROLVSØY	0106		11,01065657	59,26463710
5	BUNKER OIL AS	Ferroveien 89	9308	FINNSNES	1931	19310307	18,07418568	69,21754674
6	SHELL FLÅ	Svingelle 8	3539	FLÅ	0615	06150103	9,45781715	60,43120737
7	BRENNNA DRIVSTOFF AS	Torshølvegen 4	3810	GVARV	0822	08220202	9,13221096	59,40519047
8	RAM AS	Gamle Lommedalsvei 113	1348	RYKKINN	0219	02191901	10,49456466	59,92533960
9	TS DRIFT AS	Beiteveien 12	1911	FLATEBY	0229	02290103	11,14552163	59,83228985
10	ÅMLI AUTO AS	Gata 52	4865	ÅMLI	0929	09290104	8,48690624	58,77010309
11	VANGSVEIEN EXPRESS AS	Ringgata 62-64	2318	HAMAR	0403	04030508	11,08742042	60,79741898
12	NADDERUD AUTOSENTER AS	Nadderudveien 55	1357	BEKKESTUA	0219	02190424	10,59636413	59,92779641
13	ØSTENSIØ AUTOSENTER AS	Låveveien 70	0682	OSLO	0301	03013619	10,83373196	59,90069297
14	BRUA SERVICENTER AS	Frednesøya 23	3933	PORSGRUNN	0805	08050801	9,63112351	59,13379563
15	RISØR BENSIN OG MARINA AS	Strandgata 6	4950	RISØR	0901	09010112	9,23692436	58,72045126
16	MOTORHUSET STRANDA AS	Daleveien 7	6200	STRANDA	1525	15250105	6,92251719	62,30728588
17	YX 7-ELEVEN	Brynsveien 92	1352	KOLSÅS	0219	02191713	10,51183425	59,90821817
18	GRIMSTAD SERVICENTER AS	Lillesandsveien 46	4877	GRIMSTAD	0904	09040207	8,57444637	58,34023223
19	TIGER AS	Vågsbygdsveien 51A	4621	KRISTIANSAND S	1001	10010303	7,95950159	58,11980386
20	KOLBOTN AUTOSENTER AS	Skiveien 55	1410	KOLBOTN	0217	02170103	10,80672274	59,81026131
21	SANNAN BENSIN OG SERVICE AS	Kongens gate 45	7713	STEINKJER	5004	50040201	11,49852296	64,01129478

7.6.2 Resultat

Koblingen av virksomheter i næringsområde «47.3 Detaljhandel med drivstoff til motorvogner» mot matrikkelen viste at 935 av 1343 virksomheter fikk påkoblet koordinater, eller

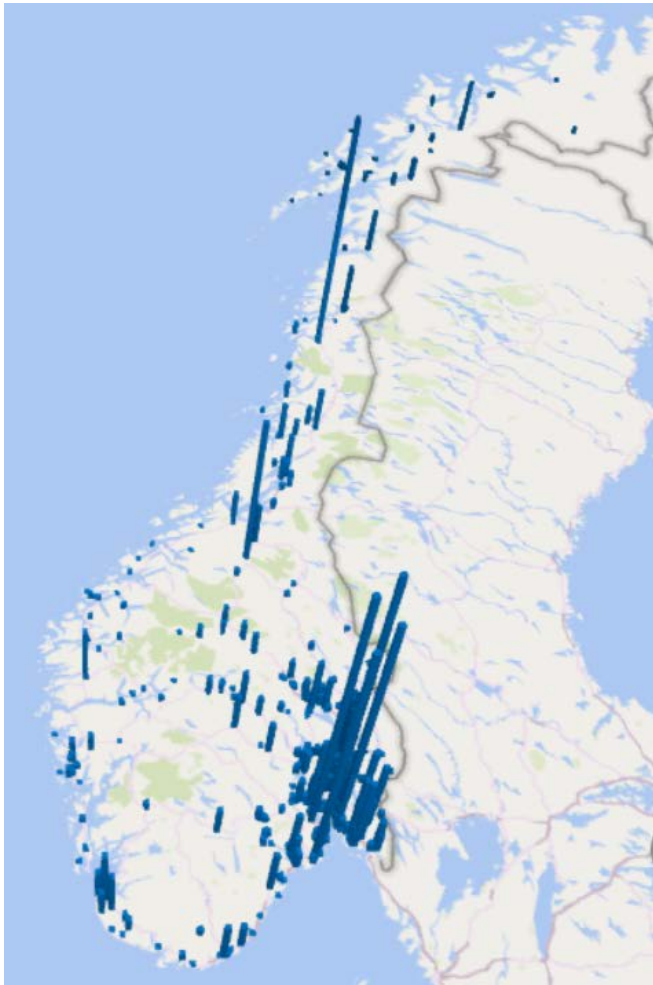
rundt 70 %. Dette var lavere enn resultatet for alle virksomheter i VoF sett under. En årsak kan være at bensinstasjoner har mindre standardiserte adresser på tvers av registre enn andre næringer (for eksempel at det er angitt et stedsnavn som adresse i stedet for fullstendig adresse med korrekt vegnummer).

Ved å følge metoden beskrevet over har vi identifisert lastebilstopp i februar 2020 som fant sted ved disse 935 bensinstasjonene. Resultatet var at fikk identifisert stopp ved 422 av disse. En årsak til at vi ikke treffer på enda flere bensinstasjoner skyldes at utvalget i LIMCO ikke er representativt for alle lastebiler og virksomheter i Norge. Figur 7.13 viser et kart over bensinstasjonene i Sør-Norge for de virksomhetene som har fått påkoblet koordinater i VoF 2019. Kartet viser videre hvilke bensinstasjoner der det er registrert lastebilstopp i LIMCO februar 2020-data og hvilke som ikke har det.



Figur 7.13 Lokalisering av bensinstasjoner i Sør-Norge fra VoF 2019. Oransje=har identifisert lastebilstopp ved bensinstasjonen, blå=har ikke identifisert lastebilstopp ved bensinstasjonen i LIMCO februar 2020-data.

Totalt for disse 422 bensinstasjonene fant vi ca. 4300 lastebilstopp i februar 2020. Figur 7.14 viser en oversikt over lokalisering for disse stoppene, hvor søylenes høyde gir et bilde av antall lastebilstopp.



Figur 7.14 Kart over lokalisering av bensinstasjoner og antall lastebilstopp i februar 2020.

Videre gir tabell 7.2 gjennomsnittlig stopptid for lastebilene som har stoppet ved bensinstasjonene, for de bensinstasjoner der det er identifisert flest stopp.

Tabell 7.2 Bensinstasjoner med flest lastebilstopp med gjennomsnittlig stopptid (min). Basert på GPS-data for februar 2020.

Navn	Adresse	Postnr	Poststed	Antall lastebilstopp	Gj.snitt stopptid (min)
CIRCLE K DETALJIST AS	Grelland 1	3089	HOLMESTRAND	164	11
CIRCLE K DETALJIST AS	Ringdalskogen 6	3270	LARVIK	155	13
CIRCLE K DETALJIST AS	Storebaug 6	1529	MOSS	151	9
STATOIL BUTIKK E6 BERGER	Bølervegen 34	2016	FROGNER	146	12
SHELL HALSØY	Naustgata 1	8665	MOSJØEN	143	24
BERKÅK BILSERVICE AS	Parallellveien 10	7391	RENNEBU	96	16
VESTAD AUTOSENTER AS	Bakketungata 9	2406	ELVERUM	74	8
MOSJØEN SERVICENTER AS	Leira 2	8665	MOSJØEN	71	25
SHELL GRORUD	Trondheimsveien 466	0962	OSLO	58	12
CIRCLE K DETALJIST AS	Habornveien 1	1630	GAMLE FREDRIKSTAD	53	13
TIGER AS	E-18 67	3036	DRAMMEN	53	20
CIRCLE K DETALJIST AS	Rakkestadveien 50	1814	ASKIM	51	18
RAKKESTAD BENSINSTASJONSDRIFT AS	Haldenveien 1	1890	RAKKESTAD	50	7
ØSTFOLD BILISTENTER AS	Solliveien 278	1719	GREÅKER	48	8
ØSTFOLD VEISERVICE AS	Storebaug 1	1529	MOSS	48	9
STATOIL SERVICE E6 FURUSET	Tevlingveien 19	1081	OSLO	46	9
VESTBY VEISERVICE	Hytteveien 5	1540	VESTBY	45	12
SHELL NEBBENES VEST	Østre Hurdalveg 181	2074	EIDSVOLL VERK	42	19
CIRCLE K DETALJIST AS	Feiringvegen 23	2092	MINNESUND	42	10

