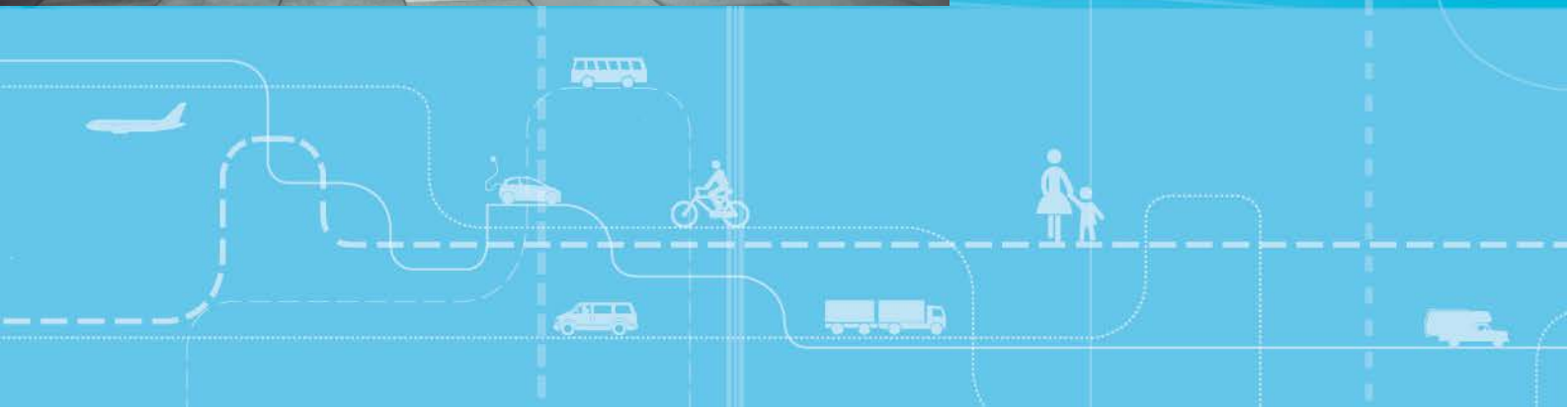


Eksterne kostnader ved bylogistikk



Eksterne kostnader ved bylogistikk

Kenneth Løvold Rødseth

Harald Thune-Larsen

Forsidebilde: Shutterstock.com

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: Eksterne kostnader ved bylogistikk

Title: External costs of urban freight transport

Forfattere: Kenneth Løvold Rødseth og Harald Thune-Larsen

Authors: Kenneth Løvold Rødseth og Harald Thune-Larsen

Dato: 03.2021

Date: 03-2021

TØI-rapport: 1838/2021

TØI Report: 1838/2021

Sider: 39

Pages: 39

ISSN elektronisk: 2535-5104

ISSN: 2535-5104

ISBN elektronisk: 978-82-480-2370-8

ISBN Electronic: 978-82-480-2370-8

Finansieringskilde: Bylogistikkprogrammet ved Statens vegvesen

Financed by: Norwegian Public Roads administration

Prosjekt: 4945 – BYKOST

Project: 4945 – BYKOST

Prosjektleder: Kenneth Løvold Rødseth

Project Manager: Kenneth Løvold Rødseth

Kvalitetsansvarlig: Inger Beate Hovi

Quality Manager: Inger Beate Hovi

Fagfelt: Samfunnsøkonomiske analyser

Research Area: Economic models

Emneord: Bylogistikk; Eksterne kostnader; Litteraturstudie

Keyword(s): Urban freight transport; External costs; Literature review

Sammendrag:

Bylogistikkprogrammet i Statens vegvesen har som formål å utarbeide et kunnskapsgrunnlag for godstransport i by. Programmet ser i den forbindelse et potensiale for økt bruk av samfunnsøkonomisk analyse innen tiltak rettet mot bylogistikk i Norge. Denne rapporten er en byggestein i arbeidet med å etablere et rammeverk for samfunnsøkonomisk analyse av bylogistikk, og dokumenterer resultater fra en forstudie om eksterne kostnader ved bylogistikk. Formålet med studien har vært å beskrive relevante kostnadskomponenter, identifisere data og metoder til videre analyse, samt å gi noen foreløpige beregninger for utvalgte kostnadskomponenter. Rapporten gir anbefalinger om videre arbeid med å beregne nivået på eksterne kostnader samt gir oppdaterte beregninger av marginale eksterne støykostnader ved vegtrafikk.

Summary:

“Bylogistikkprogrammet” hosted by the Norwegian Public Road Administration aims to establish a knowledge base for freight transport in the city. The program sees a potential for use of economic analysis of measures targeting urban logistics in Norway. This report is a building block in the establishment of a framework for economic analysis of urban logistics. It summarizes main results of a pilot study on external costs of urban logistics. The purpose of the study has been to describe relevant cost components, identify data and methods for further analysis, and to provide preliminary estimates for selected cost components. The report provides recommendations for further work on calculating the level of external costs and provides updated calculations of marginal external noise costs associated with road traffic.

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

Bylogistikkprogrammet i Statens Vegvesen har som formål å utarbeide et kunnskapsgrunnlag for samordnet areal- og transportplanlegging for gods i byområder, integrere bylogistikken i planlegging og styring, bidra til hensiktsmessige rammevilkår og tiltak for bylogistikk som støtter opp om samfunnsmålet, bedre mulighetene for styring og prioritering av godstrafikken i og gjennom byen og å bidra til omstilling til nullutslipp. Denne rapporten bidrar med ny kunnskap av relevans for flere av disse fokusområdene, ved å gjengi resultatene fra et forprosjekt omhandlende kartlegging av eksterne kostnader ved bylogistikk.

Forprosjektet er bestilt av Bylogistikkprogrammet ved Statens Vegvesen, og er utført av Transportøkonomisk institutt (TØI). Kenneth Løvold Rødseth har ledet prosjektet, som er gjennomført i samarbeid med Harald Thune-Larsen. Prosjektet har mottatt bistand fra en rekke kolleger ved TØI – Paal Brevik Wangsness, Christian Mjøsund, Inger Beate Hovi, Olav Eidhammer, Tale Ørving og Tor-Olav Nævestad – samt fra Toril Presttun og Anne Kjerkreit ved Statens vegvesen. Det ble avholdt en intern workshop midtveis i prosjektperioden hvor arbeidet ble diskutert med flere av støttespillerne, samt at individuelle diskusjoner og oppfølging har foregått gjennom hele prosjektperioden. Forfatterne er takknemlig for all støtten som prosjektet har mottatt.

Forskningsleder Inger Beate Hovi har kvalitetssikret denne rapporten.

Oslo, mars 2021

Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Direktør

Kjell Werner Jobansen
Avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning	1
1.1	Definisjon av eksterne kostnader ved transport.....	2
1.2	Foreliggende beregninger av eksterne kostnader.....	3
1.3	Formål.....	3
1.4	Avgrensning.....	4
1.5	Rapportstruktur.....	4
1.6	Ordforklaring.....	4
2	Metodetilnærming og analyse	5
2.1	Litteraturstudie.....	5
2.2	Andre eksterne kostnader.....	6
2.3	Kartlegging av data.....	6
2.4	Prosjektworkshop.....	6
3	Resultater fra kartleggingen	7
3.1	Studier om eksterne kostnader ved bylogistikk.....	7
3.2	Utslipp til luft ved tomgang.....	8
3.3	Parkering.....	9
3.4	Prising av arealer til lasting/lossing.....	14
3.5	Støy.....	15
3.6	Barrierekostnader for gående og syklende.....	18
3.7	Kjøretøy som ikke inngår i Rødseth mfl. (2019).....	19
3.8	Eksterne kostnader ved drift av depoter og terminaler.....	20
3.9	Leveringstidsvariabilitet.....	21
3.10	Arbeidsulykker.....	22
3.11	Koordineringsutfordringer og manglende utnytting av stordriftsfordeler.....	23
4	Konklusjon og diskusjon	25
5	Referanser	28
6	Vedlegg A	33

Sammendrag

Eksterne kostnader ved bylogistikk

TØI rapport 1838/2021

Forfattere: Kenneth Løvold Rødseth og Harald Thune-Larsen

Oslo 2021 39 sider

Bylogistikkprogrammet ved Statens vegvesen har bedt Transportøkonomisk institutt om å gjennomføre en forstudie om eksterne kostnader ved bylogistikk. Formålet med studien har vært å beskrive relevante kostnadskomponenter, identifisere data og metoder til videre analyse, samt å gi noen foreløpige beregninger for utvalgte kostnadskomponenter. Denne rapporten gjengir hovedresultatene fra forstudien.

Bylogistikk omfatter forflytning av varer, utstyr og avfall til, fra, innen og gjennom byer, og utgjør en betydelig andel av trafikken i bysentrene. Vi har ikke konkrete tall, men andelen av trafikkarbeidet knyttet til bylogistikk anslås til 20-30 prosent for de større byene. Nye trender innen areal- og transportplanlegging er kilde til konflikter mellom bylogistikken og andre aktører i bysentra. Myndighetenes mål om å redusere andelen persontrafikk med bil bidrar til at en økende andel av gatearealet i byene tilrettelegges for byliv og «myke» trafikanter, og det settes av mindre areal til parkering for personbiler. Dette endrer også tilgjengeligheten for vareleveranser, service og avfallshenting. Denne rapporten kartlegger ulemper som bylogistikk påfører samfunnet for øvrig, og gir en vurdering av hvorvidt ulempene kan regnes om til kronebeløp til bruk i nytte-kostnadsanalyse innen transportsektoren.

Skadekostnader ved transport

Det er velkjent at transport gir opphav til en rekke ulemper for samfunnet, slik som søvnforstyrrelser og helseplager knyttet til støy og utslipp til luft. Vi omtaler disse samlet som skadekostnader. Læreboken i samfunnsøkonomi beskriver hvordan transportørene tar hensyn til egne kostnader men neglisjerer skadekostnadene når de tar sine transportvalg. Dermed blir transportørkostnadene lavere enn samfunnets totale kostnader ved transporten: Dette gapet kalles *eksterne* kostnader, som altså er sammenfallende med skadekostnadene. *For lave* brukerkostnader fører til *mer* transport enn hva som er samfunnsøkonomisk optimalt.

I tilfeller hvor det oppstår et gap mellom transportørens og samfunnets kostnader kan det offentlige benytte ulike virkemidler til å rette opp misforholdet. Et velkjent virkemiddel er Pigou-avgiften. Denne innrettes slik at transportøren til enhver tid møter en avgift som er proporsjonal med de marginale skadekostnadene som transporten gir opphav til. I dette tilfellet er det ikke lenger snakk om en ekstern kostnad siden transportøren tar hensyn til skadekostnadene gjennom avgiften. Vi sier da at skadekostnadene er internalisert.

I tråd med vanlig praksis innen konsekvensanalyse i transportsektoren bruker denne rapporten konsekvent begrepet «eksterne kostnader», men tar ikke stilling til i hvilken grad skadekostnader er interne eller eksterne kostnader. Fokuset er på å kartlegge *skadekostnadene* som bylogistikken gir opphav til.

Hovedresultater fra kartleggingen

Eksterne kostnader ved godstransport er en sentral del av transportvirksomhetenes rammeverk for nytte-kostnadsanalyse, og oppdaterte beregninger ble nylig publisert av TØI (se Rødseth mfl., 2019). Et fellestrekk ved disse kostnadsestimatene – som omfatter utslipp til luft, ulykker, støy, kø, infrastrukturkostnader og akutte utslipp – er at de omhandler ulemper for samfunnet som oppstår *under* transport. For bylogistikk er konflikter knyttet til varelevering mens bilen står parkert også sentralt, og vi har derfor fokuset på disse situasjonene i denne rapporten. Vi har samlet inn informasjon gjennom et litteraturstudie, samt ved å avholde en workshop med eksperter på logistikk.

Tabell S1 sammenfatter hovedresultatene fra forstudien. Den viser hvilke kostnadskomponenter som er identifisert ut over de som allerede er inkludert i Rødseth mfl., 2019, i hvilken grad det finnes tilgjengelig metodikk og data til å estimere kostnadene, forventet utredningskostnad dersom data ikke foreligger og forventet økonomisk betydning av kostnadskomponenten. Tabellen danner et grunnlag for å gjøre prioriteringer i det videre arbeidet med å etablere et helhetlig rammeverk for nytte-kostnadsanalyse av bylogistikk.

Tabell S1: Resultater fra kartleggingen av eksterne kostnader ved bylogistikk

Studieområde	Tilgjengelig metodikk	Tilgjengelig data/eksempel-beregning	Forventet utredningskostnad	Forventet økonomisk betydning
Utslipp ved tomgang	Ja	Ja	Lav	Lav
Parkering gate				
<i>Letekostnader</i>	Ja	Ja	Høy	Høy
<i>Gåkostnader</i>	Ja	Nei	Høy	Moderat
<i>Ulovlig parkering</i>	Ja	Ja	Moderat	Moderat
Parkering kjøpesenter	Nei	Nei	Høy	Usikker
Arealkostnader	Ja	Ja	Høy	Høy
Støy				
<i>Nattestøy</i>	Ja	Ja	Ingen	Høy (per km)
<i>Lasting/lossing</i>	Nei	Ja	Ikke relevant	Lav
Barrierer	Ja	Ja	Lav	Lav
Fraktskykler	Nei	Nei	Høy	Moderat
Terminaler (støy)	Delvis	Nei	Moderat	Moderat
Leveringsvariabilitet	Ja	Nei	Høy	Lav
Arbeidsulykker	Ja	Delvis	Høy	Usikker

Tabell S1 viser at kostnader knyttet til arealbruk, parkering og nattestøy blir vurdert til å være de økonomisk viktigste blant kostnadskomponentene som er beskrevet i denne rapporten. Vi forventer at det vil være til dels høye kostnader ved videre utredning av

arealbruk- og parkeringskostnader, mens støykostnader om kvelden og natten er utredet innenfor rammen av dette prosjektet. I rapporten presenteres også eksempelberegninger for en rekke andre kostnadskomponenter. Med unntak av kostnader ved støy på dag, kveld og nattetid er dette *ikke* ment som kvalitetssikrede estimater til bruk i nytte-kostnadsanalyse, men eksemplene er nyttig for å synliggjøre hvordan kostnadsberegningene kan stilles opp, hvilke data som kreves, samt å gi grove anslag på den økonomisk størrelsene til kostnadskomponentene.

Oppdaterte støykostnader

Nattleveringer kan være et aktuelt tiltak for å begrense kø og trengsel på dagen. Denne fordelen kan motvirkes ved at trafikk om natten generelt gir opphav til større støyulemper enn trafikk på dagtid. Beregningene til Rødseth mfl. (2019) skiller ikke mellom støy på ulike tider av døgnet. Vi har derfor i dette prosjektet videreutviklet Rødseth mfl. (2019) sine beregninger ved å anta en døgnfordeling for trafikken i henhold til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442). Døgnfordelte estimater av marginale støykostnader ved transport er gjengitt i Tabell S2.

Tabell S2: Marginale støykostnader (kr/km), etter kjøretøytype (tungt/lett) og tid på døgnet (dag/kveld/natt)

	Lette dag	Tunge dag	Lette kveld	Tunge kveld	Lette natt	Tunge natt
Utenfor tettsted	0.02	0.10	0.06	0.32	0.18	1.00
Lite tettsted	0.17	0.89	0.53	2.83	1.68	8.90
Stort tettsted	0.15	1.04	0.47	3.29	1.47	10.36

1 Innledning

Bylogistikk omfatter forflytning av varer, utstyr og avfall til, fra, innen og gjennom byer, og utgjør en betydelig andel av trafikken i bysentrene. Vi har ikke konkrete tall, men andelen av trafikkarbeidet knyttet til bylogistikk anslås til 20-30 prosent for de større byene.

Bylogistikkens utvikling er drevet av flere trender. Digitalisering bidrar til endringer i handlevaner og varelevering (Nenseth og Klimek, 2019, Ystmark mfl. 2019), og netthandel bidrar til en økende andel små leveranser og kortere leveringstider (Cyclelogistics, 2017).

Høye bygninger med publikumsrettet areal i første etasje og kontorer, tjenester og andre virksomheter inkludert boliger oppover i etasjene gir også mer logistikkaktivitet per meter gate enn gater med lavere bygg. Samtidig ser produktivitetsveksten innen bylogistikk ut til å være begrenset (Rødseth, 2017).

