Potentialen hos konsoliderade logistikflöden i urbana områden

En jämförelse av externa kostnader mellan nutidens och ett potentiellt framtida logistiksystem i Göteborg

Kandidatarbete inom Industriell ekonomi

Victor Alvbåge
Martin Cederqvist
David Welander
William Bai
Rebecca Ericsson
William Zingmark

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020
www.chalmers.se

Kandidatarbete TEKX04-20-23

Kandidatarbete TEKX04-20-23

Potentialen hos konsoliderade logistikflöden i urbana områden

En jämförelse av externa kostnader mellan nutidens och ett potentiellt framtida logistiksystem i Göteborg

The potential of consolidated deliveries in urban areas

A comparison of external costs between the present and a potential future freight system in Gothenburg

Victor Alvbåge
Martin Cederqvist
David Welander
William Bai
Rebecca Ericsson
William Zingmark

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
Avdelning för Science, Technology and Society
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020

Potentialen hos konsoliderade logistikflöden i urbana områden
En jämförelse av externa kostnader mellan nutidens och ett potentiellt framtida logistiksystem i Göteborg

Victor Alvbåge
Martin Cederqvist
David Welander
William Bai
Rebecca Ericsson
William Zingmark

© Victor Alvbåge, 2020
© David Cederqvist, 2020
© David Welander, 2020
© William Bai, 2020
© Rebecca Ericsson, 2020
© William Zingmark, 2020

Kandidatarbete TEKX04-20-23
Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2020
Gothenburg, Sweden 2020

FÖRORD

Denna rapport sammanfattar och beskriver vårt kandidatprojekt som genomförts under vårtermin 2020 på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Projektet är genomfört vid institutionen för Teknikens ekonomi och organisation och avdelningen för *Science, Technology and Society.*

Vi vill särskilt tacka vår externa handledare Sönke Behrends, projektledare i hållbar logistik och mobilitet på IVL Svenska Miljöinstitutet, för ett enormt engagemang genom samtliga moment i studien. I projektet har Sönke varit vägledande med sin kunskap och erfarenhet i ämnet och inte minst varit ständigt tillgänglig för rådgivning. Vi vill också tacka vår handledare Erik Bohlin, professor på institutionen för *Technology Management and Economics*, för stöd och inspiration i projektet. Dessutom vill vi tacka Iván Sánchez-Díaz, docent på institutionen *Service Management and Logistics*, för att ha bidragit med värdefull data.

The potential of consolidated deliveries in urban areas
A comparison of external costs between the present and a potential future freight system in Gothenburg

Victor Alvbåge
Martin Cederqvist
David Welander
William Bai
Rebecca Ericsson
William Zingmark

Department of Technology Management and Economics
Chalmers University of Technology

SUMMARY
The traffic situation in Gothenburg is under stress, with urban logistics both affecting and being affected by the vast number of vehicles. The freight demand is increasing from companies as well as households, along with a growing demand for delivery service. Hence, it is relevant to investigate and evaluate potential improvements, of which consolidation of logistic flows is a solution highlighted by the project SMOOTh. The aim of the project is to investigate the potential improvement when consolidating deliveries in a terminal system. Since the project is the first of its kind, it could constitute a foundation for continued work on the topic, which in turn could provide support for decisions on infrastructural investments and traffic regulations.

The method of the study is a case study consisting of both a survey made in Nordstan in Gothenburg, as well as secondary data about logistics in the relevant area. The method examines the current situation and a scenario with terminals in quantitative measures, which allows a comparison between the two. The calculations in the study do only take external costs into account. Therefore, it will not provide any conclusions regarding implementation or maintenance of the scenario.

The results show that a 35 % reduction of external costs is possible by implementing terminals. Furthermore, the numbers clearly indicate that the cost of congestion is the largest current external cost and subject for the largest reduction. However, further research in the area is advised in order to ascertain and generalize the results for different geographical areas. A determined result could act as support for change in infrastructure and regulations, hence enabling a better environment, more effective transports and improved delivery service.

Keywords: urban logistics, consolidation, external costs, intermodal transports.

Note: The report is written in Swedish.

SAMMANFATTNING
Göteborg har i dagsläget ett påfrestat trafiknät där urban logistik både bidrar till och påverkas av den stora mängden fordon. Efterfrågan på leveranser ökar från både verksamheter och hushåll, samtidigt som kravet på god leveransservice stiger. Därför är det nödvändigt och relevant att undersöka eventuella förbättringar. Konsolidering av logistikflöden med terminalsystem är en lösning som förväntas medföra förbättring och undersöks av ett antal aktörer inom projektet SMOOTh. Denna studie är en del av projektet SMOOTh och syftar till att undersöka den potentiella förbättringen vid implementering av ett terminalsystem i Göteborg innehållande en samlastningsterminal och en omlastningsterminal. Studien är den första av sitt slag och kan därmed ligga till grund för fortsatt arbete inom området, som i förlängningen kan ge underlag för politiska beslut kring infrastrukturella investeringar och regleringar inom trafiksektorn.