8 Potensiale for integrering av ERP- og kjøretøydata

8.1 Bakgrunn

Et viktig spørsmål i prosjektet har vært å finne ut hvordan informasjon generert av flåtestyringssystemene kan brukes for å forbedre førernes effektivitet, og mer generelt kostnads-effektiviteten i transportsystemene. Dette leder til spørsmålet: 'Kan vi forbedre informasjonsgrunnlaget for styring mer ved å kombinere data som genereres fra transportsystemene med data som skapes i bedriftenes ERP systemer?'

Integrasjon kan skje på ulike nivåer, og vi har i prosjektet vært ute etter å kartlegge hvilke muligheter som er til stede. Det ene nivået, primært for analyser, er at man eksporterer data fra FMS-løsninger (som f.eks. Linx) og ERP-systemet og sammenstiller og analyserer disse utenfor ERP-systemene. Integrasjonsforutsetningen er at ERP-systemet har en funksjonalitet som genererer de dataene som må eksporteres. Dette gjelder både funksjonalitet og datastrukturer, samt hvor åpent systemet er for eksport av data.

Det andre nivået er at man utnytter data fra FMS-leverandøren til løpende optimalisering av logistikken. Dette forutsetter for det første at man kan importere data direkte til systemet, at dette har fleksibilitet i datastrukturene til å kunne ta det imot, og at man enten direkte eller via Add-On applikasjoner kan bearbeide dataene og koble disse sammen med øvrige ERP-data for å støtte den ønskede funksjonalitet (f.eks. dynamisk ruteplanlegging) operativt.

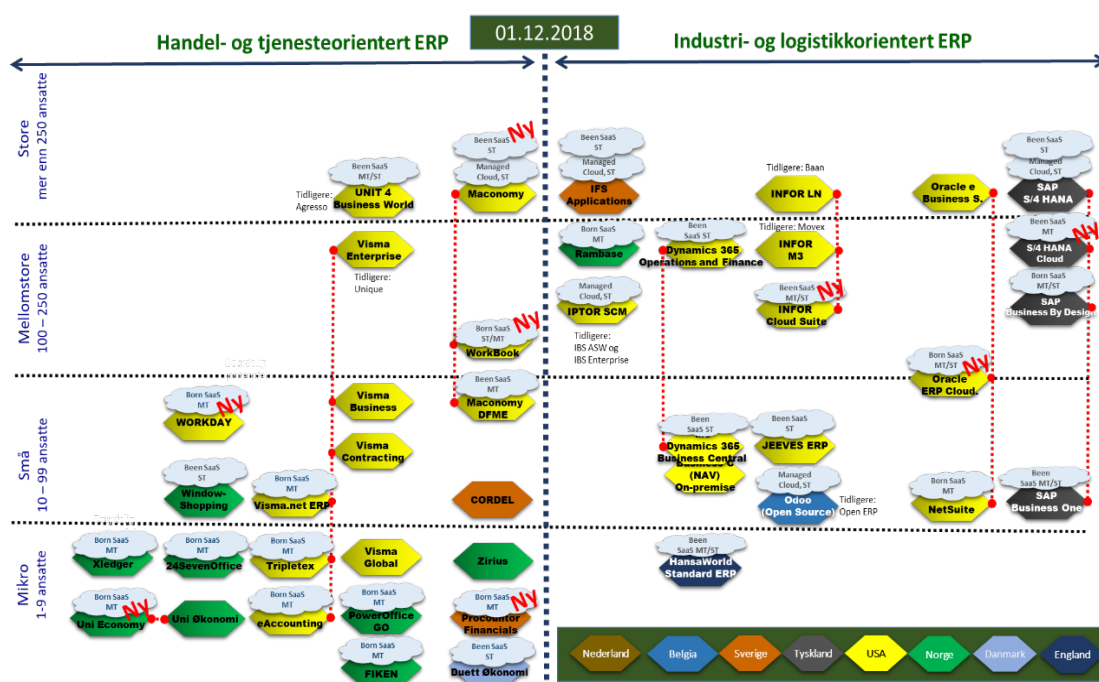
8.2 Undersøkelse og funn

Vi gikk gjennom flere av de systemene som er mest vanlig i det norske markedet i dag. En oversikt over de mest vanlige systemene differensiert etter ulike bedriftsstørrelser framgår av tabell 8.1.

Tabell 8.1 Oversikt over de mest vanlige ERP-systemene differensiert etter ulike bedriftsstørrelser.

Systemer for større bedrifter	Systemer for mellomstore bedrifter	Systemer for mindre bedrifter
SAP	Dynamics 365	Navision
FS	Accepta	Jeeves
INFOR LN (Baan)	Visma Enterprise	
Oracle	IPTOR SCM	
UNIT 4 Business World (Agresso)		

Kriteriet for valg av system er at det utgjør et mer komplett ERP-system, gjerne med både ordre-, innkjøps- og en form for logistikkfunksjonalitet. Det siste varierer imidlertid mellom systemene. Det er flere kandidater hvis vi også inkluderer systemer med mer begrenset funksjonalitet. En utvidet oversikt er vist i figur 8.1, hentet fra Hjort Christensen (2018).



Figur 8.1 Oversikt over ERP-systemer. (Hjørt Christensen, 2018)

For forståelse av figuren nevner Hjørt Christensen (2018) følgende forutsetninger:

- En forutsetning for å bli posisjonert i matrisen er at løsningen har et visst moment i markedet, dvs. at nye kunder kommer til. Det andre er at løsningen som et minimum dekker regnskap, ordre, lager, fakturering og innkjøp.
- Klassifiseringen i Mikro, Små, Mellomstore og Store virksomheter bygger på EUs definisjon fra 2003. Utfordringen er at mange av leverandørene har sine egne definisjoner, som f.eks. SAP som definerer mellomstore virksomheter til opp mot 1 milliard EUR i omsetning, og som langt overgår hva som er en mellomstor bedrift etter norsk målestokk.
- Det skilles mellom 2 hovedkategorier av ERP-systemer, nemlig de som støtter produserende virksomheter og de som ikke gjør det.
- Hvert punkt er et ERP-produkt eller en ERP-tjeneste (SaaS).
- Fargekoden indikerer hvilket land «siste-ledd» eieren av kildekoden er registrert i.
- ERP-løsningens posisjon tar utgangspunkt i en gjennomsnittsbetraktning der utgangspunktet er antall navngitte brukere per kunde. Dette tallet må sees opp mot gjennomsnittlig utbredelse hos kunden. Utgangspunktet er at 50% av de ansatte har en bruksrett (lisens). Det vil si at dersom snittkunden har 35 navngitte brukere vil de posisjoneres i klassen «Små bedrifter». For å posisjoneres i klasse «Store bedrifter» må de ha mer enn 125 navngitte brukere i snitt per kunde. Andelen brukere er lavere i produksjonsbedrifter.
- Rød stiplet linje indikerer at samme eier kontrollerer flere produktlinjer

Utvalget i figur 8.1 ble brukt som utgangspunkt for vurderingen, i tillegg til en del nyere skybaserte løsninger. I en gjennomgang av utvalget med Hjørt Christensen (2019) ble systemer med manglende funksjonalitet tatt ut av videre undersøkelse. De gjenværende systemer som i all hovedsak samsvarer med de som er listet opp innledningsvis, ble videre gjennomgått. Gjennomgangen skjedde dels ved videre gjennomgang av publisert teknisk og

funksjonell informasjon om systemet på nettet, ved gjennomgang av diverse datablader og ved intervjuer for enkelte av de større systemene. Resultatene for alle systemer var relativt like med hensyn til integrasjon for styringsformål.