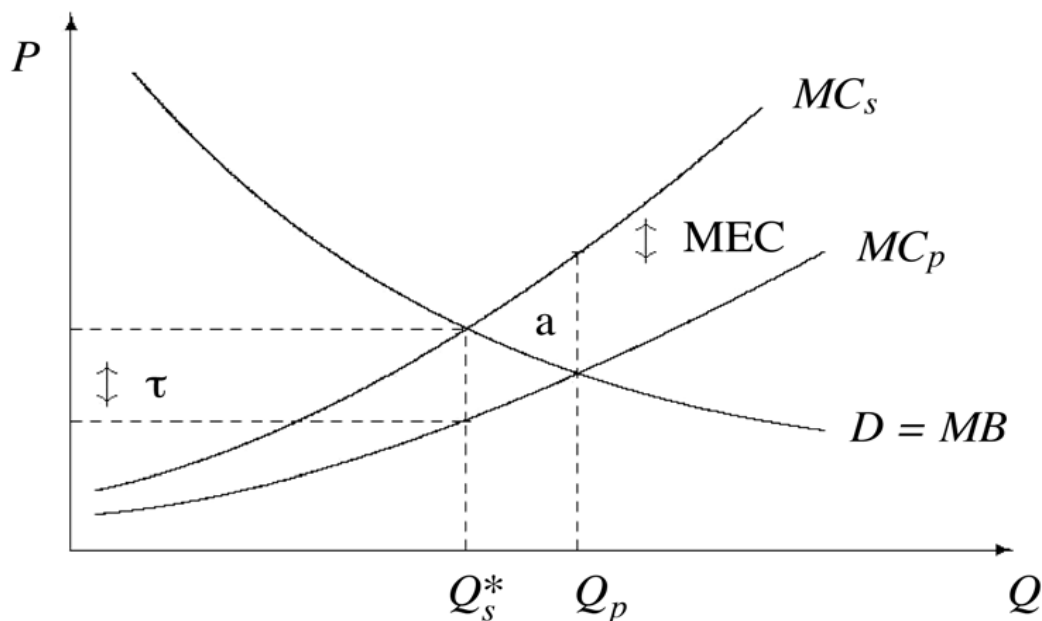
Nye trender innen areal- og transportplanlegging er kilde til konflikter mellom bylogistikken og andre aktører i bysentra. Myndighetenes mål om å redusere andelen personbiltrafikk bidrar til at en økende andel av gatearealet i byene tilrettelegges for byliv og «myke» trafikanter, og det settes av mindre areal til parkering for personbiler. Dette endrer også tilgjengeligheten for vareleveranser, service og avfallshenting. For eksempel er etablering av sykkelfelt blitt en vanlig konflikt mot varelevering. (Hareland, Lippestad og Evju, 2018). I tillegg innføres nullutslippsløsninger innen transportsektoren, noe som innebærer lavere transportkostnader per tur og dermed generelt til økt transportomfang og kø (Wangsness mfl., 2020). Det er viktig å forstå hvilke økonomiske konsekvenser disse og liknende interessekonflikter medfører for de berørte partene, og om det finnes offentlige virkemidler som kan gi velferdsforbedringer.

Samfunnsøkonomiske analyser sammenstiller nytte og kostnader ved ulike tiltak i transportsektoren for å avgjøre hvor lønnsomme de er. Innen bylogistikk kan tiltak eksempelvis dreie seg om rammebetingelser knyttet til krav om varelevering på egen grunn, reguleringer av adkomst i gatenettet, tilrettelegging av lastelommer i gatenettet, informasjon og trafikkstyring, avgifter, tjenester og terminaler for omlasting og konsolidering av gods. Det er et potensiale for økt bruk av samfunnsøkonomisk analyse innen tiltak rettet mot bylogistikk i Norge. Denne rapporten er en byggestein i arbeidet med å etablere et rammeverk for samfunnsøkonomisk analyse av bylogistikk.

Den samfunnsøkonomiske analysen kan overordnet deles inn i 4 hovedgrupper av aktører: *trafikanter- og transportbrukere, operatører, det offentlige og samfunnet for øvrig* (Statens vegvesen, 2018). Denne rapporten fokuserer på samfunnet for øvrig, og på det som i litteraturen omtales som eksterne kostnader ved transport. Det foreligger allerede detaljerte beregninger av eksterne kostnader ved godstransport (Rødseth mfl., 2019). Felles for disse er at de omhandler kostnader når kjøretøyene er i bevegelse, og dermed mangler viktige kostnader knyttet til bylogistikk som oppstår når godsbilene står parkert.

1.1 Definisjon av eksterne kostnader ved transport

Transport påfører samfunnet kostnader i form av luftforurensing, kø, støy og liknende. Samfunnsøkonomiske tap oppstår så lenge transportørene ikke tar inn over seg kostnadene de påfører resten av samfunnet. Dette omtales som om at eksterne kostnader *ikke* er *internalisert* i transportsektorens kostnader. Kostnadene ved å transportere varer blir dermed lavere enn samfunnets samlede kostnader ved godstransport, som igjen betyr at omfanget av negative eksternaliteter blir større enn hva som er samfunnsøkonomisk optimalt. Dette kan illustreres på følgende måte:



Figur 1: Eksterne kostnader (kilde: Andersson og Ögren, 2013)

Figur 1 beskriver markedet for godstransport hvor D markerer etterspørselen etter godstransport, MC_p markerer transportørenes marginale kostnader (dvs. kostnader transportørene har ved å frakte varer en kilometer ekstra), mens MC_s illustrerer summen av transportørenes og samfunnets for øvrig sine marginale kostnader. Differansen mellom kurvene er dermed sammenfallende med de marginale eksterne kostnadene som godstransporten medfører. P er prisen for transport mens Q er volumet.

Ifølge økonomisk teori vil transportsektoren tilpasse seg i punktet Q_p dersom den ikke tar hensyn til eksterne kostnader. De private marginale kostnadene (MC_p) vil da være lavere enn samfunnets marginale kostnader (MC_s), noe som synliggjøres av distansen a i Figur 1. Den samfunnsøkonomisk optimale tilpassingen er Q_s , hvor trafikkvolumet er lavere (og kostnadene er høyere) enn under den private tilpassingen. Dette ville vært tilpassingen dersom transportørene selv måtte betale for de ulempe de påfører samfunnet for øvrig – altså dersom transportøren internaliserte ulempekostnadene. I denne rapporten fokuserer vi på de eksterne kostnadene ved dagens «likevekt», altså på differansen mellom MC_s og MC_p i punktet Q_p i Figur 1.

Figur 1 viser marginale kostnader ved bylogistikk. I analysen vår er det viktig å skille mellom *totale*, *gjennomsnittlige* og *marginale* eksterne kostnader. Den marginale kostnaden sier noe om endringen i eksterne kostnader ved en enhet (eks. et kjøretøy, en kilometer, en godsenehet) ekstra, mens gjennomsnittet er totale kostnader delt på antall enheter. I enkelte tilfeller kan det være store forskjeller mellom gjennomsnittlige og marginale kostnader. I henhold til god økonomisk praksis vil vi i denne rapporten fokusere på marginale kostnader.

1.2 Foreliggende beregninger av eksterne kostnader

Rødseth mfl. (2019) har utredet nye tall for eksterne kostnader til bruk i etatenes nytte-kostnadsanalyser. Disse dekker følgende sett av komponenter, som var forhåndsdefinert av etatene:

- Global og lokal luftforurensing
- Ulykker
- Støy
- Kø
- Drift og infrastrukturelitasje
- Miljøskader ved akutte utslipp (olje)

Resultatene for godsbiler er presentert for 6 vektclasser, hvorav minste kategori er «mindre enn 7.5 tonn». Varebiler deles i kategoriene diesel og bensin. Resultater for personbiler kan være overførbare til mindre budbiler (eks. postombæring), men mindre transportmiddel som transportsykel er i liten grad tatt hensyn til (med unntak av for personulykker).

Felles for kostnadene framstilt i Rødseth mfl. (2019) er at de omhandler kostnader som oppstår *under transport*, altså når kjøretøyet er i bevegelse. En viktig oppgave har vært å vurdere i hvilken grad Rødseth mfl. (2019) sin utredning er dekkende også for sentrale eksterne kostnader ved bylogistikk, eller om det kreves en utviding eller supplering av denne utredningen. Mange av kostnadene forbundet med bylogistikk, som kø, støy og utslipp til luft, er allerede dekket av utredningen til Rødseth mfl. (2019). Samtidig er det andre relevante eksternaliteter som ligger utenfor denne utredningen som er spesielt relevant innen bylogistikk, og som vi fokuserer på i denne rapporten.

1.3 Formål

Denne rapporten kartlegger ulempekostnader for samfunnet forøvrig – såkalte eksterne kostnader – ved bylogistikk. Rapporten beskriver relevante kostnadskomponenter, data og metoder til videre analyse, samt gir noen foreløpige beregninger for utvalgte kostnadskomponenter. Et sentralt spørsmål er hvorvidt relevante kostnadskomponenter allerede er dekket av utredningen til Rødseth mfl. (2019), eller om bylogistikk gir opphav til andre eksterne kostnader som per i dag ikke er prissatt. Hensikten er å bidra til å bygge opp et faktagrunnlag til bruk i nytte-kostnadsanalyser av bylogistikk.

1.4 Avgrensning

Rapporten dokumenterer gjennomføringen av et forprosjektet om eksterne kostnader ved bylogistikk, hvor fokuset har vært på å gjøre en mulighetsanalyse for beregninger av eksterne kostnader. En komplett beregning av kostnadskomponentene inngår ikke som del av dette arbeidet.

Videre er arbeidet avgrenset til skadekostnader som varetransporten påfører andre aktører, dvs. samfunnet for øvrig. Det finnes også en rekke eksempler på at godstransporten påvirkes av andre aktørers handlinger (eks. å tilrettelegge for dedikerte varemottak bidrar til reduserte kostnader for transportørene, sammenliknet med leveranse på gaten; se Eidhammer mfl., 2016). Dette er ikke fokus i denne kartleggingen.

1.5 Rapportstruktur

Kapittel 2 gir en gjennomgang av de metodiske tilnærmingene benyttet i prosjektet, mens kapittel 3 gir en gjennomgang av resultatene. Kapittel 4 oppsummerer og gir anbefalinger for videre arbeid med beregninger av eksterne kostnader ved bylogistikk.

1.6 Ordforklaring

Bylogistikk: Forflytning av varer, utstyr og avfall til, fra, innen og gjennom byer

Eksternalitet: se *Eksterne kostnader ved godstransport*

Eksterne kostnader ved godstransport: Kostnader som transporten påfører samfunnet for øvrig, og som transportørene ikke betaler for selv

Generaliserte kostnader: Kostnader som transportørene står overfor når de vurderer å ta et oppdrag. Disse omfatter tids/lønnskostnader, drivstoffutgifter, bompenger m.m.

Kostnadskomponent: Kostnader ved *en* bestemt type ekstern kostnad, som for eksempel kostnader ved ulykker

Marginale kostnader: Kostnader ved transport av *en enhet* (eks., et tonn eller en kilometer) ekstra

Nytte-kostnadsanalyse: Lønnsomhetsanalyse av tiltak og prosjekter der alle fordeler og ulemper med et prosjekt tallfestes og summeres, så langt det lar seg gjøre.

Samlaster: Transportbedrift som laster varer fra en eller flere leverandører og sender godset til en eller flere mottakere

Transportør: Person eller firma som driver transportvirksomhet

Terminal/depot: Sted for samling og omlasting av varer

2 Metodetilnærming og analyse

I henhold til forprosjektets arbeidsbeskrivelse er det gjort en litteraturstudie om eksterne kostnader innen bylogistikk, samt en kartlegging av relevante data til beregning av marginale eksterne kostnader ved bylogistikk. Det er også avholdt en workshop for å drøfte resultatene av den initiale kartleggingen av litteraturen og data med logistikkforskere ved TØI.

2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien er gjennomført ved bruk av Google Scholar. Innledningsvis ble det laget en liste av søkeord omhandlende bylogistikk og eksterne kostnader. I tilfeller der det dukket opp andre relevante søkeord i litteraturgjennomgangen ble også de føyet til listen.

Fremgangsmåten for litteratursøket var

- å gjennomgå de første 50 treff (dvs. 5 første sider) per søkeord
- å lese oppsummeringen av artiklene og å søke på relevant ord i artiklene
- å lagre de artiklene som ble funnet relevant på egen mappe

Tabellen gir en oversikt over brukte søkeord og suksessrate

Tabell 1: Søkeord og treffrate

Søkeord	Andel relevante studier
External cost urban freight transport	27/50
External cost urban freight distribution	13/50
External cost urban logistics	6/50
External cost city logistics	8/50
External cost city freight transport	8/50
External cost supplying goods	2/50
External cost goods delivery	6/50
External cost last mile logistics	11/50
Urban freight transport idling	5/20 (forenklet søk)
External cost loading space	2/50
External cost loading docks	2/50
External cost loading bays	2/50
External cost on-street unloading	12/50
External cost kerbside time	7/50
External cost curbside time	6/50
Urban logistics area cost	13/50
External cost illegal parking	8/50
Barrier effect urban logistics	4/50

Til slutt er andre relevante studier som er sitert i artiklene identifisert i vårt Google scholar søk også lagret på mappen og gjennomgått som del av litteraturkartleggingen.

2.2 Andre eksterne kostnader

Som et supplement til litteraturstudien har vi drøftet relevansen av andre typer vanlige eksterne kostnader/markedssvikter enn de som inngår i Rødseth mfl. (2019) sin kartlegging av eksterne kostnader ved transport. Noen av markedssviktene som har vært drøftet er barriereeffekter, nettverkseffekter og allmenningens tragedie.

2.3 Kartlegging av data

Prosjektet har hatt bistand fra flere kolleger ved TØI til å kartlegge relevante datakilder knyttet til bylogistikk. Disse har god kjennskap til datakilder om transport og logistikk, blant annet gjennom Forskningsrådsprosjektet Logistikkraft, miljø og kostnader (LIMCO) som utfører en større kartlegging av data fra logistikkoperatører. Mer informasjon finnes på [prosjektets hjemmeside](#).

Kartleggingen av data ble gjort i et møte 21. oktober 2020, hvor foreløpige funn fra prosjektet ble gjennomgått. På bakgrunn av dette mottok prosjektet innspill på relevante datakilder per kostnadskomponent. Møtet avdekket at offentlig statistikk (eks. Statistisk sentralbyrås lastebilundersøkelse) i mindre grad er relevante for beregninger av eksterne kostnader, men at mange aktuelle komponenter kan belyses med data fra LIMCO-prosjektet.

2.4 Prosjektworkshop

Torsdag 5. november 2020 avholdt prosjektet sin planlagte midtveisworkshop. Formålet med dette møtet var å presentere foreløpige resultater fra litteraturstudien og datakartleggingen, og å få innspill til arbeidet fra eksperter innen transport og logistikk. I workshopen deltok flere representanter fra Statens vegvesen og TØI. Programmet omfattet en gjennomgang av temaer/konflikter innen bylogistikk i regi av Vegvesenet, en gjennomgang av eksterne kostnader behandlet i Rødseth mfl. (2019) og foreløpige funn fra denne forstudien i regi av prosjektgruppen, samt et eget innlegg på stordriftsfordeler og koordinering mellom transportører i bylogistikken.

3 Resultater fra kartleggingen

Dette kapitlet gjennomgår de viktigste funnene fra kartleggingen av eksterne kostnader ved bylogistikk. Fokuset er på kostnadskomponenter som ikke inngår i Rødseth mfl. (2019).

3.1 Studier om eksterne kostnader ved bylogistikk

Vår gjennomgang har avdekket at det er et stort antall studier som omtaler, behandler eller beregner eksterne kostnader ved godstransport i by. En oppsummering av de viktigste studiene er gjengitt i rapportens Vedlegg A. Selv om studiene er ulike både når det gjelder metodisk tilnærming og data har de et viktig fellestrekk; de fokuserer på de samme eksterne kostnadene som er dekket av utredningen til Rødseth mfl. (2019).