Metoden är utformad som en fallstudie innehållande både en enkätstudie genomförd i Nordstan i Göteborg samt insamling av sekundärinformation för det aktuella området. Till följd av frågeställningens kvantitativa karaktär är den data som behandlas i studien också kvantitativ. Genom att beräkna efterfrågan på lastenheter, antalet resulterande leveranser och vilka externa kostnader dessa medför, kunde det nuvarande logistiksystemet i Göteborg kartläggas. Därefter konstruerades ett scenario som representerar implementeringen av ett terminalsystem i Göteborg där en omräkning av systemets parametrar utifrån scenariot genomfördes. Detta för att kunna skapa jämförelsetal som besvarar frågeställningen. Beräkningarna tar endast hänsyn till de urbana logistiksystemens externa kostnader och ser inte till övriga kostnader relaterade till sådana system.

Studiens resultat visar på en minskning av externa kostnader med 35 % vid implementering av ett terminalsystem i Göteborg jämfört med nuläget. Det framgår tydligt att trängselkostnader utgör den största kostnaden och därigenom innehar den största förbättringsfaktorn. Däremot rekommenderas att vidare forskning genomförs på flertalet områden för att fastställa och generalisera resultatet över flera geografiska områden. Ytterligare resultat i enlighet med studien skulle kunna bidra till en förändring av infrastruktur och regleringar och därmed leda till bättre stadsmiljö, effektivare transporter och en bevarad leveransservice.

Nyckelord: urban logistik, konsolidering, externa kostnader, intermodala transporter.

Notera: Rapporten är skriven på svenska.