For laveste integrasjonsnivå, integrasjon av data mellom FMS- og ERP-systemer for rapporteringsformål, er dette teknisk enkelt. Både de fleste FMS- og ERP-systemer kan eksportere data i mange formater, for eksempel Excel. For data fra FMS er begrensingen at det samples for få data. Det kan også være behov for frekvensendringer ved oversendelse av data fra FMS i forhold til dagens situasjon, men det er i utgangspunktet teknisk enkelt.

Fra ERP-systemene hos transportbrukerne vil data som er nødvendig for analyse måtte trekkes ut fra ordremoduler, logistikkmoduler og i en god del tilfeller egne tilleggsmoduler. Standardoppsettene for ERP-systemene har vanligvis ikke de nødvendige datafeltene for mer logistikk- og transportorienterte analyser. Dette kan i konkrete cases løses ved at man definerer inn egne datafelt, endrer applikasjoner, brukergrensesnitt og løsninger for datafangst. Innenfor prosjektet ble det dessverre ikke mulig å lage og teste slike løsninger sammen med deltagerbedriftene.

Fra ERP-systemene hos transportselskapene er utfordringene lik de vi har beskrevet for transportbrukerne. Her må vi i tillegg understreke at siden mange mindre transportselskaper benytter mindre systemer med mer begrenset funksjonalitet utover regnskap og grunnleggende ordre-/fakturafunksjoner, vil krav til endringer for å kunne kombinere data med FMS være større.

En annen form for integrasjon er integrasjon av FMS-data inn i ERP-systemene, for eksempel inn i TMS-moduler (Transport Management System), for å kunne bidra til operasjonell støtte. Teknisk er dette enkelt for ERP-systemene og de fleste moderne ERP-systemer kan importere data gjennom API-grensesnitt.

For å kunne utnytte data importert fra FMS eller direkte fra bilprodusentenes systemer vil det for de aller fleste systemer være behov for større utviklingsarbeid i forhold til systemenes standardoppsett, både med hensyn til applikasjoner og datafelt. Generelt vil det for integrasjon mellom FMS og ERP være nødvendig å få etablerte felles identifikatorer for turer og leveranser.

En spesiell type operativ integrasjon mellom FMS/GPS og ERP er bruk av felles data for dynamisk ruteplanlegging. Det som da behøves er å kombinere GPS-informasjon og informasjon om leveranser/hentinger med transportordreda og ruteinformasjon. Dette forutsetter mer spesialiserte applikasjoner.

Vi har i prosjektet gått litt mer inn på Linx siden dette systemet er grunnlaget for en av datafangstløsningene i prosjektet. Eksport av data fra systemet er greit, og det kan ved behov settes opp egen API. Per i dag er det ingen dataelementer som kan lenkes til spesifikke fysiske leveranser, slik at utfordringen med felles identifikatorer vil være noe som må løses for hvert case. Det kan eksempelvis lages kobling via bilenes registreringsnummer.

Når det gjelder overføring av data fra bilsystemene er mulighetene hos Cognia gode. Det som er begrensningen i dag er frekvensen for overføring av data fra bilprodusentenes systemer. Denne må økes betraktelig hvis man ønsker å oppnå operativ integrasjon.

9 Elektronisk datafangst som grunnlag for statistikkproduksjon

9.1 Behov for mer detaljerte data

Transportmodellene som brukes av transportvirksomhetene og Samferdselsdepartementet i deres planarbeid stiller høye krav til grunnlagsdata. Økt omfang av godstransport og spesifikt av bylogistikk stiller også økte krav til inngangsdataene. TØI publiserte i desember 2020 en litteraturstudie på State of the Art for framtidens godstransportmodeller (Mjøsund, Pinchasik og Hovi, 2021). Gjennomgangen viste at utviklingen av godstransportmodeller internasjonalt i stor grad er styrt av tilgjengeligheten til data om varestrømmer og kjøretøy-bevegelser.

Problemstillingen er sentral også i Norge. TØI har lang tradisjon i å utvikle og anvende modeller til framskrivninger og analyser av transportmarkedet, herunder også en nasjonal godstransportmodell. Dagens nasjonale godstransportmodell har i hovedsak kommune som geografisk inndeling, men med en noe finere oppsplitting av de største byene. For import og eksport er land brukt som geografisk inndeling i Europa, der våre nærmeste naboland har noe finere inndeling.

På oppdrag for Statens vegvesen og Viken fylkeskommune er det utført en mulighetsstudie for en regional godstransportmodell (Hovi, Steinsland og Pinchasik, 2021). I oppdraget inngikk også en sondering av potensielle datakilder og testing av datakvalitet på ulike detaljeringsnivå. Gjennomgangen viser at det er utfordringer i eksisterende datagrunnlag. Særlig er det utfordringer når det gjelder data om distribusjonsruter og for transportoppdrag med mindre godsbiler (nyttelast under 3,5 tonn) som ikke er inkludert i lastebilundersøkelsen og som utgjør et viktig segment i bylogistikk.

9.1.1 Dagens datagrunnlag om godstransport

I dette kapitlet gis en kort intro til dagens datagrunnlag om godstransport og næringsvirksomhet.

Transportdata

SSB har ansvar for å utarbeide statistikk om godstransport i Norge. De viktigste undersøkelsene som inngår i statsoppdraget er:

- Lastebilundersøkelsen (løpende utvalgsundersøkelse, omfatter lastebiler med nyttelast over 3,5 tonn)
- Årlig og kvartalsvis havnestatistikk (inkluderer alle offentlige trafikkhavner i Norge)
- Jernbanestatistikk (regionalt fordelt, bare hvert 5. år)
- Ulike kostnads- og prisindekser

I tillegg utfører SSB undersøkelser som er avhengig av finansiering

- Varebilundersøkelsen (gjennomføres ca. hvert 5. år, inkluderer godsbiler som ikke inngår i lastebilundersøkelsen)

- Varetransportundersøkelsen (sist utført i 2015, basert på 2014-data)

Næringsdata

SSB utarbeider også statistikk om næringsvirksomhet som har relevans for transport og logistikk. Dette inkluderer blant annet:

- Primærnæringsproduksjon (inkluderer produksjonsvolum og produksjonskommune)
- Skogbruk (avvirkningsvolum og avvirkingskommune)
- Fiske og fangst (fangstvolum og ilandføringskommune)
- Havbruk (oppdrettsvolum og produksjonsfylke)
- Petroleumsutvinning
- Utenrikshandel (verdi, mengde, vare, handelsland, transportmiddel ved grensepassering – den mest komplette statistikken fordi den inkluderer all utenrikshandel og er konsistent på tvers av transportformer og vare)
- Strukturstatistikk: Omsetning, sysselsetting og regnskapsvariabler i ulike næringer
- Virksomhets- og foretaksregisteret (VoF)

Trafikkdata

I tillegg foreligger data om trafikk med ulik grad av tilgjengelighet:

- Vegtrafikktellinger fra ulike snitt i vegnettverket (åpen tilgjengelig API hos Statens vegvesen)
- Bomstasjonsdata (har vist seg vanskelig tilgjengelig)
- GPS-sporingsdata (private data, krever samarbeid og aktive FMS-abonnement)
- AIS-sporingsdata for sjøtransport World Wide (forvaltes i Norge av Kystverket)

9.1.2 Hva er de viktigste datautfordringene?

Manglende konsistens på tvers av transportformer

Utenrikshandelsstatistikken er som nevnt over den mest komplette statistikken fordi den for det første omfatter all utenrikshandel og fordi den er konsistent på tvers av alle vare-segmenter og transportformer, og finnes oppgitt både i verdi og kvantum. Største utfordring med denne statistikken er at den er upresis på innenriks opprinnelses- og destinasjonssted.