Det at brorparten av studier omhandlende eksterne kostnader ved bylogistikk benytter kostnadskomponenter som er sammenfallende med eksterne kostnader i konsekvensutredninger av transporttiltak i Norge er kanskje ikke overraskende. Disse komponentene er fremhevet som helt sentrale gjennom mange års forskning innen fagfeltet, og inngår i de fleste lands veiledere (eks. EUs veileder forfattet av van Essen mfl., 2019). Dette innebærer at kostnadene i Rødseth mfl. (2019) kan forventes å utgjøre en vesentlig del av de samlede eksterne kostnadene ved godstransport i by.

En viktig avgrensning er at de eksterne kostnadene i Rødseth mfl. (2019) beregnes per kjøretøykilometer, og omhandler kostnader som oppstår i det kjøretøyet er i *bevegelse*. Dersom en skal utrede tiltak hvor de viktigste effektene er at godsbilenes antall kjørte kilometer i by eller reisetidspunkt endres, eller hvorvidt kjøretøysammensetningen endrer seg som følge av tiltaket, er Rødseth mfl. (2019) sin beregninger tilstrekkelige: I beregningene varierer kostnadene etter *kjøretøy- og energibærer, sted* (stort tettsted, lite tettsted og utenfor tettsted) og *tid* (i/utenfor rushtiden). Kartleggingen gir egne kostnadsberegninger for varebiler klassifisert etter diesel og bensin som energibærer, samt for lastebiler etter vektkategori (her er første kategori «under 7.5 tonn» mest relevant for by).

Men varelevering i by omfatter også en rekke andre konflikter i forbindelse med at bilene står parkert, samt at det i noen grad tas i bruk nye transportmidler som ikke er utredet av Rødseth mfl. (2019), eks., transportsykler. I det følgende vil vi gjennomgå et vidt spenn av effekter som ikke dekkes av Rødseth mfl. (2019), samt å gjengi relevante studier der de finnes.

3.2 Utslipp til luft ved tomgang

Rødseth mfl. (2019) benytter modellen Handbook of Emission Factors (HBEFA) til å beregne utslipp til luft fra kjøretøy. Denne modellen gir utslippsfaktorer for ulike kjøretøytyper i en rekke situasjoner som har til felles at de omhandler utslipp når kjøretøyet er i bevegelse. Samtidig er det velkjent at det også er utslipp til luft forbundet med at kjøretøyet står stille med motoren i gang, såkalt tomgangskjøring.

Holguín-Veras mfl. (2018) fastslår at selv om det er en stor litteratur omhandlende tomgangskjøring og utslipp er antallet studier om praksis innen logistikk og tomgangskjøring begrenset. Arvidsson (2013) sier at tomgangskjøring fortjener større oppmerksomhet, men at manglende data i stor grad kan være årsaken til manglende fokus. Han peker på at tomgangskjøring kan knytte seg til venting på å få laste/losse, energi til utstyr (eks. hydraulisk lift og oppvarming) og start/stopp i en kø. Det sistnevnte er håndtert i Rødseth mfl. (2019) gjennom at HBEFA-modellen har en egen kategori for kjøring i tett kø (såkalt start og stopp-kjøring). Vi fokuserer derfor på tomgangskjøring når bilen står parkert.

3.2.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Når vi skal beregne eksterne kostnader knyttet til at kjøretøyet står stille er ikke kjøretøykilometer lenger en relevant indikator. Det vil derfor være hensiktsmessig å se på kostnader per mottaker, enhet hentet/levert og/eller tonn lastet/losset. De eksterne kostnadene kan da beregnes som følger

$$\text{Tidsbruk per enhet} \times \text{Mengde utslipp per tidsenhet} \times \text{Kostnad per mengde utslipp}$$

Vår kartlegging viser at denne informasjonen kan hentes fra følgende kilder:

- Kostnader per mengde utslipp er tilgjengelig fra studien til Rødseth mfl. (2019)
- Mengde utslipp per tidsenhet er bl.a. drøftet i Figliozzi mfl. (2020) og Gaines og Levinson (2011)
- Utslipp av CO₂ relatert til tomgangskjøring er data som kartlegges i LIMCO-prosjektet, som er en svært relevant datakilde. Sjablongverdier for tomgangskjøring kan alternativt hentes fra Gaines og Levinson (2011).

3.2.2 Eksempel

Mengde utslipp per time er beregnet for en (ikke nærmere spesifisert) 2007 truck av Gaines og Levinson (2011). Pris per kg utslipp i en stor by er utredet i Rødseth mfl. (2019). Merk at det forventes at utslippene knyttet til en ny bil (Euro 6) vil være langt lavere enn de oppgitte utslippene.

Tabell 2: Eksempel på beregning av kostnad per time som følge av tomgangskjøring for godsbil i stor by.

Utslipp	Mengde/time	Enhet	Pris i stor by	Tot pris/time
NO _x	13	g/time	kr 0,39	kr 5,12
PM ₁₀	0,7	g/time	kr 3,21	kr 2,24
CO ₂	6,2	kg/time	kr 1,50	kr 9,30
Sum		kr/time		kr 16,67

3.3 Parkering

Det er flere potensielle eksterne kostnader knyttet til parkering, som alle i praksis går ut på at prisen på parkering er for lav slik at etterspørselen overstiger tilbudet av parkeringsareal. Parkering har fått stor oppmerksomhet innen økonomisk teori; se Inci (2015) for en oppsummering av denne litteraturen. Vi begrenser fokuset til empiriske studier av eksterne kostnader ved parkering, spesielt knyttet mot varelevering. I disse tilfellene er antallet studier mer begrenset.

3.3.1 Letekostnader

En av de mest sentrale eksterne kostnadene innen parkeringslitteraturen er såkalt *cruising for parking*, som innebærer at sjåførene må bruke tid og drivstoff på å finne en parkeringsplass på gaten dersom andre biler allerede tar opp de tilgjengelige parkeringsplassene. Samtidig innebærer letingen kjøring i sakte hastighet, noe som kan obstruere annen trafikk.

Inci mfl. (2017) påpeker at selv om tidligere studier har vist at tid til leting etter parkeringsplass er omfattende i byer, er studier som beregner størrelsen på de eksterne kostnadene ved leting mangelfulle. De studerer problemet med at ved høy kapasitetsutnyttelse av en parkeringsplass påfører de parkerte bilene nyankomne biler en kostnad knyttet til at de må bruke tid og drivstoff på å lete etter en ledig parkeringsplass. Deres enkle metode baserer seg på parkeringsdata for en gitt gate: hvor mange biler som ankommer i et gitt tidsintervall (per minutt), hvor mange som forlater i et gitt tidsintervall, og hvor mange biler som står parkert (relativt til gateparkeringens kapasitet). De finner at når kapasitetsutnyttingen av parkeringen overstiger 85% faller antall ankomne biler kraftig – noe som omregnes i letekostnader. De anslår at en bil som da parkeres i en time får 3,6 andre biler til å lete etter parkering.

I en liknende studie av van Ommeren og McIvor (2018) utledes følgende uttrykk for beregning av marginale parkeringskostnader

$$\frac{\partial C(t)}{\partial n(t)} = \frac{c\psi}{r} \frac{A(t)}{Nv(t)^2}$$

Hvor

- c er tidsverdien
- ψ er tidsbruk til gange fra parkeringsplass (denne kommer vi tilbake til)
- r er tidsbruk per parkeringsplass
- A/N er antall ankomne sjåfører per parkeringsplass
- v er andelen ledige plasser
- t er tidspunktet for analysen

Som i Inci mfl (2017) hentes data for A/N og v fra parkeringsdata (sensordata), men med en tidsoppløsning på 30 minutter. Utledningen av de andre parameterne som inngår i uttrykket drøftes i paperet.

3.3.1.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Metodikken til Inci mfl (2017) og van Ommeren og McIvor avhenger hovedsakelig av data fra gateparkering. Denne type informasjon kan hentes inn fra sensordata. En tidligere datainnsamling om kjøretøy ved vareleveringslommer i Oslo er gjort av Johansen mfl. (2014). Der beskrives det at leting etter parkeringsplass i snitt medfører ca 20 minutter ekstra leveringstid.

Et poeng som ikke tas opp i disse studiene er at varelevering kan ta større plass enn en normal parkering, og at kostnadene derfor er høyere enn beskrevet i det foregående. Dette er mulig å korrigere for i beregningene dersom data for parkering av ulike kjøretøystyper er tilgjengelige.

En annen tilnærming til å studere letetekostnader kan være å benytte posisjonsbaserte data fra kjøretøy fra LIMCO-prosjektet til å vurdere fart og tidsbruk forbundet med parkering. Men en ulempe med denne tilnærmingen er at vi da i prinsippet studerer kostnadene som andre parkerte biler påfører godsbilen, og ikke kostnadene som en ekstra parkert godsbil påfører andre sjåfører som leter etter parkeringsplass. En annen utfordring er at tidsoppløsningen på dataene kan være for grov til å kartlegge denne typen atferd: I snitt registreres nye data fra kjøretøyene hvert 2-3 minutt.

3.3.1.2 Eksempel

Johansen mfl. (2014) ser blant annet på letetekostnadene for en lastebil som ikke finner plass til varelevering.

Kostnaden beregnes ut fra rammeverket fra Grønland (2011), hvor kostnadsfunksjonen for biltransport er formulert. I Johansen mfl. (2014) er kostnadsfunksjonen knyttet til leting forenklet til:

$$\Delta \text{Kostnad} = \delta \Delta d + \theta \Delta t$$

der notasjonen som er brukt er som følger:

δ	Distansekostnader per km
θ	Tidskostnader per time

Parametrene er oppdatert i Grønland (2018) og gjengitt i Tabell 3:

Tabell 3: Parametere til beregning av letekostnader for godsbiler (2016-basis). Kilde: Grønland (2018).

	Tidskostnader (kr/time)	Distansekostnader (kr/km)
Stor varebil	425	3,14
Lett distribusjon	444	3,80
Tung distribusjon, kassebil	467	4,81
Tung distribusjon, containere	460	5,76
Semitrailer (kasse)	456	6,97
Semitrailere container	471	7,17
Tankbil	549	6,93
Tørrbulkbil (vektet med og uten henger)	555	6,89
Tømmerbil med henger	555	8,33
Bil for termotransport	498	6,79
Bil 2525	486	7,81

I Johansen mfl. (2014) benyttes følgende forutsetninger:

$$\Delta d = 2 \text{ km og } \Delta t = 20 \text{ min}$$

Resultatet blir med oppdaterte kostnadstall fra Grønland (2018) 156 kr per avvist lastebil i lett distribusjon og 145 kr per avvist stor varebil. Lønn til sjåfør utgjør det aller meste av tidskostnaden. Dermed blir forskjellen mellom varebil og lastebil svært liten.

I beregningen hos Johansen mfl. (2014) legges det videre til grunn 3,5 avviste lastebiler per dag som fordeles på 10,5 lastebiler per dag totalt, noe som i vårt reviderte eksempel gir $((156 \cdot 3,5) / 10,5) = 52$ kr i avvisningskostnader per lastebil.

3.3.2 Kostnader ved lengre avstander til fots

I tillegg til letekostnader kan manglende parkering medføre kostnader knyttet til at sjåføren må parkere langt unna destinasjonen. Dette omtales gjerne som eksterne gåkostnader, som også ble nevnt i kapittel 3.3.1 og angitt ved parameteren ψ .

Den sentrale studien om eksterne gåkostnader er de Vos and van Ommeren (2018), som ser på beboerparkering i Amsterdam. De samler manuelt inn data gjennom å gjøre 18 daglige registreringer av registreringsnummer og lokasjon til parkerte biler. Disse kobles videre opp mot bileiernes adresser for å beregne avstanden fra parkert bil og bolig. Datainnsamlingen gir dermed informasjon om hvor og når en bil er parkert, samt avstand fra bilen til eierens hus. Kartleggingen gir samtidig informasjon om kapasitetsutnyttningen på parkeringen foran huset der hvor eieren bor. De Vos og van Ommeren benytter denne informasjon til å gjøre en regresjonsanalyse hvor avstand mellom hus og bil forklares med parkeringens kapasitetsutnyttelse og andre kontrollvariabler. De finner at avstand mellom bil og eiendom kun øker når parkeringens kapasitetsutnyttelse overstiger 85 prosent, og at den marginale effekten av et parkert kjøretøy er begrenset og tilsvarer 8 meter gåavstand per parkert bil.

3.3.2.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Med hensyn til varelevering kan avstand mellom parkering og mottaker være av større betydning enn i de Vos og van Ommerens studie siden det da skal fraktes gods over lengre avstander, noe som både kan være tidkrevende og fysisk belastende. LIMCO-prosjektet er i gang med et arbeid for å kople leveransedata og posisjonsbasert data (for stopp), noe som

på sikt kan muliggjøre en kartlegging av distanser fra kjøretøy og mottakere, og ev. om det gjøres mange leveranser samtidig i det bilen står i ro.

Et element som ikke er drøftet i de Vos og van Ommeren er helseeffekter av gange. Når det er snakk om persontransport vurderes gjerne gange å gi positive helsegevinster, og verdsettingsestimater av positive helsevirkninger er tilgjengelige i Håndbok V712 (Statens vegvesen, 2018). Transport av varer kan derimot innebære fysisk belastning som er mer skadelig enn sunn. Denne problemstillingen har vært behandlet i [FRAME-D-prosjektet](#), men det finnes i liten grad empiri på dette området. Det er derfor ikke mulig å konkludere om prissetting av helsevirkninger knyttet til varelevering til fots.

3.3.3 Ulovlig parkering

De foregående kapitlene omhandler tilgang til dedikerte parkeringsplasser og laste/lossesoner på gaten. Men i tilfeller hvor slike plasser ikke er tilgjengelig er ulovlig parkering et alternativ. Dette vil i første rekke være en eksternalitet i de tilfeller hvor parkeringen påvirker andre gjennom å hindre fremkommelighet.

Morillo og Campos (2014) tar utgangspunkt i formler for generaliserte og eksterne kostnader, avhengig av distanse og gjennomsnittsfart (tidsbruk), for å beregne hvordan økt reisetid knyttet til en feilparkert bil påvirker transportkostnadene. De supplerer dette med observasjonsstudier av feilparkeringer i Barcelona og New York for å identifisere tidsulempene knyttet til feilparkering.

3.3.3.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Morillo og Campos (2014) sitt opplegg kan tilpasses til norske forhold gjennom å benytte verdier fra Håndbok V712 samt de nye studiene av verdsetting og eksterne kostnader. Beregningene kan da gjøres helt prinsipielt basert på forventede reisetidsulempen knyttet til feilparkerte biler. Sensitivitetstesting vil kunne gi svar på hvordan kostnaden endrer seg dersom viktige komponenter (eks. reisetidsulempen) endrer seg.

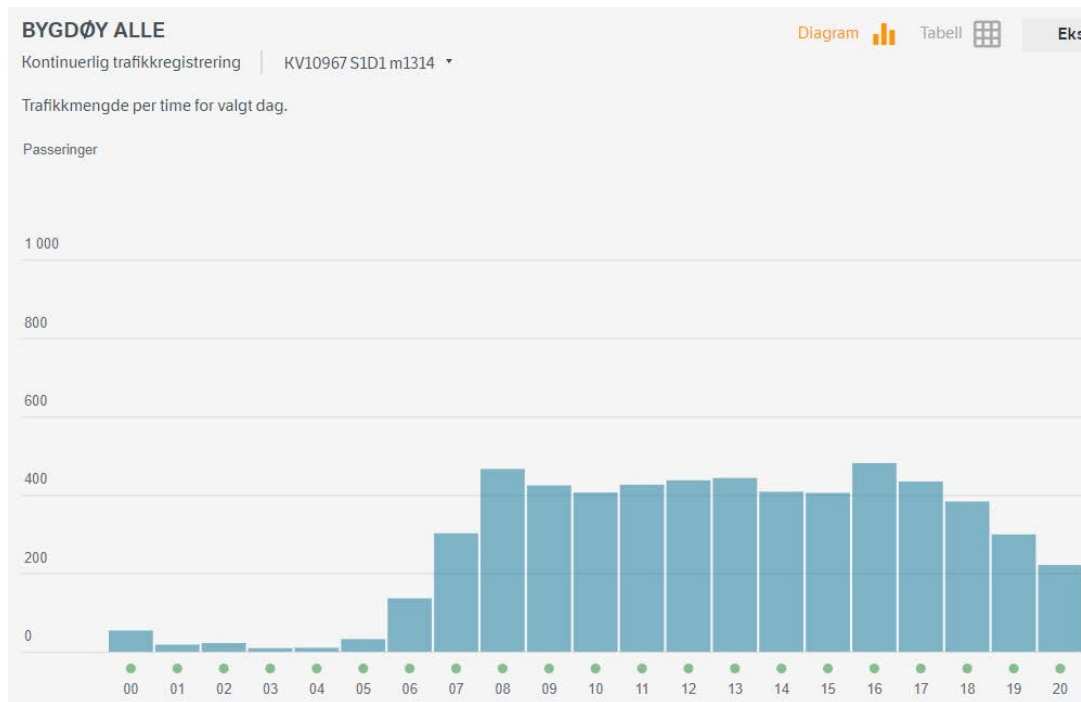
LIMCO-prosjektets data er ikke detaljert nok til at de vil kunne gi svar på om godsbiler står feilparkert. Dersom omfanget av feilparkering og reisetidsulempen knyttet til dette er viktig å dokumentere anbefaler vi at det gjennomføres egne observasjonsstudier til dette formålet.