Innehållsförteckning

Figurförteckning ..... *III*

Tabellförteckning ..... *III*

Termer och begrepp ..... *V*

1 Inledning *1*

1.1 Bakgrund **1**

1.2 Problemformulering **2**

1.3 Syfte **2**

1.4 Frågeställning **3**

1.5 Avgränsningar **3**

1.6 Antaganden **4**

1.6.1 Antaganden kring fordon 4

1.6.2 Antaganden kring efterfrågan 4

1.6.3 Antaganden kring last och leveranser 4

2 Teoretiskt ramverk *6*

2.1 Hållbarhet i samhället **6**

2.2 Externa kostnader från urban logistik **7**

2.3 Externa kostnader från transporter **7**

2.3.1 Trängselkostnader 8

2.3.2 Olyckskostnader 8

2.3.3 Bullerkostnader 9

2.3.4 Kostnader för koldioxidutsläpp 9

2.3.5 Luftföroreningskostnader 9

2.4 Efterfrågad mängd gods och antal leveransturer **10**

2.5 Systemlösningar för hållbar urban logistik **11**

2.5.1 Terminalsystem med sam- och omlastningsterminaler 11

2.5.2 Andra möjliga systemlösningar för hållbar urban logistik 13

3 Metod *15*

3.1 Metodansats **15**

3.2 Enkätstudie **15**

3.2.1 Utformning av enkätstudie 16

3.3 Efterfrågan på lastenheter **18**

3.3.1 Antal leveranser per dag och mottagarkategori 18

3.3.2 Antal lastenheter per leverans och mottagarkategori 20

3.3.3 Antalet efterfrågade lastenheter per dag 21

3.4 Resulterande leveransturer **21**

3.4.1 Lastenheter per leveranstur 21

3.4.2 Trafikfördelning 22

3.4.3 Resulterande antal leveransturer per dag 22

3.5 Externa kostnader **22**

3.5.1 Vägkategori och trafikmängd under en genomsnittlig leveranstur 23

3.5.2 Kostnad för emissioner per leveranstur ... 23
3.5.3 Trafikrelaterade kostnader per leveranstur ... 24
3.5.4 Totala externa kostnader per dag ... 26
3.6 Implementering av terminalsystem ... 26
3.6.1 Nya transportsträckor ... 26
3.6.2 Antal leveransturer per dag ... 28
3.6.3 Totala externa kostnader per dag vid implementering av terminalsystem ... 28
3.7 Metoddiskussion ... 28
4 Resultat ... 32
4.1 Efterfrågan på lastenheter ... 32
4.1.1 Antal leveranser per dag och mottagarkategori ... 32
4.1.2 Antal lastenheter per leverans och mottagarkategori ... 33
4.1.3 Antal efterfrågade lastenheter per dag ... 33
4.2 Resulterande leveransturer ... 33
4.2.1 Lastenheter per leveranstur ... 34
4.2.2 Trafikfördelning ... 34
4.2.3 Resulterande antal leveransturer per dag ... 34
4.3 Externa kostnader ... 34
4.3.1 Vägkategori och trafikmängd under en genomsnittlig leveranstur ... 34
4.3.2 Kostnad för emissioner per leveranstur ... 35
4.3.3 Trafikrelaterade kostnader per leveranstur ... 36
4.3.4 Totala externa kostnader per dag ... 38
4.4 Implementering av terminalsystem ... 39
4.4.1 Nya transportsträckor ... 39
4.4.2 Antal leveransturer per dag ... 39
4.4.3 Totala externa kostnader per dag vid implementering av terminalsystem ... 41
4.5 Jämförelse mellan nuläget och med terminalsystem ... 42
5 Analys ... 45
5.1 Leveransbehovet till områdets verksamheter och hushåll ... 45
5.2 Hantering av leveransbehovet i nuvarande logistiksystem och vid samlastning ... 45
5.3 Externa kostnader i nuvarande logistiksystem och vid samlastning ... 46
5.3.1 Transportsträckan ... 46
5.3.2 Trängsel ... 47
5.3.3 Olyckor ... 47
5.3.4 Buller ... 47
5.3.5 Koldioxid ... 47
5.3.6 Luftföroreningar ... 48
6 Diskussion ... 49
6.1 Diskussion av resultat ... 49
6.2 Projektet i relation till FN:s globala mål ... 50
6.3 Rekommendationer för vidare forskning ... 51
7 Slutsats ... 53
Litteraturförteckning ... 54
Bilagor ... I

Bilaga 1 – Karta över området Inom Vallgraven, inkl. postnummer I

Bilaga 2 – Beräkningar II

Variabler II
Steg 1: Antal leveranser per dag och mottagarkategori IV
Steg 2: Antal lastenheter per leverans och mottagarkategori IV
Steg 3: Antal efterfrågade lastenheter per dag IV
Steg 4: Antalet lossade lastenheter per tur IV
Steg 5: Resulterande antal leveransturer per dag IV
Steg 6: Kostnad för emissioner per leveranstur IV
Steg 7: Trafikrelaterade kostnader per leveranstur V
Steg 8: Totala externa kostnader per dag V

Bilaga 3 – Utökade resultat V

Figurförteckning

Figur 2.1 Nuvarande logistiksystem i Göteborg utan implementering av terminalsystem. 12
Figur 2.2 Logistikflöden vid implementering av terminalsystem 12
Figur 3.1 Karta över Göteborg indelat i tio zoner 18
Figur 3.2 Leveransturerna efter implementering av terminalsystem. Svarta turer representerar ”pall/rullbur” och bruna dito ”paket/annat”. 27
Figur 4.1 Flödesschema för beräkningar i resultatkapitlet. 32
Figur 4.2 Externa kostnader per dag i nuläget för respektive fordonskategori 38
Figur 4.3 Externa kostnader per dag i nuläget 38
Figur 4.4 Externa kostnader per dag med ett terminalsystem för respektive fordonskategori. 41
Figur 4.5 Externa kostnader per dag med ett terminalsystem 42
Figur 4.6 Externa kostnader per dag i nuläget respektive vid implementering av ett terminalsystem 43

Tabellförteckning

Tabell 3.1 Samtliga 31 frågor som ligger till grund för den genomförda undersökningen indelade i tre kategorier. 17
Tabell 3.2 Tolkning av vägkategori för trängselkostnader från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade vägkategorier. 25
Tabell 3.3 Tolkning av trafikmängd för trängselkostnader från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade trafikmängder. 25
Tabell 3.4 Tolkning av vägkategori för olyckskostnader från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade vägkategorier. 25
Tabell 3.5 Tolkning av miljö för bullerkostnader för LDV från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade vägkategorier. 26
Tabell 3.6 Tolkning av trafikmängd för bullerkostnader för LDV från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade Trafikmängd 26
Tabell 4.1 Antalet mottagare inom varje mottagarkategori i området Inom Vallgraven. 32
Tabell 4.2 Antalet leveranser varje verksamhetskategori genererar i genomsnitt per dag. *Sánchez-Díaz, **NOVELOG 32
Tabell 4.3 Antalet leveranser varje hushåll genererar i genomsnitt per dag. 33
Tabell 4.4 Antalet lastenheter som varje mottagarkategori får per leverans. 33
Tabell 4.5 Antal lastenheter som respektive mottagarkategori efterfrågar per dag. 33
Tabell 4.6 Antalet lastenheter per leveranstur som levereras i området Inom Vallgraven. 34