Når det gjelder innenrikstransport er innsamlingsmetodikken ulik, der havnestatistikken er den mest komplette, basert på uttrekk fra havneadministrasjonssystemene, mens lastebilundersøkelsen og varebilundersøkelsen er utvalgsundersøkelser. For jernbanetransport er største utfordring detaljeringsnivå og at det bare publiseres tall for regionale transportert hvert femte år, og i praksis foreligger tall i dag (2021) bare for årene 2015 og 2020. SSB sin innsamling av jernbanetall oppfyller kravene og har opphav i EØS-avtalen. SSB har som mål å hente inn og publisere tall på regionalt nivå årlig for å oppfylle nasjonale brukerbehov.

Utvalgsundersøkelser

Lastebilundersøkelsen og varebilundersøkelsen er utvalgsundersøkelser. En utfordring med utvalgsundersøkelser er at desto mer ned i detaljeringsnivå en bruker data, desto større er

også usikkerheten. Lastebilundersøkelsen rapporterer postnummer for lasting og lossing, slik at det er mulig å få fram turmønster, mens varebilundersøkelsen er sterkt forenklet og har bare informasjon om området transporten foregår og gir ikke grunnlag for turgenerering. Selv om utvalget til varebilundersøkelsen er relativt stort (ca 10 000 kjøretøy) er utvalgsandelen nokså lav fordi totalpopulasjonen er ca 500 000 varebiler. Relativt få ekstremobservasjoner utgjør imidlertid en høy andel av innrapporterte totaltall og bidrar til høy varians for variablene transportmengde, tonnkilometer og antall leveranser.

Oppgavebyrde

Utvalgsundersøkelser og spesielt lastebilundersøkelsen har tung oppgavebyrde for de som skal rapportere data. F.eks. må respondenten i denne undersøkelsen føre turdagbok der alle transportoppdrag i tellingsuken må rapporteres med bl.a. informasjon om start og stopp for turen, lastmengde, utkjørt distanse, vare, kjøring med/uten tilhenger, mens informasjon om kjøretøy og tilhenger hentes fra kjøretøyregisteret.

Forenklet rapportering av distribusjonsruter

For at oppgavebyrden skal være overkommelig blir distribusjonsrunder i lastebilundersøkelsen rapportert forenklet dersom det er mer enn fire stopp underveis. Dette gjør at man ikke har informasjon om hvert stopp i en distribusjonsrunde, noe som gjør den mindre egnet til analyser av bydistribusjon.

Lang tid fra innsamling til publisering

En primær utfordring med dagens statistikkgrunnlag er at det tar relativt lang tid fra SSB begynner å planlegge og samle inn data til de publiseres og grunnlagsdata er tilgjengelig for analyse. F.eks. går det fire måneder før data fra lastebilundersøkelsen er publisert. Årsdata for utenrikshandelen publiseres derimot allerede i slutten av januar det kommende år, og er dermed en god kilde for trendutvikling.

Manglende tidsdimensjon

Om en skal utvikle planleggingsmodeller for bylogistikk, er det ikke tilstrekkelig med informasjon om hvor en transport har foregått, men det er også nødvendig med informasjon om når den er utført. Tidsdimensjonen vil ikke utvalgsundersøkelsene kunne svare ut, bl a fordi de gir et forenklet bilde av forsendelsene, men man i stedet innhente tidsdata fra andre kilder. Eksempler på dette er vegtrafikkteellinger og f.eks. AIS-data (for skip), men vegtrafikkteellingerne dekker i liten grad sentrumstrafikken.

9.2 Andre potensielle nye datakilder

9.2.1 ERP-data

En annen problemstilling er knyttet til SSBs statistikkbehov, og hvilken rolle ERP-systemene sammen med FMS-data kan spille.

For statistiske formål kan det være ønskelig med direkte rapportering av data vedrørende alle transportoppdrag i rapporteringsperioden på en uke (avsender- og mottakeradresse, vare, sendingsvekt, transportdistanse, informasjon om kjøretøy). Det er også ønskelig med registreringsnummer slik at det kan kobles til kjøretøyregisteret. Informasjonen kan så

benyttes til beregning av transportarbeid (tonnkm) og trafikkarbeid (kjøretøykm) for rapporteringsperioden. Dette forutsetter at informasjonen foreligger i ERP-systemet og at det er moduler for seleksjon av alle transportoppdrag som f.eks. er utført for bedriftens egne lastebiler (for egentransport), og at det er en mulighet til å videreføre data til SSB etter nærmere angitte spesifikasjoner om dataformat. Dersom ikke all informasjon om transportoppdraget finnes tilgjengelig i ERP-systemet forutsettes det at det finnes en mulighet til å importere kjøretøydata fra en FMS-leverandør. Det siste forutsetter at man kan importere FMS-data, har fleksibilitet i datastrukturen til dette, og kan gjøre en videre bearbeiding i ERP-systemet før eksport til SSB.

I de fleste selskaper er nøkkelssystemet for administrative data ERP-systemet. Kjernen er vanligvis en regnskapsmodul, og at det legges det til andre moduler som innkjøp, ordrebehandling, lagerstyring, mm., avhengig av hvilken informasjon som behøves for å styre selskapet. Spørsmålet er også om ERP-systemene kan bidra til på en enkel måte å lage transportstatistikk, eventuelt ERP- og FMS-systemer i samspill.

Som en del av prosessen hadde SSB i første del av prosjektet listet potensielle ERP-systemer for transportindustrien (Bergstrøm, 2018). Denne var igjen basert på den årlige undersøkelsen til Hjort Christensen (Hjort Christensen, 2019). Resultatet var et utvalg som var overlappende med det vi benyttet i kapittel 8 og ble så supplert med en liste av administrative systemer som ble benyttet av medlemmer i Norges Lastebileier-forbund som deltok i prosjektet. Disse systemer gikk gjennom samme prosess for vurdering av muligheter for dataintegrasjon som beskrevet for de øvrige systemene i kapittel 8.

Et viktig funn var at transportører ofte bruker små systemer med begrenset funksjonalitet. For ERP-systemene i denne gruppen var det interessant å se om informasjon som behøves for å lage transportstatistikk var en del av standardoppsettet til systemene. Dette var ikke tilfellet for noen av systemene og gjaldt både komplette data som behøves for oversendelse til SSB og mer underliggende informasjon som sendinger, vekt, varetype, som eventuelt kunne kombineres videre med FMS- og GPS-data til å generere statistikk. Hvis dette skal muliggjøres må det derfor gjøres vesentlige endringer i de mindre ERP-systemene. Det er ganske mange forskjellige systemer i bruk, f.eks. mer enn 10 bare i NLF-studiet, som bare hadde et lite utvalg av populasjonen lastebiltransportører. Det vil derfor være mange systemer som eventuelt må tilpasses før de kan benyttes til statistikkproduksjon.

De større integrerte ERP-systemene som for eksempel SAP, FMS og Oracle (Hjort Christensen, 2019) har større muligheter i den forstand at de samler mer data i standard-applikasjonene, og større fleksibilitet med hensyn til å legge til nye dataelementer og funksjonalitet. Et eksempel er transportstyringsmodulen i SAP som kan settes opp til å klare integrasjonen av FMS og ERP for data som vekt, forsendelsesinformasjon (f.eks. rutevalg), bruk av transportenheter og data om avsender og mottakeradresser. Imidlertid så er disse større systemene i all hovedsak brukt av større industri- og handelsforetak og i liten grad av transportselskapene som i Norge jo er hovedleverandørene til transportstatistikkene. Det er også et faktum at det i det norske markedet er veldig få selskaper som benytter de mer avanserte mulighetene i større ERP-systemer.