3.3.3.2 Eksempel: Beregning av barrierekostnader for biler ved feilparkering i Bygdøy allé

Ulovlig parkering ved lasting/lossing påfører andre biler separasjonskostnader ved økt vente- eller transporttid.

Økningen i tidsbruk for passerende trafikanter per feilparkert lastebil under lasting/lossing er anslått hos Morillo og Campos (2014). Ved behov for unna-manøvrer (kjøring rundt lastebilen) anslås den ekstra tidsbruken til 10 sekunder per passerende kjøretøy. Ekstra tidsbruk per feilparkering avhenger da av *hvor lenge* parkeringen varer og *antall biler* som passerer per tidsenhet i den tiden.

I Bygdøy allé i Oslo ligger timestrafikken på 400 kjøretøy gjennom mesteparten av dagen i februar 2021; jf. Figur 2. Med 5 minutters lasting/lossing passerer 33 biler som bruker 10 sekunder ekstra hver, dvs. en ekstra total tidsbruk på 330 sekunder per parkering. Med en gjennomsnittlig tidskostnad for bil pluss passasjer på 215 kr/time (Tidsverdier i TØI-rapport 1762/2019 kombinert med belegg og formålsandeler i Håndbok V712) tilsvarer det ca. 20 kr i ekstra reise/ventetid for biler per feilparkering i 5 minutter for lasting/lossing i Bygdøy alle.



Figur 2: Passerende biler per time i Bygdø allé, Oslo i retning Solli plass

3.3.4 Dedikerte laste- og losseområder

Chiara og Cheah (2017) diskuterer eksterne kostnader knyttet til områder dedikert til lasting/lossing på kjøpesenter. De beskriver en knapp tilgang på laste/losseplasser på senterne, noe som skaper kø for å få tilgang til de dedikerte områdene eller kjøretøy som kommer tilbake på et senere tidspunkt (retrials). Samtidig står sjåføren i et valg mellom å parkere (ulovlig) på gaten – noe som krever lenger tilbringertid for godset – eller å vente på tilgang til dedikert laste/losseplass.

Chiara og Cheah beskriver at sjåføren har 3 valg: ankomsttid til kjøpesenteret, hvor lenge hen er på området og hvor bilen skal parkeres. Kartleggingen deres viser at mange biler ankommer midt på dagen, og at det derfor oppstår mange hendelser med ventetid. En spredning av leveringene ut over dagen ville gjort det mulig å unngå dette.

3.3.4.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Sjåførenes verdsetting av ventetid kan hentes fra Statens vegvesens håndbok V712, samt verdsettelsesstudien. For å beregne marginale ventetidskostnader kreves det videre en funksjonssammenheng mellom total tidsbruk/ventetid og antall biler på kjøpesenterområdet (under lasting/lossing og som venter på tilgang til laste/losseområdet). Dette er sammenliknbar med såkalte volume-delayfunksjoner for køkjøring.

I Chiara og Cheah (2017) utledes ventetid som en funksjon av køens lengde, noe som kan benyttes som et første anslag på hvordan et marginalt kjøretøy påvirker ventetidskostnadene. Denne er utledet basert på data for kjøpesentra i Singapore, og det er uvisst hvor overførbart denne er til norske forhold. Det kan derfor være aktuelt å gjøre egne studier av tidsbruk og kø for levering på norske kjøpesenter.

Et annet moment er om sjåføren velger å parkere i gaten dersom køen blir for lang. I disse tilfellene er det den relative tidsbruken mellom levering på gaten og på de dedikerte plassene for lasting/lossing som er det riktige sammenlikningsgrunnlaget. I Eidhammer

mfl. (2016) sammenliknes leveringer på kjøpesenter med leveringer på gaten. Ekstrakostnaden per levering relatert til kapasitetsmangel på gaten beregnes til 49 kr (52 kr med 2016-basis) basert på Johansen mfl. (2014). Det er ifølge Eidhammer mfl. (2016) ingen kostnader relatert til kapasitetsmangel ved levering til kjøpesentre siden disse har egne laste/losse-soner med begrensede kapasitetsrestriksjoner.¹

3.4 Prising av arealer til lasting/lossing

I NTP (2018) beskrives arealkonflikter i by, og at gårdeier har manglende insentiver for tilrettelegging for varelevering som følge av at den er i konflikt med ønske om anvendelse av areal på gateplan til annet formål eller å sikre at virksomhetens omgivelser er attraktive for kundene. Det er grunn til å forvente at slike attributter (attraktive omgivelser mm.) vil gjøre seg gjeldende i bygårdenes salgs- og leiepriser.

Hedonisk prising er en velkjent statistisk metodikk til å forklare hvordan ulike attributter påvirker boligpriser. I van Ommeren mfl. (2011) benyttes denne metodikken til å vurdere verdien huseiere setter på å ha tilgang til parkering: Deres datasett gjør det mulig å skille mellom 5 ulike typer parkering tilknyttet boliger beliggende i Amsterdam.

3.4.1 Prissetting av kostnadskomponenten

På tilsvarende måte som van Ommeren mfl. (2011) er det mulig å gjennomføre en hedonisk prisingstudie hvor fokuset er på hvordan arealer til lasting/lossing påvirker priser på eie av bygårder og/eller butikkenes leiepriser. Det må innledningsvis gjøres en kartlegging av aktuelle data til dette formålet, og vi forventer at datainnsamlingen vil være omfattende: Eksempelvis må alle vareleveringslommer i området det fokuseres på kartlegges og stedfestes.

En alternativ metodikk til å kartlegge hvordan varelevering påvirker næringsvirksomhetenes attraktivitet kan være å gjøre sammenlikninger (eks. såkalte difference-in-difference studier) av kundegrunnet mellom butikker med/uten vareleveringslomme og eller mellom perioder med og uten varelevering. Dette fordrer bruk av observasjonsstudie/videoanalyse. I analyser av infrastrukturkostnader (eks. for drift og vedlikehold; se Rødseth mfl., 2019) er vi interessert i å kartlegge sammenhengen mellom trafikk og infrastrukturkostnader. Spesielt relevant er det å kartlegge hvordan en marginal økning i trafikkmengden påvirker infrastrukturkostnadene. Et viktig spørsmål er derfor om det er en sammenheng mellom tilrettelegging for varelevering (eks. antall plasser eller størrelse på vareleveringslommer) og trafikkmengde eller antall leveringer per veglenke/område. Dette vil kunne vurderes ved å hente ut informasjon om tungtrafikkandel fra Statens vegvesens trafikkdata eller Nasjonal vegdatabank (NVDB), og å kople mot egne kartlegginger av vareleveringslommer.

Arealer som avsettes til lasting og lossing kan alternativt benyttes til andre formål. Et alternativ er parkering for mindre biler (eks. personbiler) mot avgift. Sentralt i Oslo koster parkering per 1.mars 2021 kr 75/time som tilsvarer 25 kr for 20 minutters lasting/lossing. Med behov for arealer tilsvarende 2-3 personbiler blir alternativ inntekt fra parkerte mindre biler 50-75 kr/time sentralt i Oslo. På årsbasis kan en lastelomme vurdert på denne måten koste kommunen 300 000 kr/år hvis en regner med at alternativet er 2 parkerte biler 8 timer per dag 250 dager i året.

¹ Denne konklusjonen er i konflikt med beskrivelsen til Chiara og Cheah (2017), men i Eidhammer mfl. (2016) heter det at "These costs are not present at all for the deliveries to shopping centers, as the shopping centers have dedicated areas for unloading where capacity restrictions are limited."

Et annet alternativ kan være utleie av arealer til kafedrift og lignende. I Oslo leier sentrale bydeler ut gate/fortau-arealer på helårsbasis til 3-5000 kr/kvm. Med behov for ca. 30 kvm blir kostnaden 100-150 000 kr/år for å avsette areal til varelevering hvis uteservering eller lignende er et alternativ. Hvis lastelommen i tillegg gjør tilstøtende arealer uaktuelle for utleie blir kostnaden høyere.

3.5 Støy

Støy ved transport er en av de viktigste komponentene i utredninger av eksterne kostnader, jf. Rødseth mfl. (2019). TØIs utredning benytter Statistisk sentralbyrås forenklede støyberegningsverktøy til å beregne endringen i støykostnader ved at årstdøgntrafikken øker med en enhet. Verktøyet tillater å skille mellom støybidraget til et ekstra lett og tungt kjøretøy, men ikke mellom vektclasser. I dette kapitlet fokuserer vi på aspekter ved støy som ikke er vurdert i Rødseth mfl. (2019).

3.5.1 Støy ved varelevering

Rødseth mfl. (2019) fokuserer på støy når bilen er i bevegelse. Men lasting/lossing har også en rekke støyhendelser knyttet til seg, som eksempelvis slamring med dør eller åpning av lasteluke. I Wang mfl. (2013) gis en grundig gjennomgang av støyverdier for ulike hendelser og støyreducerende alternativer. Slavik og Gnap (2019) presenterer støymålinger for vareleveringer. Disse kildene kan benyttes til å vurdere støybidraget fra varelevering, målt ut over kartleggingen i Rødseth mfl (2019).

Datamateriale overlevert fra EU-prosjektet Straightsol viser støymålinger fra varelevering om natten. Disse indikerer at de viktigste støyhendelsene er tilknyttet inn- og utkjøring, mens selve laste/losseoperasjonene (dvs. når bilen står stille) er forbundet med relativt lave støymålinger (dvs. opptil 30 dB) ved nærmeste adresse. Basert på denne studien vurderer vi kostnader ved støy knyttet til en enkelt laste/losseoperasjon på gateplan å være neglisjerbart. Derimot kan ulempene ved *transport* om natten være signifikante, noe vi viser i neste kapittel.

3.5.2 Støy om ved transport om kvelden og natten

Varelevering på kvelds- og nattetid kan være et aktuelt tiltak som øker leveringseffektiviteten til transportørene, samt reduserer kø- og trengsel i byen. Disse fordelene kan motvirkes av kostnader ved økt trafikkstøy om natten. Nattestøy regnes som spesielt skadelig da den er forbundet med bl.a. søvnproblemer, og støyberegninger regner normalt et «straffetillegg» på 10 desibel for støyhendelser om natten. Samtidig er trafikken lavere kveld og natt, noe som betyr at en økning i trafikkmengde om natten har større betydning for støybelastningen enn en økning på dagtid.

En forenkling ved beregningene til Rødseth mfl. (2019) er at det ikke skilles mellom marginalt støybidrag av et ekstra kjøretøy på dag, kveld eller natt. Årsaken til dette er at data om døgnfordelingen til trafikken tilknyttet støykartleggingene benyttet i studien ikke er oppgitt. I Rødseth mfl. (2019) er det derimot utviklet et opplegg for å beregne marginal togstøy på dag, kveld og nattetid basert på fordeling av trafikken i disse periodene. Vi har i dette forprosjektet anvendt det samme opplegget til å beregne marginale støykostnader etter tid på døgnet basert på anslag av hvordan veitrafikken fordeler seg over døgnet.

Vi henviser til Rødseth mfl. (2019) for en utgreiing av metodikken som anvendes. Den tar utgangspunkt i beregnet støy ved kilden (dvs. vegen) innenfor ulike vegtyper (gruppert etter

årsdøgnetrafikk og fartsgrenser) og støyendringene som estimeres å inntreffe dersom årsdøgnetrafikken øker med ett ekstra tungt eller lett kjøretøy. Ved å ta produktet av støyendringene grunnet en enhets endring i årsdøgnetrafikken, et representativt antall eksponerte personer per kilometer veg og enhetsprisene for støyplage (jf. kapittel 8.10 i Rødseth mfl., 2019) fremkommer den årlige kostnaden knyttet til en ekstra daglig kjøretøykilometer per vegtype. Disse marginalkostnadene normaliseres til slutt ved å dele på 365 dager i året for å utlede kostnadene knyttet til den enkelte kjøretøykilometeren. Beregningene bygger på Statistisk sentralbyrås forenklete beregningsverktøy for støykartlegging. Støyemisjonene er derfor gitt som en funksjon av antall *lette* og *tunge* kjøretøy på lenken, og kan ikke gi en detaljert beregning av støybidraget til ulike kjøretøytyper/modeller.

I videreutviklingen av arbeidet til Rødseth mfl. (2019) antar vi en fordeling av trafikkarbeidet over døgnet i henhold til veileder til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442); se Miljødirektoratet (2014), tabell 30. Fordelingen for riksvei er benyttet utenfor tettsted, mens fordeling for by og bynære områder er benyttet for tettsteder.

Tabell 4: Fordeling av trafikkarbeid over døgnet, etter geografisk enhet

Geografisk enhet	Dag	Kveld	Natt
Utenfor tettsted	0.74	0.15	0.11
Lite tettsted (200-15 000 innbyggere)	0.84	0.1	0.06
Stort tettsted (over 15 000 innbyggere)	0.84	0.1	0.06

Med utgangspunkt i denne døgfordelingen av årsdøgnetrafikken benytter vi Statistisk Sentralbyrås forenklete beregningsverktøy til å beregne ekvivalent støynivå (L_{eq}) på hhv dag, kveld og natt, og støymålet L_{den} utledes deretter ved formelen:

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{eq,dag}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{eq,kveld}+5}{10}} + \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{eq,natt}+10}{10}} \right)$$

Marginale støyendringer beregnes ved å gjøre egne beregninger (dvs. alternativscenarioer) hvor vi legger til grunn en økning i årsdøgnetrafikk med *ett ekstra* kjøretøy (hhv. enkeltvis ett ekstra lett og tungt kjøretøy) i datagrunnlaget per tidspunkt på døgnet (dvs. enkeltvis på dag, kveld og natt) og beregner differansen i L_{den} mellom alternativ- og basisscenarioene. Resultatene av denne regneøvelsen er rapportert av Tabell 5.

Det er viktig å merke seg at beregningene tar utgangspunkt i et gitt antall personer som utsettes for et gjennomsnittlig støynivå over døgnet (dvs., målt ved L_{den}) som overstiger grenseverdier for støyplage. Forutsetningene om antallet personer som er støyeksponert endres ikke i våre nye beregninger, noe som er i tråd med etablert metodikk for marginale støykostnader (Andersson og Ögren, 2013) Det er kun *støybidraget* til en ekstra bil (dvs. en marginal endring i årsdøgnetrafikk (ÅDT)) i døgnet som vurderes, under forutsetningen om at alle støyutsatte vil bli utsatt for den samme støyendringen. Vår tilleggsberegning viser at støybidraget til det marginale kjøretøyet avhenger av når på døgnet trafikken endringen skjer. Generelt vil det marginale støybidraget være lavt i perioder med mye trafikk, noe som betyr at kostnadene ved ett ekstra kjøretøy på dagtid er forholdsvis lave. Om kvelden og natten

er trafikkmengden betraktelig lavere, og det marginale kjøretøyet kan derfor spille en vesentlig rolle for det døgnveide støynivået. Samtidig gir beregningen av L_{den} et 5 dB tillegg om kvelden og 10 dB tillegg om natten for å vekte støy i disse periodene høyere enn om dagen. Begge disse faktorene trekker i retning av at et ekstra kjøretøy om natten gir en langt større endring i L_{den} enn et ekstra kjøretøy om dagen, noe som gjenspeiles av de marginale støykostnadene i Tabell 5.