Tabell 4.7 Fördelningen av fordonsklass, aktör och dess inbördes fördelning av utsläppsklasser. 34
Tabell 4.8 Totalt antal leveransturer per dag för respektive aktör, fordons- och utsläppsklass. 34
Tabell 4.9 En genomsnittlig leveransturs transportsträcka i kilometer. 35
Tabell 4.10 Mängden emissioner i gram som den urbana logistiken orsakar per leveranstur. 35
Tabell 4.11 Kostnaden för emissioner i kronor per gram utifrån vägkategori 36
Tabell 4.12 Kostnad per tur för respektive emissionskategori 36
Tabell 4.13 Värden för respektive trafikrelaterad kostnad i kronor per kilometer. 37
Tabell 4.14 Trafikrelaterade kostnader per tur. 37
Tabell 4.15 Total kostnad per dag för respektive extern kostnad i nuläget. 38
Tabell 4.16 Genomsnittlig transportsträcka till omlastningsterminalen. 39
Tabell 4.17 Genomsnittlig transportsträcka från samlastningsterminal till omlastningsterminal som transporterar ”paket/annat”. Beräknas enbart för MDV 3PL eftersom matartransporterna antas vara samlastade MDV:s. 39
Tabell 4.18 Genomsnittlig transportsträcka från samlastningsterminalen till slutkund som efterfrågar ”pall/rullbur”. 39
Tabell 4.19 Antal turer per dag som kör direkt från avsändare till slutkund (ingen förändring i transportsträcka jämfört med nuläget). Motsvarar 25 % av nulägets turer. 40
Tabell 4.20 Antal turer per dag som kör till samlastningsterminalen, motsvarar 75 % av nulägets turer, samt antal lastenheter för dessa. 40
Tabell 4.21 Antal turer per dag från samlastnings- eller omlastningsterminal till slutkund. 40
Tabell 4.22 Respektive extern kostnad per dag efter implementering av terminaler. 41
Tabell 4.23 Jämförelse mellan de externa kostnaderna i kronor per dag mellan nuläget och efter implementering av ett terminalsystem. 42
Tabell 4.24 Förbättringspotentialen i kronor per dag av implementering av ett terminalsystem. 42
Tabell 4.25 Jämförelse mellan samtliga transportsträckor summerade under en dag mellan nuläget och efter implementation av ett terminalsystem. 44

Termer och begrepp

1PL (förstapartslogistiker) - Ett säljande företag utför själv de logistiska funktionerna relaterade till den fysiska leveransen av gods, såsom leverans av varor.

3PL (tredjepartslogistiker) - En tredje part (exempelvis DHL, Schenker eller Postnord) tar över logistiska funktioner relaterade till den fysiska leveransen av gods.

Angöring - Parkering och lastning eller lossning av gods.

Bomkörning - Leverans som inte kan fullföljas eftersom mottagaren inte är på plats för att ta emot varan (vid leverans mot kvittens), vilket därmed genererar ytterligare transporter.

Emissioner - Utsläpp från fordon. I denna studie avhandlas utsläpp av koldioxid och luftföroreningar som emissioner.

Externa kostnader - Uppstår när en aktörs ekonomiska aktiviteter påverkar en annan oberoende aktör, utan att dessa är fullt kompenserade för av den första aktören. I denna studie avhandlas externa kostnader för trängsel, olyckor, buller samt för utsläpp av koldioxid och luftföroreningar som transporter orsakar.

Lastenhet - Kategori av gods, exempelvis pall, paket och rullbur.

LDV "Light Duty Vehicle" (lätt lastbil) - Fordonsklass med en maximal totalvikt på 3500 kg och längd upp till cirka 7 meter.

LEFV, "Light Electric Freight Vehicle" (mindre eldrivet transportfordon) - Mindre eldrivet fordon för transport av paket i stadskärnan, t.ex. elektriska mikrovans eller elektriska lastcyklar.

Luftföroreningar - En undergrupp av emissioner som påverkar miljön lokalt. I denna studie avhandlas luftföroreningarna kväveoxid (NO_X), svaveldioxid (SO_2), flyktiga organiska ämnen utom metan (NMVOC, "Non Methane Volatile Organic Compounds") och luftburna partiklar (PM).

Matartransport - Transport av konsoliderat gods mellan samlastnings- och omlastningsterminaler.

MDV "Medium Duty Vehicle" (medeltung lastbil) - Fordonsklass med en totalvikt mellan 3500 kg - 28 000 kg och längd mellan 7–12 meter.

Nattleverans - Leverans som sker då trafikintensiteten är låg: sen kväll, nattetid eller tidig morgon.

Ombudsleverans - Leverans som sker till ett utlämningsställe (se utlämningsställe).

Omlastningsterminal - Terminal placerad i en stadskärna. Här dekonsolideras godset efter matartransport för att lastas om på LEFV för fortsatt transport till mottagaren.

Samlastningsterminal - Terminal placerad utanför stadskärna. Hit levereras gods av distributörer för att konsolideras i mer effektiva transportfordon för fortsatt transport till stadskärnan.

Sista-kilometer-transport - Del av total transport som sker i stadskärnan mellan omlastning och angöring.

Sista-meter-transport - Del av total transport som sker i stadskärnan mellan angöring och mottagande.

Terminalsystem - I denna studie definierat som ett system med omlastnings- och samlastningsterminaler som integrerar flera transportslag, t.ex. lastbilar och LEFV:s.