Dagens situasjon med hensyn til integrasjon mellom ERP- og FMS-systemer for statistikkformål er derfor at det fortsatt er betydelig utviklingsarbeid som eventuelt må gjennomføres. Det er lett å kombinere data utenfor ERP- og FMS-systemene, men også med en slik løsning må det i begge typer systemer skapes dataelementer som ikke er der i dagens standard applikasjoner.

En annen mulighet, hvor dataene kan kanaliseres via transportmodulene i ERP-systemer er informasjon hentet fra elektroniske fraktbrev. Disse inneholder adresser for avsender og mottaker, vekt, valg av transportmodi og mer. Kombinert med informasjon fra ERP- og FMS-systemene vil dette kunne åpne for en enklere måte å skape automatisk statistikk fra

ERP-systemer på. Begrensingen vil være at det i første omgang hovedsakelig vil være større systemløsninger og større bedrifter, gjerne vareeiere, som vil ha denne muligheten.

9.2.2 Data fra foretakenes fagsystemer

I SSBs strategi⁵ blir det slått fast at institusjonen skal videreutvikle metoder for innhenting av nye og eksisterende datakilder og mer effektiv statistikkproduksjon. En henvendelse fra Posten Norge høsten 2019 om å erstatte rapportering av skjemadata gjennom Altinn med data fra foretakets fagsystem var godt tilpasset denne ambisjonen. Det aktuelle datamaterialet dekker inntil videre kun planlagt aktivitet. Posten Norge forbereder (i 2021) et skifte av transportstyringssystem som kan gi tilgang til data som beskriver reell aktivitet.

I 2020 fikk SSB tilgang til uttrekk fra Postens fagsystem. Dette gav mulighet til å sammenligne det administrative datamaterialet med behovene til Lastebilundersøkelsen. For bedre å forstå innholdet i de administrative dataene ble det gjennomført flere møter på Teams med representanter for Posten Norge. I april 2021 var en første konvertering mellom uttrekket fra Postens fagsystem og variablene til Lastebilundersøkelsen gjennomført. Selv om deler av Postens data er av høy kvalitet, er det nødvendig å estimere noe manglende informasjon.

Forsøk på å bruke de administrative dataene til Posten utenfor utvalget til Lastebilundersøkelsen kan ikke begynne før konverteringen av det administrative datamaterialet til Posten Norge mot variablene i Lastebilundersøkelsen er kvalitetssikret. SSB håper å legge til rette for disse analysene i 2022.

SSB vil også tilby andre foretak enn Posten Norge muligheten til å erstatte rapportering av skjemadata med leveranser av administrative data. Et skifte fra skjemadata til administrative data vil på kort sikt være lite attraktivt for mange foretak, men kan innebære en betydelig reduksjon i oppgavebyrden for noen større foretak. Innsamling av store mengder administrative data fra noen lastebilforetak gir også nye muligheter for statistikk og analyse.

9.2.3 Elektroniske fraktbrev

Som et verktøy for å bekjempe ulovlig kabotasje vedtok⁶ Stortinget i 2020 obligatoriske fraktbrev for all vegtransport i Norge. Økt digitalisering og opprettelse av et transportregister er viktig verktøy for å sette kontrollmyndighetene i stand til effektiv kontroll og sanksjonering av brudd på kabotasjeregulverket.

Elektroniske fraktbrev kan bidra til økt kontroll og overvåking av gods under transport, økt sporbarhet av endringer i fraktbrevet, mer nøyaktige opplysninger og et sikrere grunnlag for å identifisere partene gjennom regler om elektronisk signatur. Dette kan igjen gi et bedre kontrollgrunnlag med næringen og føre til en mer rettferdig konkurransesituasjon.

Informasjon som er pålagt at skal registreres i et fraktbrev⁷ er:

- Avsenderens navn, adresse og underskrift
- Transportørens navn, adresse og underskrift
- Mottakers navn og adresse, samt, etter at godset er levert, mottakers underskrift og dato for levering
- Sted og dato for overtakelse av godset, samt sted der godset skal leveres

⁵ <https://www.ssb.no/omssb/om-oss/strategier>

⁶ Vedtok obligatorisk elektronisk fraktbrev (mtlogistikk.no) ; [Regjeringen ble overkjørt: All vegtransport i Norge må ha elektronisk fraktbrev | FriFagbevegelse](#).

⁷ - [Elektroniske fraktbrev er løsningen | Lastebil.no](#)

- Den alminnelige betegnelsen på godset, emballeringsmetoden, samt, dersom det gjelder farlig gods, en allment anerkjent betegnelse på godset, sammen med antallet pakker og særlig merking og nummerering av pakkene
- Godsets bruttovekt eller mengde gods uttrykt på annen måte
- Motorvognens og tilhengerens nummerskilt

Basert på behovet i lastebilundersøkelsen, dekker elektroniske fraktbrev tilnærmet alle krav, med unntak av utkjørt distanse. Dette kan nokså enkelt beregnes når start- og stoppsted for turen er oppgitt. For å redusere rapporteringsbyrden knyttet til lastebilundersøkelsen vil derfor tilrettelegging for denne typen av rapportering i lastebilundersøkelsen utnytte informasjon som uansett må registreres. Man vil derfor kunne effektivisere datastrømmen fra transportør for myndighetspålagt rapportering og rapportering til Statistisk sentralbyrå.

9.2.4 Transportstyringssystemer (TMS)

Ytterligere en potensiell kilde til datafangst som ikke har vært testet ut tidligere er data som går gjennom såkalte Transport Management Systems (TMS). Dette er selskap som overfører EDI (Electronic Data Interchange) mellom transportkjøpers ordresystem og transportørens system, og lager også etikettene på pakkene som skannes underveis i transportkjeden og benyttes til sporingsdata. Eksempler på slike selskaper i Norge er:

- [*nShift*](#)
- [*Unifaun*](#)
- [*Logistra*](#)
- [*Axia Frakt*](#)

Det flyter store datamengder gjennom disse systemene og mye av informasjonen er den samme som ble innhentet i varetransportundersøkelsen fra 2014. For eksempel vil dataene kunne gi informasjon om varestrømmer med:

- Sted for lasting
- Sted for lossing
- Vare eller detaljert næring til avsender
- Tidspunkt for henting av sending hos kunde
- Leveringstidspunkt mottaker
- Transportmiddel?
- Transportkjeder?
- Omlastingssteder?
- Ankomst- og avreisetidspunkt på (omlastings)terminal?

En stor fordel med denne datakilden er at man kan oppnå mye av den nødvendige informasjonen til varestrømsundersøkelsen gjennom relativt få aktører. Utfordringen er eierskap til dataene og at TMS-leverandøren behandler data til andre bedrifter. En måte å løse dette på er å aidentifisere dataene ved å begrense informasjonstilfanget til f.eks. postnummer til avsender og mottaker, samt at næringskoden ikke trenger å være på det mest detaljerte nivået.

9.2.5 Smarte fartsskrivere

Smarte fartsskrivere⁸ er en videreføring av dagens digitale fartsskriver og vil erstatte digitale fartsskrivere etter hvert som bilparken skiftes ut, med en overgangsperiode på 15 år. Smart fartsskriver er en videreføring av den digitale fartsskriver, med utvidet funksjonalitet og kan blant annet kommunisere indikasjoner på overtredelser til kontrollutstyr langs veien under kjøring.

Fartsskriveren kan også kobles sammen med satellittnavigering i kjøretøyet, og på sikt med ITS-teknologi (intelligente transportsystemer). Fordelen med nye fartsskrivere er at det gis bedre og mer effektive muligheter for utvelgelse til, og for kontroll av kjøre- og hviletid.

Vi har gjennom prosjektet jobbet noe med fartsskriverdata, men ikke fra smarte fartsskrivere. En utfordring i bruk av data fra fartsskriverne er at vår tilgang til data var på et uhensiktsmessig format som gjorde at vi måtte prosessere dataene manuelt. Vi fant også stor usikkerhet i hva sjåførene oppga som hensikt med et stopp og om det var for lasting/lossing eller for andre aktiviteter og hvile.