Tabell 5: Marginale støykostnader, etter kjøretøytype (tung;lett) og tid på døgnet (dag; kveld; natt)

	Lette dag	Tunge dag	Lette kveld	Tunge kveld	Lette natt	Tunge natt
Utenfor tettsted	0.02	0.10	0.06	0.32	0.18	1.00
Lite tettsted	0.17	0.89	0.53	2.83	1.68	8.90
Stort tettsted	0.15	1.04	0.47	3.29	1.47	10.36

Dersom trafikfordelingen i Tabell 4 benyttes til å vekte sammen resultatene i Tabell 5 til marginale kostnader over døgnet fremkommer støykostnader som er tilnærmet like de som rapporteres i Rødseth mfl. (2019).

Tabell 6: Sammenlikning mellom våre nye beregninger og Rødseth mfl. (2019)

	Våre beregninger		Rødseth mfl. (2019)	
	Lette	Tunge	Lette	Tunge
Utenfor tettsted	0.04	0.23	0.04	0.24
Lite tettsted	0.30	1.57	0.30	1.63
Stort tettsted	0.26	1.83	0.33	2.39

Årsaken til de mindre avvikene mellom de to beregningene er at våre nye beregninger benytter estimert L_{den} – som avhenger av trafikfordelingene i Tabell 4 – til å anslå hvor mange personer som regnes som er eksponert for støy, mens Rødseth mfl. (2019) antar en konstant konverteringsfaktor på +4dB mellom L_{eq} og L_{den} . Det betyr allikevel at Rødseth mfl. (2019) sine estimater – som ikke rapporterer kostnader etter tid på døgnet – kan forstås som vektete marginale kostnader, hvor andelen av trafikkarbeidet på dag, kveld og natt brukes som vekter.

3.6 Barrierekostnader for gående og syklende

Barrierekostnader har vært diskutert i litteraturen om eksterne kostnader, men har ikke tidligere inngått som komponent i etatenes verktøyer for nytte-kostnadsanalyse. I et appendiks i Thune-Larsen mfl. (2014) drøftes barrierekostnader, med henvisning til internasjonal litteratur på området. Her defineres to typer kostnader

- Separasjonskostnader: Dette er kostnadene ved økt vente- eller reisetid for fotgjengere og syklister som en konsekvens av biltrafikk
- Knappetskostnader: Dette er kostnader ved opprettelse av dedikert infrastruktur for gående og syklende som er en konsekvens av konflikter med veitrafikken

3.6.1.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Separasjonskostnaden ved parkering er sammenliknbar med reisetidsulempene beskrevet i Morillo og Campos (2014), jf. Kapittel 3.3.3. Deres metodikk kan derfor utvides til å også gjelde reisetidsulemper for gående og syklende.

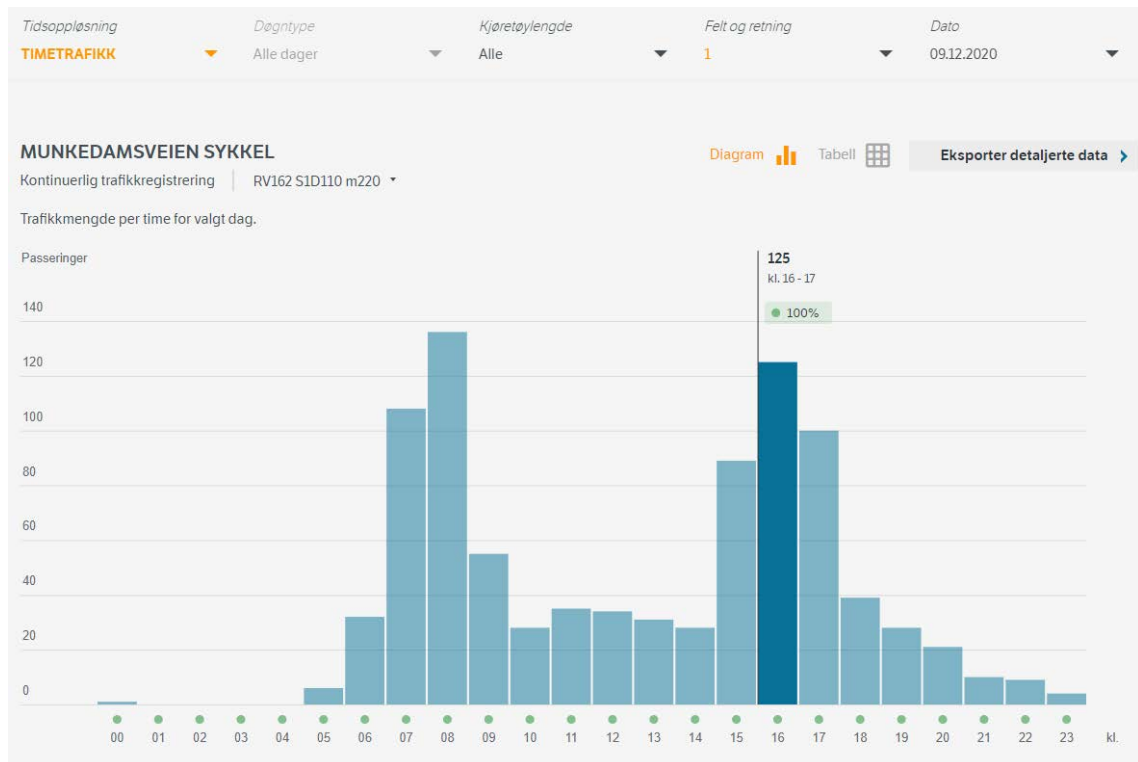
I Thune-Larsen mfl. (2014) gis det anslag på separasjonskostnader knyttet til kryssing av vei, og en beregning av tidstap per person per kryssing. Det gis også en alternativ beregning av separasjonskostnaden basert på syklende og gående sin verdsetting av kryss og å ha separate fasiliteter for sykling/gange basert på den norske verdsettingsstudien. Vi er ikke kjent med at disse beregningene er blitt benyttet i etatenes nytte-kostnadsanalyser.

3.6.1.2 Eksempel

Ulovlig parkering ved lasting/lossing påfører syklister separasjonskostnader ved økt vente- eller reisetid.

Økningen i tidsbruk for passerende trafikanter per feilparkert lastebil under lasting/lossing er anslått hos Morillo og Campos (2014). Ved behov for unna-manøver (forsering av lastebilen) anslås den ekstra tidsbruken til 10 sekunder. Samlet ekstra tidsbruk for syklister per feilparkering avhenger da av hvor lenge parkeringen varer og antall syklister som passerer i løpet av den tiden.

I Munkedamsveien i Oslo viser sykkeltellingene opp til 120 sykkelpasseringer per time i rushtiden i desember 2020; jf. Figur 3. Med 5 minutters lasting/lossing passerer 10 syklister som bruker 10 sekunder ekstra hver, dvs. en ekstra total tidsbruk på 100 sekunder per parkering. Med en gjennomsnittlig tidskostnad for syklister på 116 kr/time (Flügel mfl (2019) tilsvarer det ca. 3 kr per feilparkering for lasting/lossing i Munkedamsveien i rushtiden.



Figur 3: Sykkelregistreringer i Munkedamsveien, Oslo

3.7 Kjøretøy som ikke inngår i Rødseth mfl. (2019)

Varelevering i by tar i bruk nye transportmidler, blant annet for å imøtekomme nye krav og mål om bærekraftig transport. I de tilfeller dette gjelder overgang til nullutslippskjøretøy er disse også vurdert i Rødseth mfl. (2019), men lettere kjøretøy som transportsykler inngår i utgangspunktet ikke i utredningen. Unntaket er at sykkel og fotgjengere inngår som egne kategorier i beregningene av ulykkeskostnader.

Tysk statistikk oppgir 11,64 dødsfall per milliard km for motoriserte syklistene generelt².

Det er imidlertid usikkert om dette er relevante tall for motoriserte transportsykler. På forespørsel opplyser DHL i e-post den 5. mars 2021 at de siden oppstart i juni 2017 har hatt to fraktsykler gående 250 dager i året med i gjennomsnitt 45 stopp per dag uten registrerte skader. Det tilsvarer om lag 80 000 stopp uten skader så langt.

Det bør gjøres en vurdering av hvilke kostnadskomponenter slike nye transportmidler vil påvirke og i hvilken grad de kan forventes å påvirke eksterne kostnader. Generelt vil vi forvente at lettere kjøretøy har ingen eller lave kostnader knyttet til utslipp til luft, støy og infrastruktur (dvs. drift og vedlikehold), men at de kan skape barriereeffekter (forsinkelse- og/eller utrygghetseffekter) for andre trafikanter.

I en undersøkelse gjengitt i TØI-rapport 1760/2020 oppgir en av DHLs syklistene at 50 prosent av transporten foregår i vegbanen i blandet trafikk, til dels i svært lave hastigheter. Med en samlet lengde (sykkel pluss tilhenger) på 3-4 meter vil en slik sykkel i vegbanen påføre andre trafikanter minst like store trengselskostnader som en personbil.

² <https://www.dpa-international.com/topic/cyclists-die-battery-powered-bikes-statistics-show-urn%3Anewsm%3Adpa.com%3A20090101%3A190724-99-185969>

3.8 Eksterne kostnader ved drift av depoter og terminaler

Depoter og terminaler er områder for omlasting av kjøretøy. Slike terminalområder er i stor grad oversett i studier av eksterne kostnader ved transport, selv om de i praksis kan virke som betydelige punktkilder både for støy og utslipp til luft: En studie av eksterne kostnader ved havnedrift (Rødseth mfl., 2017) viser at eksterne kostnader knyttet til terminaloperasjoner er vesentlige.

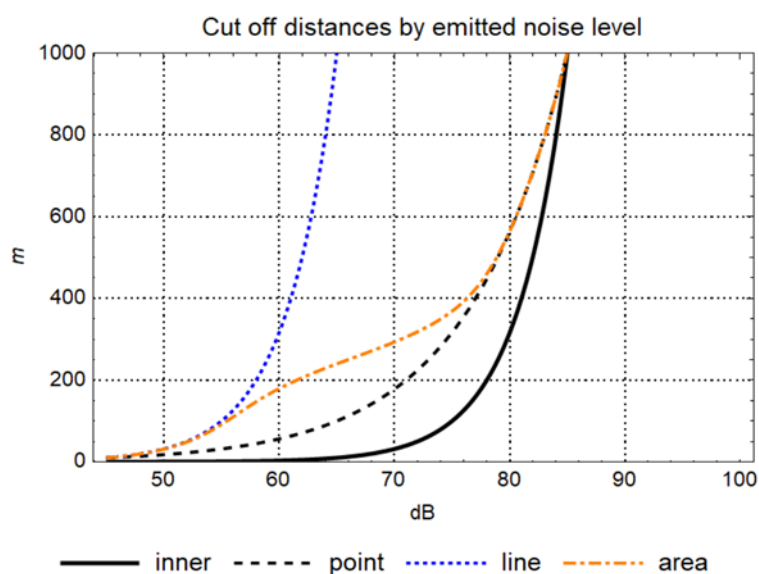
For eksterne kostnader kan beliggenheten av terminalen være av stor betydning: Rødseth mfl. (2019) viser at skadepostnadene er langt høyere i tettbygd- enn i spredtbygd strøk. Dette kan innebære at drift av terminaler utenfor byen kan være forbundet med lavere eksterne kostnader enn depoter som ligger sentrumsnært. Dette skyldes at ulempekostnadene øker med befolkningstettheten.

Noen studier som sammenlikner miljøaspekter ved uni- og multimodal transport tar også hensyn til kostnader ved terminalleddet. Janic (2007) inkluderer kostnader ved utslipp til luft knyttet til produksjonen av elektrisitet brukt til kraner på terminalområdet, mens Kotowska (2013) beregner utslipp til luft knyttet til godshåndtering i terminaler.

3.8.1.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Vi anbefaler å fokusere på støy og utslipp til luft knyttet til terminaldriften. Utslipp til luft kan analyseres ved hjelp av utslippsfaktorer og ev. data om terminalaktiviteter, mens støy baseres på tilgjengelige støykartlegginger og tilhørende metoder (eks. nordisk metode for industristøy).

I Rødseth mfl. (2017) utvikles en sjablongmetodikk for beregning av eksterne kostnader ved havnestøy som også kan benyttes til analyse av andre typer terminaler. Det er gjort en forenklet beregning av forholdet mellom terminalstøyen og hvor mange meter fra terminalen lyden forventes å overskride grenseverdier for støyplage; dvs. utstrekningen til det såkalte *influensområdet* for terminalstøy. Rødseth mfl. (2017) sin hovedberegning er gitt ved den oransje linjen i Figur 4, som eksempelvis viser at dersom aktivitetene gir opphav til et lydnivå på 70 dB ved terminalen vil influensområdet strekke seg til rundt 300 meter fra terminalen.



Figur 4: Influensområdet som en funksjon av støy ved kilden. Kilde: Rødseth mfl. (2017)

I Rødseth mfl. (2017) antas det at influensområdet er en halvsirkel (fordi havnen ligger ved vannet), og at arealet til influensområdet dermed kan regnes ut som $0.5 \times \pi \times m^2$, hvor m er antall meter hentet fra Figur 4. Ved å legge til grunn en befolkningstetthet (personer per arealenhet) kan man regne seg fram til et forventet antall personer som er eksponert for støy. Dette antallet personer må videre multipliseres med i) enhetspriser for støyplage (se Rødseth mfl., 2019, kapittel 8.10) og ii) endring i terminalstøy knyttet til håndteringen av *en enhet gods ekstra* for å beregne marginale støykostnader ved terminaldrift.

Innen bylogistikk er byterminaler som [Oslo city hub](#) viktige for omlasting til lettere kjøretøy som transportsykler. Disse har en annen støyprofil enn havner, blant annet ved at bruken av store kraner og stablingsutstyr ikke er aktuelt. Beregningene i Figur 4 vil allikevel være nyttige for å gjøre sjablongberegninger for andre typer terminaler enn havner i tilfeller hvor døgnevindstøy (L_{den}) overstiger grenseverdier for støyplage. Denne figuren viser hvordan influensområdet for støy endrer seg både etter nivået på støy ved kilden (dvs. terminalen) og i tilfellene hvor terminalen vurderes å være en punktkilde (blå prikket linje) eller linjekilde (grå prikket linje) for støy.

Vi har per i dag ikke noen egen metodikk for å beregne endring i terminalstøy knyttet til håndteringen en enhet gods ekstra. Vi foreslår derfor å etablere en sjablongmodell for dette basert på veiledere om nordisk metode (Kragh et al., 1982), eksisterende data for støyemisjoner ved terminalaktiviteter (se eget vedlegg til Miljødirektoratet, 2014) og datagrunnlag for eller anslag på aktiviteter på terminalområdet (f.eks. kjøring av trucker og kraner) og godsgjennomstrømming.

3.9 Leveringstidsvariabilitet

Kostnader knyttet til transporttidsvariabilitet og forsinkelser er mye studert innen verdsetting av tid. I forbindelse med den norske verdsettingsstudien har Halse mfl. (2019) utredet norske bedrifters verdsetting av raskere og mer pålitelig transporttid. Denne studien fokuserer primært på avsendernes tidspreferanser, noe som er vanlig innen denne litteraturen. Det antas dermed implisitt at avsender, transportør og mottaker har identiske tidspreferanser. Det kan hende dette reelt sett ikke er tilfelle, men at f.eks. transportørens verdi av transporttidsvariabilitet er ulik avsender/mottakers tidsverdi. Da kan det, med mindre man sikrer seg mot det gjennom kontrakter og leveringsavtaler, oppstå en eksternalitet. Situasjoner kan oppstå hvor transportørene ikke internaliserer avsender/mottakers kostnader ved transporttidsvariabilitet, og dermed gjør mindre innsats for å sikre seg mot det enn det avsender/mottaker ønsker.