Trafikrelaterade kostnader - En undergrupp av externa kostnader och innefattar kostnader för trängsel, olyckor och buller från logistiska transporter.

Urban logistik - Logistik i tätbebyggda områden.

Utlämningsställe - Plats för mottagande och utskick av gods och som innebär att mottagaren själv står för sista-meter-transporten.

Utsläppsklasser - Klassificering av fordon utifrån mängden utsläpp av luftföroreningar. Indelningen sker utifrån klasserna Euro 1 - Euro 6, samt 2000, 2005, 2008, EEV, El och Hybrid.

1 Inledning

Den ökade urbaniseringen i samhället leder till utmaningar inom logistikbranschen. I takt med urbaniseringen ökar konflikten mellan effektiva transporter och hållbarhet i städerna. En av de största utmaningarna för framtidens städer kommer därför vara att både erbjuda stadens invånare en attraktiv och hållbar stadsmiljö och samtidigt skapa förutsättningar för effektiva transporter. (Behrends, 2011).

Utöver detta har e-handelns framfart under 2000-talet (Postnord, 2019) inneburit en omställning för transportsektorn. Genom att inköpen alltmer sker via internet skapas behov av effektiva logistiksystem som beaktar samhälleliga aspekter (Behrends, 2020). Särskilt framträdande är behoven i storstäder som ofta utgör slutdestinationen för det gods som transporteras, samtidigt som infrastrukturen inte är anpassad för den trafik näthandeln ger upphov till (Behrends, 2020).

Situationen problematiseras ytterligare av att logistisk kundservice blir ett konkurrensmedel, då företag genom minimerade leveranstider eftersträvar ökad servicenivå (Jonsson & Mattsson, 2016). Enligt Behrends (2020) förhindrar minimerade ledtider användningen av metoder såsom ruttoptimering och samlastning för att effektivisera transporter vilket genererar överflödiga transporter. Högre krav på leveranstjänster innebär följaktligen, förutom ökade kostnader för transportören, högre externa kostnader för samhället.

1.1 Bakgrund

I det pågående projektet DenCity har effekterna från olika trafikscenarier i en potentiell framtida stadsdel i Göteborg analyserats (Olsson, et al., 2018). Projektet konstaterar att för att uppnå en hållbar urban logistik är det viktigt att både integrera transporttjänster för att konsolidera fragmenterade flöden och kombinera olika fordon med hänsyn till infrastruktur och välbefinnande. Med anknytning till detta har ett antal aktörer valt att initiera ytterligare ett projekt, SMOOTh, vilket bland andra innefattar kandidatprojektets uppdragsgivare IVL Svenska Miljöinstitutet. Syftet med projektet SMOOTh är att undersöka möjligheten att implementera systemlösningar i Göteborg. Genom att integrera olika logistikaktiviteter i ett system menar Behrends (2020) att resultatet skulle kunna leda till mindre trängsel, olyckor, buller samt utsläpp av luftföroreningar och koldioxid och därigenom lägre externa kostnader.

En systemlösning som effektiviserar och minskar antalet transporter, ger transportföretagen skalfördelar och samtidigt tillgodoser hög leveransservice är terminalsystem, en systemlösning med samlastnings- och omlastningsterminaler (Behrends, 2020). Systemet baseras på intermodala transporter, integrering av transporttjänster och konsolidering av transportflöden (Barone & Roach, 2016).

Emellertid har den anpassning av rutiner, fordon och bränslen som krävs vid implementeringen av terminalsystem i praktiken visats kunna medföra stora kostnader för transportföretagen (Barone & Roach, 2016). För att möjliggöra hållbar urban logistik är därför politiska insatser ett viktigt redskap, dels för att ge ekonomiska och juridiska incitament för implementeringen av terminaler, dels för att styra infrastrukturell utveckling via det kommunala planmonopolet (Behrends, 2020).

Trots detta har omställningen i vissa fall visats leda till ökad effektivitet eftersom transportföretagen då tvingats hitta metoder för att optimera leveranser via till exempel

konsolidering och ruttoptimering (Barone & Roach, 2016). En kombination av tekniska innovationer, digitalisering och miljömedvetet agerande bland transportsektorns intressenter är enligt Barone & Roach (2016) vad som förväntas kunna göra implementeringen av hållbar urban logistik möjlig i framtiden.

1.2 Problemformulering

Redan år 2010 bodde 50 % av världens befolkning i storstadsområden och denna andel förväntas öka till 75 % till år 2045 (Barone & Roach, 2016). Dessutom finns en ökad efterfrågan på att varor levereras till hemmet istället för till ombud och tillsammans med e-handelns tillväxt leder detta till en mer fragmenterad distribution av varor (Postnord, 2019). Detta resulterar i ökad trafik i den urbana miljön, vilket i slutändan leder till utmaningar och problem för samhället (S. Behrends, personlig kommunikation, 24 januari 2020).