9.3 Videre arbeid

Vi finner at det store tilfanget av data som genereres i forbindelse med hvert transportoppdrag genererer store muligheter for framtidig datafangst. Dette gjelder både data for transportmodellering, men også forenklet rapportering av data til SSB, slik caset som SSB har hatt med Posten viser. Fordelen uttrekk fra fagsystem er at det kan gi et rikere datatilfang også i lastebilundersøkelsen, men at det er metodiske utfordringer som må løses før dataene kan integreres som grunnlag i lastebilundersøkelsen.

Den største utfordringen i elektronisk datafangst er imidlertid eierskap til data. En transportør frakter varer for en bedrift og det er derfor viktig at data aidentifiseres for rapportering. Denne problemstillingen blir enda viktigere dersom en tenker datafangst fra TMS-leverandører. Dette kan være en svært effektiv datafangst til erstatning for SSBs varestrømsundersøkelse, men TMS-leverandørene behandler data for andre aktører. Det er derfor viktig å etablere løsninger som aidentifiserer dataene, noe som også stiller store krav til de som mottar og forvalter dataene.

GPS-data gir et rikt datatilfang, men må prosesseres for å gi informasjon om godsaktiviteter. Vi har også erfart gjennom prosjektet at det er utfordringer med datatilgang (transportøren må både ha aktive abonnement og være villig til å dele data). GPS-data gir i seg selv en problematikk som er knyttet til GDPR. Vår oppfatning er likevel at dette er mer hypotetisk enn reelt og at det kun er mulig å spore sjåføren dersom sjåføren eier bilen selv og parkerer bilen regelmessig på egen eiendom. Vi har ikke gjort noen forsøk på å undersøke i hvilken grad dette er tilfelle i dette prosjektet.

Med digitale fartsskrivere vil det potensielt være mulig med GPS-data uavhengig av aktive abonnementer fra flåtestyringsleverandør. Det er også en mulighet for at forvalter av data (f.eks. Statens vegvesen) vil kunne koble GPS-data med kjøretøyteknisk informasjon fra kjøretøyregisteret og næringskode via virksomhetsnummer i kjøretøyregisteret. Man vil da kunne skille mellom transportbedrifter og egentransportører.

⁸ [Smart fartsskriver | Statens vegvesen](#)

10 Erfaringer og diskusjon

10.1 Hoved- og delmål ved prosjektet

Hovedmålet til dette prosjektet har vært å skape ny innsikt i godstransportsektoren ved å utnytte data fra sensorer installert i lastebiler og kombinert dette med data om logistikk- og transportorganisering.

Delmål i prosjektet har vært å:

- Forbedre effektiviteten i transport- og logistikkbransjen ved å forbedre metodene for innsamling, prosessering og sammenslåing av data fra flere digitale kilder. Dette inkluderer å undersøke hvordan data fra én digital kilde kan brukes til flere formål (innenfor selskapet, innenfor verdikjeden og for rapportering til nasjonale myndigheter) uten å registrere data flere ganger.
- Undersøke om og hvordan nye typer data, som data fra ombordsystemer, kan bidra til mer effektiv rapportering til SSB. Videre har vi undersøkt hvordan nye typer data kan kombineres med eksisterende registerdata fra Statens vegvesen og SSB, med mål om å forbedre kunnskapsgrunnlaget for offentlig planlegging.
- Bruke nye data fra våre industrielle partnere for å gi kvantitative estimater på hvordan endringer i logistikksystem og kjøreadferd påvirker transportkostnader og utslipp og kvantifisere innsparingspotensialet i kostnader og CO₂-utslipp.

10.2 Datafangstløsning og transformasjon av data til turaktiviteter

Det er etablert en datafangstløsning fra to ulike flåtestyringssystemer. Til sammen er det samlet data fra ca 1850 kjøretøy over en periode på ca 3 år. Dette er den største innsamlingen av denne type data i Norge til nå, og det er opparbeidet en rikholdig database for lastebiltransport.

En forutsetning for å samle denne typen av data er at lastebileieren har åpne abonnementer på flåtestyrings (FMS) -data. Det er ulik tidsoppløsning på kjøreadferdsdata, inkludert data over drivstofforbruk, utkjørt distanse, operativ tid og tid brukt til tomkjøring, og GPS-data. Mens GPS-data har en frekvens fra ca hvert annet minutt og opp til hvert kvarter (avhengig av abonnementstype) har kjøreadferdsdata en tidsoppløsning på døggnivå. Vi har erfart at det i perioder har vært utfordringer med GPS-frekvensen til ulike kjøretøyleverandører. F eks falt GPS-frekvensen til Scania's biler i en periode over noen måneder høsten 2020, mens noe liknende har skjedd med Volvos biler i 2021.

I prosjektet har det vært jobbet med metodikk både for å foredle GPS-data til informasjon som kan brukes i analyser og videre med å utvikle kostnadsmodeller som baserer seg på aktivitetsinformasjon fra GPS-dataene. Dette kan gjøres bedriftsspesifikt og videre brukes til forbedringsarbeid av transportopplegget, fordi man får synliggjort hvor i transportkjeden det er utfordringer og dermed gir det grunnlag for mer målrettet forbedringsarbeid. En utfordring i dette arbeidet har vært hvordan man skal skille identifisere laste- og losseaktiviteter fra trafikale stopp når vi ikke har informasjon om sendingene som faktisk leveres.

Den beregnede hastigheten mellom GPS-observasjonene brukes til å identifisere lastebilstopp. Vi har brukt en grenseverdi på maks. 8 km/t for å identifisere den første stoppobservasjonen, det vil si at når hastigheten synker under denne verdien settes det i gang beregninger av stopptid. Den kumulative tidsbruken for alle påfølgende stoppobservasjoner blir deretter beregnet for å finne den totale stopptiden før kjøretøyet beveger seg igjen. For å unngå tilfeller der den totale stopptiden blir brutt på grunn av unøyaktige posisjonsdata eller at kjøretøyet gjør små bevegelser innenfor samme laste-/losse-lokasjon, er det innført en regel om at stopptiden akkumuleres så lenge kjøretøyet holder seg innenfor en radius på 250 meter fra første stoppobservasjon. Denne metoden er foreslått av Gingerich m.fl. (2016). Vi har erfart at det må lages ulike algoritmer for varebiler og lastebiler, samt å skille mellom leveranser innenfor og utenfor sentrumsområder. Underveis i uttestingen har vi jobbet med kartillustrasjoner for å forsøke å kalibrere filtreringen slik at trafikale stopp elimineres i størst mulig grad, men uten å miste for mange stopp for lasting og lossing. Dette resulterte i at vi har brukt en nedre grense for hva som er stopp for lasting og lossing på 2 minutter for varebiler og 5 minutter for lastebiler i sentrumsområder og 10 minutter for lastebiler utenfor sentrumsområder.

Definisjonen av turer baseres på stoppobservasjonene og her har vi vært interessert i å følge distribusjonsrunder. Det vil si at en tur kan bestå av mange stopp underveis. Vi ønsket å benytte ett kriterium for generering av ny tur. Dette varierer imidlertid mye mellom ulike bedrifter basert på transport- og logistikkopplegget. Generelt for alle kjøretøy i datainnsamlingen ble det brukt en stopptid på 1 time for markere avslutning på en tur.

For noen av bedriftene i prosjektet fant vi at en stopptid på 2 timer var en bedre grenseverdi for å markere en avslutning på en tur. Det ble også nødvendig å endre turgenerering for disse bedriftene ved å definere avgang fra sentrallager/produksjonsanlegg som starten på en ny tur for at turdefinisjonen skulle samsvare med hva bedriftene selv benyttet.