3.9.1.1 Prissetting av kostnadskomponenten

Operasjonsanalyse er et relevant rammeverk for å forstå transportørens økonomiske avveininger knyttet til transporttid. Et velstudert optimeringsproblem er det såkalte Vehicle Routing Problem (VRP). Utgangspunktet for problemet er at transportøren søker å minimere kostnadene ved å betjene et forhåndsdefinert sett av kunder som er geografisk stedfestet i et transportnettverk, eller å maksimere profitt gjennom å velge ut hvilke av de aktuelle kundene som skal besøkes. Normalt antas det at transporttiden mellom kundene er kjent og helt sikker (deterministisk), men det finnes også studier som ser på variabel transporttid og forsinkelser. Det kan også tas hensyn til begrensinger knyttet til tidsvinduer for levering, enten som «harde» eller «myke» skranker.

Forsinket levering kan motvirkes gjennom å sikre tidsmarginer på leveringer (eks. gjennom å begrense antallet kunder som betjenes i tilfellet hvor transportøren maksimerer profitt)

og/eller ved å etablere en buffer når det gjelder rullende materiell. Optimering kan dermed benyttes til å se på avveining mellom transportørens kostnader og kundenes ulempe ved leveringsvariabilitet. En relevant studie er Zhang mfl. (2013), som minimerer transportørens kostnader under bibetingelsen at sannsynligheten for at varene leveres hos kundene til avtalt tid ligger innenfor et forhåndsbestemt kriterium, som dermed er et mål på transportørens servicekvalitet. Studien gjør scenarioanalyser som illustrerer hvordan antall kjøretøy og dermed operatørkostnader øker når kravet til servicekvalitet øker.

I Zhang mfl. (2013) sees servicekvalitet som en bibetingelse som må oppfylles. En alternativ oppstilling av dette problemet vil være å inkludere servicekvalitet i operatørens målfunksjon under antagelsen at operatøren optimerer forventet nytte (eller forventet profit). I dette tilfellet vil transportørens risikopreferanser (eks. om transportøren er avers mot transporttidsforsinkelser eller er villig til å ta risiko) ha betydning for den optimale avveiningen mellom transportkostnader og servicekvalitet.

VRP er et svært krevende optimeringsproblem, og det kan være mer relevant å vurdere enklere metoder til prissettingen. Problemet som beskrives her passer også godt inn i en modell for produksjonsrisiko, som er mye anvendt i f.eks jordbruks- og ressursøkonomi. En enkel modell til å vurdere hvordan antallet forsendelser påvirker risiko (dvs. transporttidsvariabilitet) er den klassiske modellen til Just og Pope (1979). Det kan vurderes å gjøre empirisk analyse av transporttidsvariabilitet og antall leveringer eks. basert på LIMCO-data, og å sammenlikne verdien av transporttidsvariabilitet som følge av en marginal endring i antallet oppdrag med avsendernes verdi av transporttidsvariabilitet i Halse mfl. (2019). En utfordring kan være å finne sammenliknbare data til en slik analyse.

3.10 Arbeidsulykker

Ulykker under transport er en viktig komponent i utredninger av eksterne kostnader ved transport. Men bylogistikk omfatter også transport av varer fra parkeringsplass til mottaker, noe som ikke dekkes av Rødseth mfl. (2019). Nævestad mfl. (2018) gjengir en spørreundersøkelse om ulykker under lasting/lossing, som kan vurderes benyttet som input til supplerende beregninger av ulykkeskostnader knyttet til transport av varer mens bilen står parkert. Fra grunnlagsmaterialet til Nævestad mfl. (2018) har vi fått tall for ulykker for sjåførene fordelt etter vanlige oppdrag. I Tabell 7 er omfanget av laste/losse-ulykker siste 2 år gjengitt for alle sjåfører og for sjåfører som hovedsakelig driver med distribusjonskjøring. I begge kategorier har omtrent 30 prosent hatt en ulykke, mens alvorlighetsgraden varierer.

Tabell 7: Andel sjåfører involvert i laste/losseulykker siste 2 år og gjennomsnittlig kjørte kilometer

Svar	Alle sjåfører	Hovedsakelig distribusjon
Nei	71,5%	69,0%
Ja, en liten skade som ikke krevde medisinsk bistand	17,0%	22,3%
Ja, en skade som krevde medisinsk bistand	3,8%	3,3%
Ja, en skade som krevde medisinsk bistand og sykemelding	7,8%	5,4%
Kjørte 1000 km/sjåfører	112	68

Ut fra Tabell 7 kan vi også beregne risikoen som antall skader per km. Sjåfører i kategorien «hovedsakelig distribusjon» har da 1 laste/losse-skader per kjørte 21 000 km som kan omregnes til ca. 0,0046 skader per 1000 km.

Vi har ikke grunnlag for å beregne ulykker per stopp for lasting/lossing knyttet til denne undersøkelsen.

I Ørving mfl. (2020) følges en varebil fra DHL gjennom dagen. Bilen parkerer 31 ganger i løpet av en dag. Med 31 parkeringer per dag og 230 arbeidsdager per år ville en sjåfør rekke ca. 14 000 oppdrag på 2 år. Hvis vi legger til grunn gjennomsnittlig 0,31 skader også her får vi 1 skade per 45 000 oppdrag tilsvarende 0,022 skader per 1000 oppdrag hvorav 0,0038 alvorlige nok til å medføre (medisinsk behandling og) sykemelding.

3.11 Koordineringsutfordringer og manglende utnytting av stordriftsfordeler

Det er en stor faglitteratur som peker på kostnadsbesparelser og miljøgevinster gjennom koordinering av vareleveringer mellom transportforetak og opprettelse av fellesterminaler. Dette til tross fremstår næringen i realiteten som fragmentert og i begrenset grad innrettet for å utnytte slike stordriftsfordeler innen distribusjon. Det kan derfor være relevant å kartlegge årsakene til dette, og spesielt om dette kan skyldes en markedssvikt – som eksempelvis eksternaliteter. Dette var tema for et av innleggene på prosjektets midtveisworkshop. Vi gjengir de viktigste momentene fra foredraget her.

I presentasjonen beskrives markedet for godstransport som fragmentert, med små økonomiske marginer og med stort innslag av konkurranse mellom transportørene. Samtidig er et viktig moment at bylogistikk kun utgjør en del av varekjeden, og at kontrakter mellom vareeiere og transportører gjelder hele varekjeden mellom vareeier og mottaker. Transportørene har derfor fokus på optimering av hele kjeden, og ikke kun på sisteledds-distribusjon.

Foredragsholderen peker på flere utfordringer for utnytting av stordriftsfordeler gjennom etableringen av en fellesterminal. Erfaringer viser at det er krevende å skape forretningsmodell som gir lønnsom drift, og de fleste konsolideringssentere går derfor med økonomisk underskudd. Dette resulterer i at driften opphører når offentlige subsidier forsvinner. Ekstra omlasting og sortering er også tidkrevende – noe som er i konflikt med just-in-time leveranser – samt at terminaldrift medfører omfattende kapital- og driftskostnader. En annen utfordring er at samlastning innebærer overføring av ansvaret for godset til fellesterminaler og andre distributører, og at logistikkoperatørene gjerne ser en samleterminal som en konkurrent heller enn en samarbeidspartner.

Disse faktorene, som omhandler økonomiske forhold ved drift av samleterminal samt *transaksjonskostnader* (eks. kostnader knyttet til forhandling med og evaluering av andre aktører i markedet), kan ikke regnes som tegn på markedssvikt. Hvis en bedrift klarte å levere konsolideringsterminaltjenester til tilstrekkelig lave priser, dvs. at de hadde løsninger som effektivt håndterte koordineringsutfordringer og transaksjonskostnader, så kunne de vært en naturlig markedsløsning i ett ledd av varekjeden. Det ville vært naturlig for transportør å benytte seg av disse tjenestene for å minimere kostnadene. Slik godstransportmarkedet ser ut nå, med sterk konkurranse og små marginer, er det grunn til å tro at aktørene er presset til kostnadseffektivitet. Det er jo i og for seg en god ting med tanke på samfunnsøkonomisk effektivitet, hadde det ikke vært for de øvrige eksternalitetene vi har gjennomgått. Det kunne være (men er ikke sikkert) at konsolideringsterminaltjenester ble konkurransedyktige dersom de øvrige eksterne kostnadene i sektoren ble priset effektivt (og da spesielt kjøring). Riktig prising av eksternaliteter vil jo nettopp gi insentiver til å utvikle tjenester for å minimere slike

kostnader. Å sette avgifter lik den marginale eksterne kostnaden er dermed ikke bare et spørsmål om kostnadseffektiv minimering av skadekostnader, det er også et *dynamisk effektivt* virkemiddel som gir insentiver til å utvikle nye varer og tjenester for å minimere avgiftene.

Likevel, det kan være forhold som tilsier at det er andre former for markedssvikt som bidrar til et underforbruk av fellesterminaltjenester. Vi skal i det følgende se på to økonomiske modeller som i noen grad kan være relevant for å beskrive markedssvikt ved opprettelsen av samleterminaler:

Kollektivt gode: Et kollektivt gode er ikke-rivaliserende og ikke-ekskluderende. Det betyr at en fellesterminal kan klassifiseres som et kollektivt gode dersom i) en transportørs bruk av terminalen ikke hindrer andre transportører fra å benytte terminalen og ii) ingen kan stenges ute fra å bruke terminalen.

Siden et kollektivt gode er tilgjengelig for *alle* etter at det er forsynt gir det aktørene et insentiv til å håpe på at andre tilrettelegger for og dermed tar kostnaden ved forsyningen av godet. Dette kalles gjerne gratispassasjerproblemet, og fører til at markedsløsningen gir et *lavere* tilbud av det kollektive godet enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Dette er et økonomisk argument for at det offentlige bør ta seg av forsyningen av kollektive goder. Klassiske eksempler på kollektive goder er forsvaret, politi, fyrtårn og gatelykt.

Nettverksfordeler: Nettverksfordeler er positive eksternaliteter som en ny bruker av en vare/tjeneste påfører eksisterende brukere av varen/tjenesten gjennom at tilbudet forbedres. Et eksempel er løsninger for fylling og lading av nullutslippskjøretøy: En ny hurtigladestasjon vil være en utvidelse av hele hurtigladestasjonsnettverket. Det er ikke bare en fordel for elbilistene i nærheten, det øker verdien til hele elbilmarkedet, som igjen øker hele verdien til hurtigladermarkedet. Man finner også nettverksfordeler der hvor koordinering av transportøren i stor grad krever at foretakene benytter samme type teknologi innen f.eks. IKT. Innen kollektivtransporten kalles dette for Mohring-effekten, hvor økt etterspørsel etter kollektivtransport kan gi grunnlag for økt frekvens, som igjen bidrar til å redusere ventetiden for alle passasjerer.

En utfordring med positive eksternaliteter er at aktørene kun vil ta hensyn til egne fordeler – og ikke samlede gevinster for økonomien – når de tar sine valg. Det betyr at forsyningen av goder med nettverksfordeler kan bli for lav sett fra et samfunnsøkonomisk ståsted.

Dersom liknende effekter finnes innen koordinering av varelevering kan det gi argumenter for subsidier av koordineringstiltak innen godstransporten. Samtidig er det viktig å påpeke at det finnes nettverksfordeler ved en rekke varer – tenk bare på PCer og interaktive dataspill – uten at dette benyttes som argument for tilskudd til produsentene av slike varer.

Vi konkluderer med at det kan være mulig å finne økonomiske argumenter som kan forsvare subsidier til fellesterminaler. Det er allikevel viktig å presisere at det er stor usikkerhet knyttet til om disse argumentene er tungtveiende. Og selv om argumentene skulle være gyldige, så er det ikke sikkert at det ville vært tilstrekkelig for at fellesterminaler vil gi netto nytte. Vi har heller ikke funnet noen studier som har som målsetning å tallfeste optimale tilskudd til fellesterminaler. For å utrede dette videre kreves en langt mer omfattende analyse enn hva som er mulig innenfor rammen av denne forstudien. En slik analyse kan innebære en detaljert kartlegging av logistikkoperasjoner ved fellesterminaler og en klassifisering av disse i lyset av definisjonene av kollektive goder og nettverksfordeler. Videre kreves det en etablering av kostnadsstrukturer og en økonomisk modell til å beregne omfanget av eventuelle positive eksterne kostnader. Vi anbefaler derfor at disse problemene i første rekke studeres ved hjelp av økonomisk teori, og at de ikke inngår i beregningene av negative eksterne kostnader ved bylogistikk som er fokuset i dette forprosjektet.

4 Konklusjon og diskusjon

Kapittel 3 har gjort en omfattende gjennomgang av kostnadskomponenter av relevans for bylogistikk som ikke inngår i Rødseth mfl. (2019). For flere av kostnadskomponentene er det gitt eksempelberegninger. Det er viktig å merke seg at dette ikke er ment å være endelige tall til inkludering i nytte-kostnadsanalyse, men en illustrasjon av hvordan beregningene kan stilles opp og hvilke data og parameterverdier som er tilgjengelige. Det eneste unntaket er utvidingen av støyberegningene til Rødseth mfl. (2019), som vi vurderer å være tall som er klare til implementering i transportvirksomhetenes verktøyer.

Tabell 8: Matrise for å prioritere videre utredning av eksterne kostnader i hovedprosjektet om eksterne kostnader i bylogistikk

Studieområde	Tilgjengelig metodikk	Tilgjengelig data/eksempel-beregning	Forventet utredningskostnad	Forventet økonomisk betydning
Utslipp ved tomgang	Ja	Ja	Lav	Lav
Parkering gate				
<i>Letekostnader</i>	Ja	Ja	Høy	Høy
<i>Gåkostnader</i>	Ja	Nei	Høy	Moderat
<i>Ulovlig parkering</i>	Ja	Ja	Moderat	Moderat
Parkering kjøpesenter	Nei	Nei	Høy	Usikker
Arealkostnader	Ja	Ja	Høy	Høy
Støy				
<i>Nattestøy</i>	Ja	Ja	Ingen	Høy (per km)
<i>Lasting/lossing</i>	Nei	Ja	Ikke relevant	Lav
Barrierer	Ja	Ja	Lav	Lav
Fraktskykler	Nei	Nei	Høy	Moderat
Terminaler (støy)	Delvis	Nei	Moderat	Moderat
Leveringsvariabilitet	Ja	Nei	Høy	Lav
Arbeidsulykker	Ja	Delvis	Høy	Usikker

Tabell 8 sammenfatter hovedresultatene fra forstudien. Den viser hvilke kostnadskomponenter som er identifisert ut over de som allerede er inkludert i Rødseth mfl. (2019), i hvilken grad det finnes tilgjengelig metodikk og data, forventet utredningskostnad dersom data ikke foreligger og forventet økonomisk betydning av kostnadskomponenten. Tabellen danner dermed et grunnlag for å gjøre prioriteringer i det videre arbeidet med å etablere et helhetlig rammeverk for nytte-kostnadsanalyse av bylogistikk.

Det er i praksis to måter å vurdere den økonomisk betydningen av en eksternalitet; å vurdere totale kostnader eller størrelsen på marginale kostnader. Disse er nødvendigvis ikke sammenfallende. I tilfellet støy har vi for eksempel vist at et ekstra kjøretøy kan gi stor endring i støykostnader ved lave trafikknivåer, når totale støykostnader er forholdsvis lave. Siden vårt hovedfokus er på marginale kostnader benytter vi hovedsakelig denne målestokken når vi vurderer den økonomiske betydningen til kostnadskomponentene.

Tabell 8 viser at vi vurderer letekostnader ved parkering, arealkostnader og nattestøy til å være de økonomisk viktigste kostnadskomponentene foruten kostnader rapportert i Rødseth mfl. (2019). Marginale kostnader ved støy om dagen, kvelden og natten er utredet i denne rapporten. Denne kostnadskomponenten skiller seg fra de andre i tabellen ved at den er priset i kroner per kilometer. Rødseth mfl. (2019) finner at kostnader knyttet til støy er blant de viktigste marginale eksterne kostnadene (målt i kroner per kilometer) ved transport. Våre tilleggsberegninger understreker at tidspunktet for når transporten finner sted på døgnet er avgjørende for støyplage ettersom støy på natten har en marginal kostnad som er langt høyere enn døgngjennomsnittene for marginale støykostnader rapportert i Rødseth mfl. (2019). Vi presiserer at vi ikke har vurdert omfanget av varetransport i tettsteder på natten, kun kostnaden per kilometer transport på natten.