Utmaningarna och problemen beskrivs i denna rapport som den rådande och eventuella ökningen av externa kostnader, uttryckt i monetära termer, för trängsel, olyckor, buller samt för utsläpp av koldioxid och luftföroreningar som de logistiska aktiviteterna orsakar. Externa kostnader uppstår när en aktörs ekonomiska aktiviteter påverkar en annan oberoende aktör, utan att dessa är fullt kompenserade för av den första aktören. I dagens samhälle förbises ofta externa kostnader inom transportsektorn, vilket leder till beslut med suboptimala utfall sett utifrån ett samhällsperspektiv. Däremot kan framställande av data på externa kostnader och dess betydelse skapa incitament för ett bättre och mer anpassat regelverk, som är mer optimalt inom transportsektorn. (de Bruyn, Schroten, van Essen, & van Wijngaarden, 2019).

Ett sätt att minska de externa kostnaderna är att installera samlastning- och omlastningsterminaler utanför och inne i stadskärnan för att konsolidera logistikflöden (Barone & Roach, 2016). Emellertid saknas data på vad en konsolidering av logistikflöden med terminalsystem skulle innebära för Göteborg om konsolideringen skulle implementeras i en bredare utsträckning. I nuläget testas en samlastningsterminal i Angered, nordost om Göteborg, som opereras av Göteborgs Lastbilscentral (GLC) och en omlastningsterminal i Nordstan, vilka kan kombineras i ett terminalsystem för att konsolidera urbana logistikflöden i Göteborg (S. Behrends, personlig kommunikation, 24 januari 2020). I dagsläget används terminalerna endast i begränsad utsträckning.

En systemlösning med terminaler kan eventuellt leda till en lösning på de utmaningar som Göteborg står inför. Därför finns det anledning att undersöka systemets potentiella förbättring och presentera ett underlag för hur det nya systemet kan påverka nutidens och framtidens utmaningar och problem gällande den urbana logistiken.

1.3 Syfte

Syftet med detta projekt är att beräkna den potentiella förbättringen av konsoliderade leveranser i Göteborg som en implementering av en samlastningsterminal i Angered och en omlastningsterminal i Nordstan eventuellt skulle innebära. Specifikt ska den urbana logistiken i området Inom Vallgraven i centrala Göteborg undersökas. För att beräkna den potentiella förbättringen ska en jämförelse göras mellan den urbana logistiken i nuläget och efter implementeringen av terminaler. Vid jämförelsen analyseras externa kostnader för trängsel, olyckor och buller samt för utsläpp av koldioxid och luftföroreningar.

1.4 Frågeställning

En övergripande frågeställning har formulerats som avser bemöta de problem som lyfts i syftet och problemformuleringen.

- Hur stor är den potentiella förbättringen beräknad utifrån externa kostnader av konsoliderade logistikflöden i Göteborg vid en implementering av ett terminalsystem jämfört med nuläget?

För att besvara den övergripande frågeställningen har följande delfrågeställningar formulerats.

1. Hur ser leveransbehovet ut till områdets verksamheter och hushåll?
2. Hur tillgodoses leveransbehovet av nuvarande logistiksystem?
3. Hur stora är de externa kostnaderna som uppkommer från nuvarande logistiksystem?
4. Hur stora är de externa kostnaderna efter implementering av ett terminalsystem?

1.5 Avgränsningar

Studien begränsas till att endast omfatta området Inom Vallgraven i Göteborg, utifrån definitionen från Göteborgs Stad (Göteborgs Stad (Kartograf), u. å.) (Bilaga, figur 1 och figur 2 visar aktuellt område respektive de postnummer som tillhör detta). Trots avgränsningen anses undersökningen fortfarande bibehålla hög relevans, eftersom området Inom Vallgraven har en hög aktivitet gällande leveranser som motsvarar den i Göteborg (S. Behrends, personlig kommunikation, 10 februari 2020).

Vidare fokuserar studien enbart på transporter av handelsvaror och tar inte hänsyn till de transporteffekter från verksamheter som primärt utför tjänster. Dessa innefattar bland annat avfallshantering och tjänster som utförs av hantverkare, installatörer och andra aktörer inom servicesektorn. Anledningen till att dessa inte tas hänsyn till är eftersom terminalsystem inte kommer resultera i någon förändring av serviceinriktade verksamheters externa kostnader, eftersom samlastning och omlastning inte är applicerbara vid den typen av transporter. Detta gäller även leveranser till grossister och byggnadssektorn. De verksamheter som fokuseras på är ”kontor”, ”sjukvård”, ”detaljhandel”, ”dagligvaruhandel”, ”offentlig verksamhet och utbildning”, ”hotell och restaurang”. Förutom dessa verksamheter inkluderas även leveranser till hushåll i studien.