Da vi startet prosjektet trodde vi at dynamiske vektdata ville foreligge for alle kjøretøy. Det viste seg at ingen av kjøretøyleverandørene hadde åpnet for denne typen av data da datafangsten startet og de to første årene med datafangst var ikke dynamiske vektdata tilgjengelig. Fra ca 1/1 2021 åpnet Volvo for datafangst også av denne typen av data, men Mercedes og Scania fortsatt bare frigir informasjon om gjennomsnittlig totalvekt for kjøretøyet i kjøreadferdsdataene, med en tidsoppløsning på døgnnivå. Det siste har vi ikke hatt tilgang til i prosjektet, men vi har hatt tilgang til dynamiske vektdata for et mindre antall av bilene, noe som skyldes at det er abonnementstypen som avgjør om det er tilgang til denne typen av data eller ikke. Vi har analysert disse dataene og finner at det er en rekke utfordringer med disse. Det er viktig å være klar over at vektdata ikke måler den konkrete vekten, men at dette er beregninger fra kjøretøyleverandøren basert på sensorer fra luftfjæring, bremsesystem og/eller girkasse/drivlinje. Bruttovekt hentes fra girkassen, som til enhver tid må vite hvor tungt lass den drar. Mens bremsesystemet og luftfjæringen har kontroll på hver aksel. Vekten beregnes på bakgrunn av reell hastighetsøkning og hastighetsreduksjon sammenliknet med hastighetsøkningen som oppnås gjennom bruk av gasspedal og hastighetsreduksjon ved bruk av bremsepedal. Metoden brukes på biler med blad-fjærer på alle aksler og på biler med for eks. bladfjærer foran og luftfjærer bak (bakluft). Vekten kan også måles med trykksensorer i luftfjæringen og er mye mer nøyaktig og gir totalvekt lik summen av akslene på lastebilen. Vi har derfor bare tatt utgangspunkt i vektdata for lastebiler der regnestykket «går opp». I følge Cognia er utviklingen i retning av en bil/hengerpark med nesten utelukkende luftfjæring, slik at disse dataene forventes å få økt kvalitet framover.

Til tross for at vi utviklet kriterier for seleksjon av hvilke kjøretøy og observasjoner vi skulle bruke vektdata fra fant vi at det var betydelig usikkerhet i vektobservasjonene og at det var mange endringer i totalvekten mens kjøretøyet var i bevegelse. Vi fant også at det

var langt flere observasjoner med økt bruttovekt enn det var observasjoner med redusert bruttovekt. Det vil altså si at vekten på kjøretøyet bygget seg gradvis opp uten at vi fant motsvarende observasjoner med vektreduksjoner/lossing.

10.3 De viktigste erfaringene som er gjort i prosjektarbeidet

Data fra flåtestyringssystem har vist seg som en effektiv kilde til datafangst fra et stort antall kjøretøy. De største utfordringene har vært rekruttering av kjøretøyene som danner grunnlag for datafangsten. Kjøretøydataene gir ny innsikt i forhold til informasjon som hittil har vært tilgjengelig fra f.eks. grunnlagsdata fra undersøkelser som gjennomføres av SSB.

Det er imidlertid en rekke barrierer for en kontinuerlig datafangst, ut over rekrutteringen av selve kjøretøyene: Det er ganske arbeidskrevende å forvalte og behandle dataene, noe som krever en betydelig basisfinansiering. Vår uttesting er hovedsakelig finansiert av Norges forskningsråd, og der deltakerbedriftene har utgjort det viktigste datatilfanget, men videre datafangst krever en kontinuerlig aktivitet og dermed et finansieringsbehov.

Den andre hovedutfordringen er hensynet til GDPR. Enhver GPS-tracking kan gi mulighet til å identifisere personen som generer trackingen. Vi mener at dette er en ren hypotetisk problemstilling, og kun mulig å identifisere sjåføren dersom lastebilen regelmessig parkeres på egen eiendom og som er et privathus eid av sjåføren. Vi har ikke gjort noen forsøk på å identifisere om dette er tilfelle.

Videre utfordringer er knyttet til at det spesielt for GPS-data må gjennomføres en del databearbeidelse og videre beregninger for at dataene skal gi reell verdi. Vi har gjennom prosjektet utviklet metodikk til å identifisere turer, måle stopptid og identifisere antall stopp underveis i transportkjeder. Dette gir mulighet til å identifisere flaksehalser i et distribusjonsopplegg, noe som gir grunnlag for målrettet forbedringsarbeid.

Kjøreadferdsdataene har også resultert i at det gjennom prosjektet er opparbeidet en database for drivstofforbruk for et stort antall lastebiler og med mulighet til å differensiere drivstofforbruket etter f.eks. tekniske egenskaper ved kjøretøyet eller ulike bruksområder. Eksempler på dette er antall aksler, motorstørrelse, tillatt totalvekt, hvor lastebilene kjører eller hvilket markedssegment de operer i. Kritiske mangler ved dataene i forhold til faktorer som påvirker drivstofforbruket er koblingen til faktisk totalvekt på bilen og om det kjøres med tilhenger. Resultatene er imidlertid logiske og gir en helt ny og unik innsikt i bruksbildet for norske lastebiler og som tas videre inn i arbeidet med å forbedre nasjonal gods-transportmodell.

Ett delmål i prosjektet var også å vurdere i hvilken grad de nye dataene kunne egne seg som grunnlag for statistikkproduksjon, f.eks. "som alternativ datafangst til SSBs lastebilundersøkelse. Vår erfaring er at det er for mange utfordringer med GPS-dataene til at dette kan anbefales. Den kanskje største utfordringen har vært at det underveis i prosjektet har vært perioder der frekvensen på GPS-dataene falt til et svært lavfrekvent nivå og at dette gjaldt to av de største kjøretøymerkene i hver sin periode. Vi har ikke lyktes i å finne hva som var årsaken til at dette skjedde. Den andre utfordringen ligger i at tilgjengeligheten til og kvaliteten på vektdataene foreløpig er for dårlig. I tillegg mangler informasjon om vare som fraktes i bilene. Vi har derfor i prosjektet vurdert andre potensielle kilder til informasjon som kan erstatte eller supplere dagens produksjon av transportstatistikk i SSB.

10.4 Feilkilder

Vi har benyttet Haversineformelen som grunnlag for å beregne distanse mellom hvert GPS-punkt. Denne formelen beregner den rette linje mellom to koordinater og hensynstar jordkrumningen. Dette vil gi en liten underestimering av utkjørt distanse, og underestimeringen vil være større desto lavere GPS-frekvensen er. Ved hjelp av tidsstemplene finner man tidsbruk mellom hver GPS-observasjon, og målt mot den beregnede distansen finner man hastigheten (km/t) mellom hver observasjon. Analyser viser at faktisk hastighet ligger ca. 5-10 % høyere enn beregnet hastighet, og at underestimeringen avtar med økt GPS-frekvens.

Noe datavasking har vært nødvendig for å unngå at feil i rådataene påvirker analysene. Dette innebærer å fjerne observasjoner hvor tidsstempelet er identisk med foregående tidsstempel, noe som gjør det umulig å beregne hastighet mellom punktene. For andre observasjoner er GPS-dataene åpenbart feil, for eksempel at kjøretøyet forflytter seg over lange distanser på svært kort tid. For å ekskludere slike observasjoner har vi satt en maksimal tillatt hastighet på 110 km/t, som tilsvarer høyeste tillatte hastighet på norske veier. Observasjoner med høyere fart er ekskludert fra beregningene.