For parkering og arealkostnader er det kun er gitt enkle eksempelberegninger. På disse områdene ser vi både potensiale for å hente inn mer data fra bl.a. LIMCO-prosjektet, men også for å gjennomføre dedikerte datainnsamlinger og analyse. Eksempelvis fremstår hedonisk prising som en relevant metodikk for behandling av arealer.

For flere av komponentene i matrisen er data fra LIMCO-prosjektet relevant å anvende, men de var ikke tilgjengelig innen publikasjonen av denne rapporten. Det kan derfor være aktuelt å gjøre en oppdatering av eksempelberegningene i rapporten på et senere tidspunkt, når nye data foreligger.

Noen av komponentene som er drøftet i denne rapporten fremstår å ha relativt lav eller usikker økonomisk betydning, samt at metodikk og data mangler. Dette gjelder spesielt leveringsvariabilitet og koordinering. Disse områdene innebærer interessante økonomiske diskusjoner, men vi vurderer disse komponentene som mindre relevante for det videre arbeidet med å etablere et rammeverk for nytte-kostnadsanalyse av bylogistikk.

For andre kostnadskomponenter foreligger det liten grad av informasjon per i dag, noe som gjør det vanskelig å anslå deres økonomiske betydning: Arbeidsulykker kan være en aktuell kostnadskomponent, men det vil kreve en ny dedikert datainnsamling for å komme i mål med en egen beregning av marginale arbeidsulykkeskostnader. Terminalstøy kan også være en relevant kostnadskomponent i det videre arbeidet, og innledningsvis anbefaler vi å fokusere på å etablere en sjablongmodell for terminalstøy basert på foreliggende retningslinjer for støykartlegging for å gi noen første vurderinger av omfanget av ulempekostnaden. Det kan også være eksterne kostnader knyttet til bruken av nye transportmidler slik som fraktsykler – spesielt knyttet til å hindre fremkommelighet for annen trafikk ved sykling i veibanen – men vi har per i dag ikke noe data som sier noe om ulempen disse transportmidlene påfører samfunnet for øvrig. Foreløpig er bruken av disse transportmidlene begrenset.

Størrelsen på kostnader ved barriereeffekter knyttet til ulovlig parkering synliggjøres i en eksempelberegning i denne rapporten, basert på en internasjonal studie. Det er naturligvis en diskusjon om hvor overførbar studien er til norske forhold, og også omfanget av ulovlig parkering. Dette kan kartlegges i egne observasjonsstudier, men vi vurderer kostnader knyttet til barriereeffekter til å være forholdsvis lave, spesielt for gående og syklende. Dette kan være årsaken til at slike effekter i liten grad har vært tatt inn i metodikk for nytte-kostnadsanalyser i samferdselssektoren, selv om barrierer også har vært sporadisk drøftet i litteraturen om eksterne kostnader tidligere.

Parkering er en sentral kostnadskomponent i bylogistikken. Den består igjen av mange ulike komponenter; letekostnader, gåkostnader, barrierekostnader og køkostnader for dedikert parkering på kjøpesenter. I det videre arbeidet med nytte-kostnadsanalyse av bylogistikk blir det sentralt å beskrive/modellere transportørens valg av parkeringsløsning (eks. i varelomme, ved brostein, ulovlig parkering på gate/sykkelfelt) for å kunne henføre riktige type parkeringskostnader til hver enkelt tilfelle av varelevering. Et annet sentralt moment blir å vurdere behovet for å differensiere eksterne kostnader etter størrelse på kjøretøyet, noe som er spesielt relevant for kostnader knyttet til begrensede arealer i byen.

5 Referanser

- Alessandrini, A. Paolo Delle Site, P.D, Francesco Filippi, F. og M.V. Salucci (2012) Using rail to make urban freight distribution more sustainable. *Trasporti Europei*, 50, Paper n° 5, ISSN 1825-3997.
- Allen, J, Piecyk, M. og A.C. McKinnon (2008a) Internalising the external costs of light good vehicle transport in Britain. University of Westminster and Heriot-Watt University, http://www.greenlogistics.org/SiteResources/b3729e3f-7e69-4639-8cde-60616351007c_Internalisation%20LGV%20national%20report%20%28final%29%20October%202008.pdf
- Allen, J, Piecyk, M. og A.C. McKinnon (2008b) Internalising the external costs of light good vehicle transport in London. University of Westminster and Heriot-Watt University,
- Allen, J., et al. (2018). "Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 61: 325-338.
- Alves, R., da Silva Lima, R., de Sena, D.C., de Pinho, A.F., og J. Holguín-Veras (2019) Agent-Based Simulation Model for Evaluating Urban Freight Policy to E-Commerce, *Sustainability*, 11, 4020; doi:10.3390/su11154020,
- Ambrosino, D., Sciomachen, A., og D. Surace (2019) Evaluation of flow dependent external costs in freight logistics networks. *Networks*. 74, 111– 123.
- Andersson, H. og M. Ögren (2013) Charging the polluters: a pricing model for road and railway noise. *Journal of Transport Economics and Policy*, 47, 313-333.
- Arvidsson, N. (2013) The milk run revisited: A load factor paradox with economic and environmental implications for urban freight transport. *Transportation research Part A: Policy and Practice*, 51, 56-62.
- Austin, M. (2015) Pricing freight to account for external costs. Working Paper 2015-03, Congressional Budget Office, Washington, DC
- Beuthe, M., Degrandart, F., Geerts, J.-F. og B. Jorquin (2002) External costs of the Belgian interurban freight traffic: a network analysis of their internalisation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7, 285–301.
- Bjerkan, K.Y, O.A. Hjelkrem, A. Bjørgen (2019) Hjemlevering av mat og dagligvarer i Oslo og Akershus. SINTEF rapport 00654/2019.
- Boerkamps J. og A. Van Binsbergen (1999) GoodTrip - A new approach for modeling and evaluation of urban goods distribution. I: Taniguchi E, Thompson RG, redaktører. *City Logistics I*. Kyoto: Institute for City Logistics; 1999, s. 175-196.
- Bozzo, R., Conca, A. og F. Marangon (2014). Decision support system for city logistics: literature review, and guidelines for an ex-ante model. *Transportation Research Procedia*, 3, 518–527.
- Browne M., Allen J., Nemoto T., Patier, D. og J. Visser (2012) Reducing social impacts of urban freight transport: A review of some major cities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 19-33.

- Browne M., Allen J., Nemoto T., og J. Visser (2010) Light goods vehicles in urban areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, 5911-5919.
- Cardenas, I., Beckers, J. og T. Vanelslander (2017) E-commerce last-mile in Belgium: Developing an external cost delivery index. *Research in Transportation Business and Management*, 24, 123-129.
- Chiara, G.D. og L. Cheah (2017) Data stories from urban loading bays. *European Transport Research Review*, 9:50.
- Comi, A. og L. Rosati (2015) CLASS: a DSS for the analysis and the simulation of urban freight systems. *Transportation Research Procedia*, 5, 132-144.
- Craighill, A.L. og J.C. Powell (1996) Life cycle assessment and economic evaluation of recycling: a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 17, 75-96.
- Cyclelogistics. (2017). Monitoring and Evaluation Report Cyclelogistics Ahead. Project 2014 - 2017. D5.3. Cyclelogistics Ahead – moving Europe forward. www.cyclelogistics.eu
- De Langhe, K. (2017) The importance of external costs for assessing the potential of trams and trains for urban freight distribution. *Research in Transportation Business & Management*, 24, 114-122.
- de Vos, D. og J. van Ommeren (2018) Parking occupancy and external walking costs in residential parking areas. *Journal of transport economics and policy*, 52, 221–238.
- Eidhammer, O., Johansen, B.G., og J. Andersen (2016) Comparing deliveries to on-street consignees and consignees located at shopping centers. 6th Transport Research Arena April 18-21, 2016
- Estrada, M., Campos-Cacheda, J-M. og F. Robuste (2018) Night deliveries and carrier-led consolidation strategies to improve urban goods distribution. *Transport*, 33, 930-947.
- Falsini, D., Fumarola, A. og M.M. Schiraldi (2009) Sustainable transport systems: dynamic route optimization for a last-mile distribution fleet. *International Conference on Sustainable Development*, Bari, Italia.
- Figliozzi, M., Saenz, J. og J. Faulin (2020) Minimization of urban freight distribution lifecycle CO_{2e} emissions: Results from an optimization model and a real-world case study. *Transport policy*, 86, 60-68.
- Filippi, F., Nuzzolo, A., Comi, A. og P.D. Site (2010) Ex-ante assessment of urban freight transport policies. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 6332-6342.
- Flugel, S., Halse, A., Hulleberg, N., Jordbakke, G.N., Veisten, K., Sundfør, K.B. og Kouwenhoven, M (2019) Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer. Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2019. TØI rapport 1662/2019.
- Gaines, L. og T. Levinson (2011) *Idling – Cruising the Fuel Inefficiency Highway*, Argonne National Laboratory (ANL), United States (2011)
- Gaines, L., Vyas, A og J.L. Anderson (2006) Estimation of fuel use by idling commercial trucks. *Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board*, 1983 (-1) (2006), pp. 91-98
- Groot, J., Bing, X., Bos-Brouwers, H. og J. Bloemhof-Ruwaard (2014) A comprehensive waste collection cost model applied to post-consumer plastic waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 85, 79-87.
- Halse, A., Mjøsund, C., Killi, M., Flugel, S., Jordbakke, G.N., Hovi, I.B., Kouwenhoven, M. og G. de Jong (2019) Bedrifters verdsetting av raskere og mer pålitelig transport. TØI rapport 1680/2019.
- Hareland A., M. Lippestad, C. Evju (2018). *Norconsult rapport 5173457*.

- Holguín-Veras, J., Encarnación, T., González-Calderón, C.A., Winebrake, J., Kyle, S., Herazo-Padilla, N., Kalahasthi, L., Adarme, W., Cantillo, V., Yoshizaki, H., og R.A. Garrido (2018) Direct impacts of off-hour deliveries on urban freight emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 84-103.
- Gorcun, O.F. (2014) Efficiency analysis of cargo tram for city logistics compared to road freight transportation: A case study of Istanbul city. *Business Logistics in Modern Management 2014, 14th International Scientific Conference - Osijek, Croatia*.
- Grønland, S.E. (2011) Kostnadsmodeller for transport og logistikk. TØI-rapport 1127/2011.
- Grønland, S.E. (2018) Kostnadsmodeller for transport og logistikk – basisår 2016. TØI-rapport 1638/2018).
- Guo, S-P. (2007) Internalization of transportation external costs: Impact analysis of logistics company mode and route choice. *Transportation Planning and Technology*, 30, 147-165.
- Inci, E. (2015) A review of the economics of parking. *Economics of transportation*, 4, 50-63.
- Inci, E., van Ommeren, J. og M. Kobus (2017) The external cruising costs of parking. *Journal of Economic Geography*, 17, 1301–1323.
- Jacob, A., Craig, J.L. og G. Fisher (2006) Transport cost analysis: a case study of the total costs of private and public transport in Auckland. *Environmental Science and Policy*, 9, 55-66.
- Janic, M. (2007) Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Transportation Research Part D: transport and Environment*, 12, 33-44.
- Johansen, B.G., Andersen, J. og T. Levin (2014) Effekt- og konsekvensanalyse av tiltak relevante for Oslo – Forhåndsevaluering av tilgang til vareleveringslommer og alternative leveringstidspunkt. TØI rapport 1338/2014.
- Just, R.E og R.D. Pope (1979) Production function estimation and related risk consideration. *American Journal of Agricultural Economics*, 61, 276-284.
- Katowska, I. (2013) Method of assessing the impact of Polish container terminals in reducing the external costs of transport. *Promet – Traffic&Transportation*, 25, 73-80.
- Koning, M. og A. Conway (2016) The good impacts of biking for goods: Lessons from Paris city. *Case Studies on Transport Policy*, 4, 259-268.
- Kragh, J., Andersen, B. og J. Jakobsen (1982) Environmental noise from industrial plants. General prediction method. Rapport 32, Danish Acoustical Laboratory
- Leonardi, J. Browne, M., Allen, J., Zunder, T. og P.T. Aditjandra (2014) Increase urban freight efficiency with delivery and servicing plan. *Research in Transportation Business & Management*, 12, 73-79.
- Malecki, K., Iwan, S. og K. Kijewska (2014) Influence of intelligent transportation systems on reduction of the environmental negative impact of urban freight transport based on Szczecin example. *Procedia – Social and Behavioral sciences*, 151, 215-229.
- Mayeres, I., Ochelen, S. og S. Proost (1996) The marginal external costs of urban transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2, 111-130.
- Melo, S. og P. Baptista (2017) Evaluating the impacts of using cargo cycles on urban logistics: Integrating traffic, environmental and operational boundaries. *European Transportation Research Review*, 9-30.

- Melo, S., Baptista, P. og A. Costa (2014) "The cost and effectiveness of sustainable city logistics policies using small electric vehicles", *Sustainable Logistics (Transport and Sustainability, Vol. 6)*, Emerald Group Publishing Limited, pp. 295-314.
- Miljødirektoratet (2014) Veileder til retningslinje T-1442. Behandling av støy i arealplanleggingen. M-128.
- Mirhedayatian, S.M. og S. Yan (2018) A framework to evaluate policy options for supporting electric vehicles in urban freight transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 22-38.
- Morillo, C. og J.M. Campos (2014) On-street illegal parking costs in urban areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160, 342-351.
- Mostert, M. og S. Limbourg (2016) External costs as a competitiveness factor for freight transport – State of the art. *Transport Reviews*, 36, 692-712.
- Mostert, M. Caris, A. og S. Limbourg (2017) Road and intermodal transport performance: the impact of operational costs and air pollution costs. *Research in Transportation Business & Management*, 23, 75-85.
- Nenseth, V. og B. Klimek (2019) Mobilitetsendringer som følge av nye handelskonsepter. TØI rapport 1720/2019.
- NTP (2018) Bylogistikk. Hentet fra:
https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan/nasjonal-transportplan-2022-2033/tverretatlige-utredninger/attachment/2685762?ts=16a8d28c708&fast_title=Bylogistikk+-+delrapport+NTP+2022-2033.pdf
- Nævestad, T-O., Blom, J., og R.O Phillips (2018) Sikkerhetskultur, sikkerhetsledelse og risiko i godstransportbedrifter på veg. TØI rapport 1659/2018.
- Ortolani, C. Persona, A. og F. Sgarbossa (2011) External cost effects and freight modal choice: research and application. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 14, 199-220.
- Palmer, A. og M. Piecyk (2010) Time, cost and CO2 effects of rescheduling freight deliveries Towards the Sustainable Supply Chain: Balancing the Needs of Business, Economy and the Environment.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.408.7211&rep=rep1&type=pdf>
- Papoutsis, K. Dewulf, W., Vanelslander, T. og E. Nathanail (2018) Sustainability assessment of retail logistics solutions using external costs analysis: a case-study for the city of Antwerp. *European Transport Research Review*, 10-34.
- Ranieri, L, Digiesi, S., Silvestri, B. og M Roccotelli (2018) A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction vision. *Sustainability*, 10, 782.
- Rødseth, K.L. (2017) "Productivity growth in urban freight transport: An index number approach", *Transport Policy*, 56, 86-95
- Rødseth, K.L., Wangsness, P.B., og R. Klæboe (2017) Marginale eksterne kostnader ved havnedrift, TØI rapport 1590/2017
- Rødseth, K.L., Wangsness, P.B, Veisten, K., Høye, A.K., Elvik, R., Klæboe, R., Thune-Larsen, H., Fridstrøm, L., Lindstad, E., Rialland, A., Odolinski, k. og J.E. Nilsson (2019) «Eksterne skadekostnader ved transport i Norge - Estimer av marginale skadekostnader for person- og godstransport». TØI rapport 1704/2019
- Slavik, R. og J. Gnap (2019) Selected problems of night - time distribution of goods within city logistics. *Transportation Research Procedia* 40, 497-504.