Kostnadsanalysen begränsas till de externa kostnader som är direkt kopplade till logistiska transporter i området Inom Vallgraven. Det innefattar kostnader som uppstår från trängsel, olyckor, buller samt från utsläpp av koldioxid och luftföroreningar. Andra logistikrelaterade kostnader såsom lagerkostnader, kostnader för omlastning, fordonstillverkning samt uppbyggnad av terminalsystem och vägar omfattas inte i denna studie.

Det breda begreppet emissioner begränsas i studien till koldioxid och luftföroreningar. I studien beaktas endast vissa substanser inom luftföroreningar. Substanserna som beaktas är kväveoxider (NOx), svaveldioxid (SO_2), flyktiga organiska ämnen utom metan (NMVOC, “Non Methane Volatile Organic Compounds”) och luftburna partiklar (PM) eftersom de idag anses ha störst inverkan på miljön och störst påverkan på människors hälsa (Europeiska

Miljöbyrån, 2017). Andra substanser inom luftföroreningar anses ha mindre negativa effekter än de externa kostnader som tas upp i denna studie och betraktas således som försumbara.

1.6 Antaganden

I detta avsnitt klargörs de antaganden som gjordes vid brist på data eller information som berör flera delar av projektet. Där mer specifika antaganden gjordes kommer detta förtydligas i tillhörande avsnitt.

1.6.1 Antaganden kring fordon

Det används en stor variation av transportfordon inom urban logistik med en variation vad gäller fordonens egenskaper såsom vikt och längd. I detta arbete inkluderades dock endast två fordonsklasser MDV "medium duty vehicle" (medeltung lastbil) och LDV "light duty vehicle" (lätt lastbil). I arbetet behandlades alla fordon inom samma fordonsklass lika även om fordonens övriga egenskaper var olika. Antagandet innebär att skillnader mellan fordon inom en och samma fordonsklass exkluderades i samtliga av projektets beräkningar. Undantaget som beaktades inom fordonklasserna är fordonens utsläppsklasser.

På grund av begränsad data gjordes antaganden för fordon av utsläppsklass EEV "enhanced environmentally friendly vehicle" (mer miljövänligt fordon). EEV antogs vara av samma utsläppsklass som EURO 5 (S. Behrends, personlig kommunikation, 16 april 2020). Det antogs dessutom att utsläppsklassen EL inte bidrar till några emissionsrelaterade externa kostnader.

1.6.2 Antaganden kring efterfrågan

I studien antogs att efterfrågan av leveranser och således logistiken i området kring Domkyrkan är direkt proportionerlig med de i området Inom Vallgraven eftersom båda områden antogs ha liknande kommersiella verksamheter.

I E-barometern (Postnord, 2019, s. 3) definieras e-handel som: "...internetförsäljning av varor som levereras hem, till ett utlämningsställe, eller hämtas i butik, lager- eller utlämningslokal av konsument". För att beräkna antalet leveranser till hushåll och ombud antogs det i studien att datan även är representativ för annan typ av handel, exempelvis handel som sker via telefon.

"Sjukvård" samt "offentlig verksamhet och utbildning" antogs ha samma efterfrågan på lastenheter som "kontor" då verksamheterna förmodas ha likvärdig förbrukning av material (S. Behrends, personlig kommunikation, 22 april 2020). Antagandet berodde på avsaknaden av data på verksamheternas specifika efterfrågan.

1.6.3 Antaganden kring last och leveranser

I studien gjordes antagandet att fordonsklassen MDV endast levererar gods av kategori pall och rullbur och att fordonsklassen LDV endast levererar gods av kategori paket och annat. I enkätstudien förekom det fordon som levererade gods av annan kategori, men dessa beaktades inte i studien. Detta berodde i huvudsak på bristen av kategoriserade data. Till exempel delades inte trafikfördelningen upp per lastenhet samtidigt som den inte antogs vara samma för respektive lastenhet.

För att identifiera skillnader i effektivitet delades aktörerna upp i två kategorier, 3PL (tredjepartslogistiker) och 1PL (förstapartslogistiker). Uppdelningen baserades på påståendet att leverantörer av kategorin 3PL i högre grad tenderar att konsolidera gods och anpassa

leveransfordonen för att effektivisera transporten (S. Behrends., personlig kommunikation, 23 februari 2020).

Svaren som erhölls vid enkätstudien utförd med chaufförer betraktades i projektet som representativa för samtliga leveranser som sker till och från Nordstan. I intervjuerna förutsattes det dessutom att chaufförerna hade tillräckligt med kunskap och erfarenhet kring de frågor som ställts.

För hushållsleveranser beaktades endast lastenheter i form av paket. Palleveranser förekom vid samtliga leveranssätt, men på grund av vikt- och måttbegränsningar vid flera leveranssätt (DHL, u. å.; Postnord, u. å.) antogs paketleveranser utgöra en övervägande del (S. Behrends, personlig kommunikation, 22 april 2020).