10.5 Videre forskning

Når prosjektet nå avsluttes er vi i gang med nye prosjekter og aktiviteter som viderefører arbeidet som er startet i LIMCO. I prosjektet ble det etablert en datafangst fra godsbiler som startet i januar 2019 og har pågått i resten av prosjektets levetid. Datafangsten i LIMCO har derfor gitt et unikt grunnlag til å analysere hvordan Covid-19-situasjonen påvirker ulike sider av godstransporten i Norge. Dette ga grunnlaget for en søknad til en av Norges forskningsråds hasteutlysninger om de økonomiske virkningene av Covid-19 i mai 2020, og søknaden ble innvilget. Det nye prosjektet, [CONSIGN](#) (Effects of Covid-19 on reliability Of National Supply In a Global Nexus), følger derfor i LIMCOs fotspor, der tre av de største samlasterne i Norge i tillegg til fire bedrifter med samfunnskritiske leveringskjeder er bedriftsdeltakere, i tillegg til Cognia, som har stått for den ene av de to datafangstløsningene, samt at vi fortsatt har datafangst fra AddSecure for to av deltakerbedriftene. Prosjektet gir også en videre mulighet til å knytte sendingsdata opp mot kjøretøydata og med det gi nye analysemuligheter som ikke tidligere har eksistert for godstransport i Norge.

Samferdselsdepartementet har bedt Statens vegvesen om å gjennomføre en prøveordning for tømmervogntog med totalvekt opp til 74 tonn. Hensikten med prøveordningen er å gi beslutningstakere og politikere et faglig grunnlag for en anbefaling om deler av det offentlige vegnettet kan åpnes for tømmervogntog med inntil 74 tonns totalvekt. Målet er å øke konkurranseevnen for næringen og redusere miljøbelastningen. I tillegg skal det vurderes hvilken effekt prøveordningen har for trafiksikkerhet, framkommelighet, miljø- og klimagassutslipp, vegslitasje, bruer og transportkostnader. Statens vegvesen har bedt TØI om bistand i evalueringen og til å gjennomføre en samfunnsøkonomisk analyse. I forbindelse med prøveordningen utlyste Statens vegvesen en anbudskonkurranse om datafangst fra kjøretøy. Cognia/Volmax leverte tilbud og vant denne konkurransen. Dermed er det også startet arbeid med datafangst fra tømmervogntog og der blant annet totalvektene på kjøretøyene er et fokusområde. Det er også økt datafangst av flere variabler fra kjøretøyene ut over det vi har hatt tilgang til i LIMCO, slik at samarbeidet med Cognia fortsetter også i dette prosjektet.

TØI jobber også med kontinuerlig videreutvikling av nasjonal godstransportmodell og Transportvirksomhetene etterspør stadig mer detaljerte analyser og med det økt behov for

mer detaljerte transportmodeller. Blant annet jobbes det mot en mer detaljert transportmodell for Oslo og Viken og et ledd i utviklingen vil vi jobbe videre med GPS-data som er samlet inn i LIMCO for å øke forståelsen av hvordan distribusjonsrunder er organisert. Dette er spesielt viktig analyseområde, fordi distribusjonsrunder blir forenklet rapportert i SSBs lastebilundersøkelse, og da begrenset til sted for start og stopp av distribusjonen. Dette vil i de fleste tilfeller være en og samme sone, f.eks. en terminal eller et engros-handelslager.

Referanser

- Bø, E. and Mjøsund, C.S. (2021). "Use of GPS-data to improve transport solutions in a cost and environmental perspective". In review in *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives (TRIP) Journal* (submitted for second review in September 2021).
- Chopde, N.R. og M. K. Nichat (2013). "Landmark Based Shortest Path Detection by Using A* and Haversine Formula", *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 1, Issue 2*
- Fu, J. and E. Jenelius (2017). "Transport Efficiency of Off-Peak Urban Goods Deliveries: a Stockholm Pilot Study". Transportation Research Board 96th Annual Meeting in Washington DC.
- Gingerich, K., Maoh, H. og Anderson, W. (2016). "Classifying the purpose of stopped truck events: An application of entropy to GPS data", *Transportation Research Part C*
- Grønland, S.E. (2018) 'Kostnadsmodeller for transport og logistikk – basisår 2016', TØI-rapport 1638/2018
- Hjort Christensen, B (2018). 'Anskaffelse og implementering av forretningssystemer; Forretningsutvikling og gevinstrealisering i en digital tidsalder'. Versjon 17, Handelshøyskolen BI, Desember 2018.
- Hjort Christensen, B. (2019). Intervju/møter og datablad utarbeidet for en rekke ERP-systemer, Oslo 2019.
- Hjort Christensen, B. (2019). Various working papers for yearly ERP survey for the Norwegian Market, presentation material positioning the various systems, data sheets describing functionality, technical properties etc. for various systems. Working papers from 2019, made available to LIMCO project. BHC and BI, 2019.
- Hovi, I.B., Mjøsund, C.S., Pinchasik, D. R. og Grønland, S.E. (2020). *Smart data capture to reduce reporting burden, increase data quality in national truck surveys, and increase analysis capability*. Paper presented at IEEE Xplore, Delft, Netherlands, 3-5 November 2020.
- Hovi, I.B., Pinchasik, D.R., Mjøsund, C.S. og Jensen, S.A. (2019). "Nullutslipp fra varedistribusjon i byer innen 2030? Hvilke virkemidler og insentiver finnes?". [TØI-rapport 1738/2019](#).
- Hovi, I.B., Steinsland, C.S. og Pinchasik, D.R. (2021). Transportytelser for lastebiltransport i Viken og Oslo – uttesting av grunnlagsdata. [TØI-rapport 1852/2021](#).
- Mjøsund, C.S. and Hovi, I.B. (2020). «Using GPS-data to map freight vehicle movements in urban areas. Logging in-vehicle data from 1400 Norwegian Vehicles». Paper presented at NOFMA 2020.
- Mjøsund, C.S. and Hovi, I.B. (2021). «Using GPS-data to map freight vehicle movements in urban areas. Logging in-vehicle data from 1400 Norwegian Vehicles». In review in *Transportation Business and Management* (submitted 2th November 2021).
- Mjøsund, C.S., Pinchasik, D.R. og Hovi, I.B. (2021). Fremtidens godstransportmodeller: Litteraturgjennomgang og utviklingsområder. TØI-rapport [1807/2020](#).
- Pinchasik, D.R., I.B. Hovi, E. Bø and C.S. Mjøsund (2021). «[Can active follow-ups and carrots make eco-driving stick? Findings from a controlled experiment among truck drivers in Norway](#)». *Energy Research & Social Science*, Volume 75, May 2021 102007.
- Prytz, R. Nowaczyk, S. Rognvaldsson, T. and Byttner, S. (2013). "Analysis of Truck Compressor Failures Based on Logged Vehicle Data". Hamid Reza Arabnia, editor, CREA Press, 2013, s.4 og 12.

- Samferdselsdepartementet (2021). "Nasjonal transportplan 2022-2033", *St. Meld. 20 (2021-2022)*. tilgjengelig på: [Meld. St. 20 \(2020–2021\) - regjeringen.no](https://meld.st.20(2020-2021)-regjeringen.no)
- Statens vegvesen (2008), Antall leveranser og lossetider. Studie av varetransport i byområder, Rapport utbyggingsavdelingen 2008/04, Tilgjengelig på: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/193230/UTB-rapport-2008-04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Svensson, G. and D. Fjeld (2016). "The impact of road geometry and surface roughness on fuel consumption and travelling speed for Swedish logging trucks", SKOGFORSK-contribution to FORMEC 2016.
- Van den Bossche, M., Maes, J., Vanellander, T., Macário, R. og Reis V. (2017), "Indicators and data collection methods on urban freight distribution. Non-binding guidance documents on urban logistics", N° 6/6. *European Commission Final Report*, doi: 10.2832/78937
- Walnum, H.J. og Simonsen, M. (2016). "Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption data from heavy-duty trucks". *Transportation Research Part D*, 36, s.107-120.
- Westhuizen, M. van der, and A.J. Hoffman (2016). "Development of a model for road transport fuel management", SAIIE27 proceedings, available via: <https://repository.nwu.ac.za/handle/10394/19386>

Transportøkonomisk institutt (TØI)

Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningssenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transporter og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:
Transportøkonomisk institutt
Gaustadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no