- Statens vegvesen (2018) Håndbok V712. Konsekvensanalyser. Vegdirektoratet, Oslo.
- Taniguchi, E. og Rob van der Heijden (2000) An evaluation methodology for city logistics. *Transport Reviews*, 20, 65-90.
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K.L., og R. Klæboe (2014) «Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk», TØI rapport 1307/2014
- Urzua-Morales, J.G., Sepulveda-Rojas, J.P., Alfaro, M., Fuertes, G., Ternero, R. og M. Vargas (2020) Logistics modeling of the last mile: Case study Santiago, Chile. *Sustainability*, 12, 648.
- Vaghi, C. og M. Peroco (2011) City logistics in Italy: Success factors and environmental performance. I: *City Distribution and Urban Freight Transport*, Edward Elgar Publishing.
- van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schrotten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., Brambilla, M., Fiorello, D., Fermi, F., Parolin, R., og K.E. Beyrouy (2019) “Handbook on the external costs of transport”, European Union, doi: 10.2832/27212
- van Ommeren, J. og M. McIvor (2018) The Marginal External Costs of Street Parking, Optimal Pricing and Supply: Evidence from Melbourne. Workingpaper hentet fra <https://ieb.ub.edu/wp-content/uploads/2019/01/van-Ommeren-paper.pdf>
- van Ommeren, J., Wentink, D. og J. Dekkers (2011) The real price of parking policy. *Journal of Urban Economics*, 70, 25-31.
- Wang, X., Zhou, Y., Goevaers, R., Holguin-Veras, J., Wojtowicz, J., Campbell, S., Miguel, J. og R. Webber (2013) Feasibility of installing noise reduction technologies on commercial vehicles to support off-hour deliveries. New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA) and New York State Department of Transportation (NYSDOT): <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/26913>
- Wang, Z., Tsai, Z., Fu, J., Zhao, L. og L. Yang (2017) Internalization of negative external cost of green logistics and incentive mechanism. *Advances in Mechanical Engineering*, 9, 1-12.
- Wangsnæs, P.B. Proost, S. og K.L. Rødseth (2020) “Vehicle choices and urban transport externalities. Are Norwegian policy makers getting it right?” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102384
- Zhang, J., Lam, W.H.K. og B.Y. Chen (2013) A stochastic vehicle routing problem with travel time uncertainty: Trade-off between cost and customer service. *Networks and Spatial Economics* 13, 471–496 (2013).
- Ørving, T., Wesenberg, G.H., Weber, C. og S.A. Jensen (2020) Evaluering av varedistribusjon med elektrisk lastesykkel i Bergen og Oslo, TØI rapport 1760/2020.

6 Vedlegg A

Litteraturstudie om eksterne kostnader i logistikk

Studie	Tema	Kostnadskomponenter	Metode	Data	Resultater
Alessandrini mfl (2012)	Bruk av forsending med tog fra terminal til depot	Utslipp til luft (CO ₂ , HC, NO _x , PM, SO ₂)	Scenarioanalyse av transport av fisk i Roma	Utslippsfaktorer og verdsetting fra Centre for Transport and Logistics, university of Rome "La Sapienza"	Togtransport gir store besparelser i eksterne kostnader, relativt til veitransport
Allen et al. (2008a)	Estimering av eksterne kostnader ved bruk av lette godsbiler	Utslipp til luft (CO ₂ , VOC, NO _x , PM, SO ₂), støy, ulykker, kø og infrastrukturslitasje	Regnearksmodell for eksterne kostnader	Marginale kostnadsestimater per kilometer fra Departement for Transport	Lette godsbiler medfører kostnader på 6,8-7,8 billion pund, og grad av internalisering er på 53 prosent
Allen et al. (2008b)	Estimering av eksterne kostnader ved bruk av lette og tunge godsbiler i London	Utslipp til luft (CO ₂ , VOC, NO _x , PM, SO ₂), støy, ulykker, kø og infrastrukturslitasje	Regnearksmodell for eksterne kostnader	Marginale kostnadsestimater per kilometer fra Departement for Transport	Lette godsbiler medfører kostnader på 1,75-1,8 billion pund, og grad av internalisering er 26-27 prosent
Alves et al. (2019)	Studie av leveringsautomat (delivery locker) til sisteleddsdistribusjon	Samlesats for støy, utslipp til luft og kø	Agent-basert simuleringsmodell	Aggregerte kostnadsestimater basert på EUs håndbok	Leveringsskap reduserer antallet re-leveringer og reduserer behovet for varebiler/kilometer

Ambrosino et al. (2019)	Minimering av transportkostnader i en nettverksmodell	Utslipp til luft (CO ₂ , CO, HC, NO _x) og ulykker	Kostnadsminimering i nettverksmodell	Eksterne kostnader utledet basert på EUs håndbok og spansk studie	Fokus på optimering, med case studie for Italia
Austin (2015)	Diskusjon av virkemidler for internalisering	Infrastruktur/slitasje, kø, ulykker, utslipp til luft (CO ₂ , NO _x , PM)	Simuleringsmodell	Eksterne kostnader hentet primært fra Government Accountability Office	Internalisering ville gitt 3,6 skift i tonnmi fra vei til bane, og 0,8 prosent reduksjon i tonnasje
Beuthe mfl. (2002)	Kartlegging av eksterne kostnader i Belgisk godstransport og simulering av Pigou-skatt	Infrastruktur/slitasje, kø, ulykker, støy og utslipp til luft (PM,NO _x , VOC, SO ₂ CO, CO ₂)	NODUS virtuell nettverk metodologi	Kombinering av flere kilder/studier fra litteraturen om eksterne kostnader ved transport	Totale eksterne kostnader på 2 billion ECU i 1995. Potensiale for innsparing av 500 millioner ECU ved marginalkostnadsprising.
Boerkamps og Binsbergen (1999)	Transportmodellering og scenarioanalyse (byterminal og undergrunnsleveranser)	Utslipp til luft (SO ₂ , NO _x , CO,CO ₂)	Bruk av utslippsfaktorer	Ikke dokumentert	Undergrunndistribuering gir størst utslippsbesparelser, mens konsolidering kan øke utslipp i by for varetyper med store volumer og høy effektivitet
Bozzo mfl. (2014)	Beslutningsstøtte for bylogistikk	Ulykker, utslipp til luft, støy og kø	Kun drøfting	Kun drøfting	Oppsummering av studier om eksterne kostnader i EU-prosjekter
Browne mfl. (2010)	Kartlegging av økonomiske, sosiale og miljøvirkninger av lette godsbiler	Støy, vibrasjoner og infrastrukturelitasje, samt utslipp til luft	Drøfting, men beskriver utslippsfaktorer etter kohort	Utslippsfaktorer fra Department for Transport	Kun generell drøfting.

Browne mfl. (2012)	Evaluering av tiltak for å redusere negative effekter av bylogistikk	Støy, lokal og global luftforurensing, kø og ulykker	Drøfting av negative konsekvenser og gjennomgang av politikk i 4 land	Ikke relevant	Artikkelen viser mangfoldet i bruken av instrumenter
Cardenas mfl. (2017)	Evaluering av miljøkonsekvenser av e-handel	Kø, ulykker, lokal og global luftforurensing og støy	Utvikling av metodikk for å beregne eksterne kostnader per pakke	Data om pakkeleveranser fra transportør. Eksterne kostnadsestimater fra litteraturen.	E-handel per capita er mer omfattende og eksterne kostnader per pakke er høyere i rurale enn urbane strøk.
Comi og Rosati (2015)	Beskrivelse av beslutningsstøttesystem for bylogistikk	Ulykker og utslipp til luft	Utslipp estimert basert på COPERT. Ulykkesmodell basert på infrastrukturkaraktistikker og kontroll (f.eks. trafikklys).	Ikke oppgitt	Eksempelberegninger viser at spatial fordeling av varehandel kan minimere transport- og eksterne kostnader.
Craighill og Powell (1996)	Livsløpsanalyse av resirkulering	Utslipp til luft, ulykker og køkostnader	Bruk av satser for eksterne kostnader og ulykkesfrekvenser	Satser fra Fankhauser, EU, Department of Transport og Newberry	Økonomisk evaluering gir netto gevinster for resirkulering sammenliknet med avfallshåndtering.
De Langhe (2017)	Artikkelen identifiserer og viser beregninger av eksterne kostnader for tog og trikk brukt i bylogistikk.	Ulykker, lokal og global luftforurensing, kø, infrastrukturkostnader og støy.	Maksimum og minimumsverdi for eksterne kostnader basert på litteratursammenstilling.	Ikke relevant	Sammenstillingen danner grunnlag for nytte-kostnadsanalyse av skinnegående trafikk i bylogistikk.
Estrada mfl. (2018)	Evaluering av nytte og kostnader ved nattlevering	Utslipp til luft	Analytisk modell til å beregne transportkostnads- og utslippsendringer	Utslippsfaktorer fra EMEP/EEA og eneprispriser fra SENDECO ₂ og Holland mfl.	Nattdistribusjon presterer generelt bedre enn konsolideringstiltak.

Falsini mfl. (2009)	Evaluering av reduksjon av eksterne kostnader ved ruteoptimering	Utslipp til luft, støy, kø og ulykker	Optimeringsmodell (Vehicle Routing Problem)	Samlesats for eksterne kostnader per km fra Maibach mfl	Optimering kan gi besparelser på 290 000 euro/år i case-studien av et 3-PL firma.
Filippi mfl. (2010)	Metodikk for ex-ante evaluering av tiltak	Utslipp til luft	Etablering av ex-ante metodikk	COPERT-data om utslipp	Studie fra Roma viser at distribusjonssenter er effektivt i å redusere utslipp.
Gorcun (2014)	Sammenlikning av varetrikk og veitransport	Utslipp til luft	Nytte-kostnadsanalyse	Energiforbruk og enhetspriser fra ulike kidler	Case studie fra Istanbul indikerer at skinnegående trafikk gir lavere eksterne kostnader enn veitrafikk
Groot mfl. (2014)	Sammenlikning av ulike løsninger for sortering av plastavfall	Utslipp til luft	Kostnadsmodell for avfallshåndtering	Utslippsfaktorer fra Defra og karbonpriser fra EUs kvotemarked	Sortering på avfallsdepot har lavere kostnader enn husholdningssortering
Guo (2007)	Studie av rute- og transportmiddelvalg i bylogistikk	Utslipp til luft	Optimering med beregning av utslipp per lenke og prising av utslippskostnader	Utslippsfaktorer fra Chen mfl	Illustrasjon av effekter av internalisering mht rute- og transportmiddelvalg
Jakob mfl. (2006)	Beregning av interne og eksterne kostnader ved transport i Auckland	Ulykker og lokal og global luftforurensing	Metodikk for beregning av eksterne kostnader	Omfattende enhetsprisberegninger basert på flere kilder	Eksterne kostnader utgjør -2.23% av Aucklands BNP, og privat transport genererte 28 ganger mer eksterne kostnader enn kollektivtransport
Janic (2007)	Sammenlikning av interne og eksterne	Utslipp til luft, kø, støy og ulykker	Utvikling av metodikk for å sammenlikne kostnader mellom transportmåter	Eksterne kostnader ved elektrisitetsbruk ved terminaler fra EU	Kostnadene faller med dør-til-dør distanse.

	kostnader ved vei- og multimodal transport				Skalafordeler i multimodal transport
Koning og Conway (2016)	Kvantifisere reduksjon i eksterne kostnader ved transportsyklus i Paris	Global og lokal luftforurensing, støy og kø	Metodikk for beregning av eksterne kostnader	Anslag på CO ₂ fra strømproduksjon fra CITEPA	Årlige besparelser på 0,8 mEuro, drevet av reduksjoner i lokal luftforurensing og kø.
Leonardi mfl. (2014)	Vurdering av delivery and servicing plan (DSP)	Global luftforurensing	Bruk av beslutningsstøtteverktøy i casevurderinger	Utslippsfaktor fra DEFRA	Reduksjoner i kostnader og eksternaliteter på over 50% er vist i noen av casene
Malecki mfl. (2014)	Effekt av IKT mht effektiv bylogistikk i Szczecin	Global og lokal luftforurensing	Vurdering av potensiale basert på eksperimenter/intervjuer	Utslippsfaktorer fra EU	Anslått 23.18 % reduksjon i utslipp som følge av tiltaket
Mayeres mfl. (1996)	Beregning av eksterne kostnader ved transport i Brussel	Kø, ulykker, lokal og global luftforurensing og støy	Metodikk for eksterne kostnader	Data og resultater fra ExternE-prosjektet	Kostnader varierer mye etter i og utenfor rushtid og etter type kjøretøy. Køkostnader dominerer.
Melo og Baptista (2017)	Evaluering av fraktsyklus i Porto	CO ₂	Mikroskopisk transportmodell og scenarier	WTW-beregning av energi/utslipp	Transportsyklus gir opp til 25% reduksjon i eksterne kostnader i scenarioene.
Melo mfl. (2014)	Evaluering av bruk av små elektriske kjøretøy i bylogistikk	CO ₂	Mikroskopisk transportmodell og scenarier	Karbonpris fra IMPACT-prosjektet	Batteribiler er ikke privatøkonomisk attraktive.
Mirhed-ayatian og Yan (2018)	Evaluering av tiltak for å fremme elektriske kjøretøy i bylogistikk	Lokal og global luftforurensing og køkostnader	Optimeringsmodell og scenarier	Eksterne kostnader for elektrisitet og diesel fra Yan og Maibach mfl.	Sonebegrensninger kan øke logistikkostnader men gi sterkt reduserte eksterne kostnader. Drivstoffavgifter påvirker rutevalg.

Mostert og Limbourg (2016)	Litteraturoversikt over eksterne kostnader i godstransport	Lokal og global luftforurensing, støy, ulykker og kø	Litteraturstudie og matematisk modell	Sammenstilling av litteratur; se Tabell 1 i Mostert og Limbourg)	Det er et gap i utviklingen av matematiske modeller om eksterne kostnader ved godstransport
Mostert mfl. (2017)	Sammenlikne eksterne kostnader mellom vei- og multimodal transport	Utslipp til luft	Optimering	Enhetspriser fra Ricardo AEA	Markedsandelen til multimodal transport øker med prising av eksterne kostnader.
Ortolani mfl. (2011)	Eksterne kostnader og transportmiddelvalg	Lokal og global luftforurensing, kø, støy, ulykker, veislitasje, ressursforbruk, arealbrukkostnader, vannforurensing, avfall, trafikkservice og barrierer	Litteratursammendrag og kostnadsmodell	Se tabell 1 i studien for litteraturoversikt	Eksterne kostnader kan påvirke volumer og transportmiddelvalg.
Palmer og Piecyk (2010)	Redusert trengsel gjennom off-peak leveranser	CO ₂	Rutevalgsmoell	Sensordata for trafikkflyt	Off-peak leveranser kan gi store reduksjoner i kostnader og utslipp.
Papoutsis mfl. (2018)	Bærekraftsanalyse av tiltak innen bylogistikk	Ulykker, lokal og global luftforurensing, kø, infrastrukturkostnader og støy	Modell for eksterne kostnader og scenarioer	Eksterne kostnader basert på Delhaye mfl.	Tiltak som ikke krever store investeringer og intervensjoner vurderes som mest bærekraftig.
Ranieri mfl. (2018)	Eksterne kostnader i sisteleddsdistribusjon	Oversikt over alle komponenter i litteraturen	Litteraturstudie	Sammenstilling studier i tabell 2 i artikkelen	Det eksisterer gap i litteraturen
Taniguchi og van der Heijden (2000)	Evaluering av tiltak for bylogistikk	CO ₂ (koeffekter med i modell)	Simuleringsmodell med optimale rutevalg	Ikke oppgitt	Ruteplanlegging, samarbeid og lastvektkontroll er effektive virkemidler i å

					lutte kostnader og utslipp.
Urzua-Morales mfl. (2020)	Forberdet bylogistikk i Santiago, Chile	CO ₂	Optimering av terminallokasjon; Heuristikk for ruteoptimering	Utslipp fra Asociación Nacional Automotriz de Chile	Tiltak muliggjør reduksjon på 53 tonn CO ₂ per kvadratkilometer
Vaghi og Percoco (2011)	Evaluering av bylogistikk i Padua	Lokal og global luftforurensing	Nytte-kostnadsanalyse	Utslipp fra COPERT	Tiltak har positiv netto nytte
Wang mfl. (2017)	Kvantifisering av eksterne og interne kostnader i logistikk	Utslipp til luft; Ulykker; Støy; Forkastet pakkemateriale	Metodikk for eksterne kostnader; Modell for internalisering	Utslipp fra X Baoqiang	Økonomiske virkemidler fremmer grønn logistikk.

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 Forskningscenter 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 transport 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