Eftersom lastenheterna pall och rullbur upptar ungefär lika stor yta och inte antogs vara stapelbara i transportfordon, antogs dessa vara av samma storlek. Således betraktades de som en och samma kategori av lastenheter i studien. Detsamma gällde för lastenheterna paket och annat, vilka efter samråd med extern handledare antogs ha samma storlek och vikt. (S. Behrends, personlig kommunikation, 22 april 2020).

2 Teoretiskt ramverk

I detta kapitel presenteras det teoretiska ramverk som ligger till grund för studien. Kapitlet inleds med en beskrivning av FN:s globala mål och introducerar sedan dels de externa kostnader som behandlas i projektet, dels metodik för att kvantifiera dessa. Därtill beskrivs systemlösningen med sam- och omlastningsterminaler mer ingående.

2.1 Hållbarhet i samhället

Under senare år har det blivit uppenbart att det finns ett behov av att ställa om till ett mer hållbart samhälle. För att underlätta riktade insatser och uppmuntra världens politiker och företag att arbeta mer med hållbarhet, fastställdes år 2015 de globala hållbarhetsmålen. Dessa 17 mål ämnar tillsammans att avskaffa extrem fattigdom, minska ojämlikheter och orättvisor, främja fred och rättvisa samt hantera klimatkrisen. Klimatet är enligt FN det enskilt största hotet mot oss människor och vår planet då fortsatt ökad global uppvärmning kommer medföra följder som aldrig kommer gå att återställa. (FN, 2019)

Projektets resultat förväntas vara av betydelse för samhället, både som underlag vid fortsatt forskning och självständigt. De externa kostnader som behandlas i projektet strävar samtliga mot de globala målen genom deras påverkan på människa, djur och natur. Vidare följer en ingående presentation kring de globala mål som mer eller mindre berörs av projektets resultat.

Mål åtta handlar om anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt. Det är viktigt att förbättra den globala resurseffektiviteten och försöka bryta sambandet mellan ekonomisk tillväxt och miljöförstöring. Särskilt viktigt är det att världens ledande länder går i bräschen och agerar föredöme. Det är också viktigt att främja trygga arbetsförhållanden för alla typer av yrken och anställda. (FN, 2019).

Mål nio berör hållbar industri, innovationer och infrastruktur. Genom att rusta upp infrastruktur och göra industrier renare och mer hållbara med miljövänliga tekniker och processer, skapas gynnsamma miljöer vilka främjar innovation och mer effektiv resursanvändning. (FN, 2019).

Mål elva handlar om hållbara städer och samhällen. Mer än hälften av världens befolkning bor idag i urbana områden och denna siffra förväntas öka de kommande åren. Detta ökar kraven på stadsutvecklingen i världens länder som måste klara av de påfrestningar den urbana befolkningsökningen medför. Inkluderande och innovativ stadsutveckling innefattar planering och utformning av bostäder, infrastruktur, transporter, kollektivtrafik och återvinning vilket är viktigt för att hjälpa världen utvecklas på ett mer hållbart sätt. (FN, 2019).

Mål nummer tolv berör hållbar konsumtion och produktion. Det är ett globalt problem att människor använder mer resurser än vad vår planet klarar av. Ett sätt att arbeta för hållbarhet är att minska det ekologiska fotavtrycket och ställa om konsumtion och produktion av varor och tjänster. Bland annat är det viktigt att uppmuntra företag i alla olika branscher att arbeta för att tillämpa mer hållbara metoder. (FN, 2019).

Mål 13 handlar om att bekämpa klimatförändringarna. Genom att förbättra utbildning och öka medvetenheten kring klimatanpassning och klimatförändringar blir fler varse om behovet av förändring. Några länder arbetar redan med detta men mer drastiska åtgärder krävs inom hela samhället för att nå nödvändiga skiften inom energi, urban infrastruktur och industri. (FN, 2019).

2.2 Externa kostnader från urban logistik

Det är en utmaning för städer i Sverige och i många andra delar av världen att inkorporera urban logistik i samhällsutvecklingen. Å ena sidan är många av de aktiviteter som industrier och olika organisationer bygger på - från restauranger till konfektionsbutiker och kontor - beroende av distributionen av varor (Barone & Roach, 2016). Å andra sidan bidrar dessa till trängsel, olyckor och buller samt utsläpp av koldioxid och luftföroreningar (Behrends, 2020).

Ökad trängsel minskar stadens tillgänglighet och bidrar till ökade kostnader för samhället (Behrends, 2020). Luftföroreningar påverkar vår hälsa negativt då ofullständig förbränning av bränsle samt slitage från asfalt och bromsbelägg bildar partiklar och kolväten som är direkt skadliga för hälsan (Naturvårdsverket, 2020). Trafikens utsläpp av partiklar leder till försurning av mark och vattendrag som skadar djur- och växtliv och koldioxidutsläpp bidrar till en ökad växthuseffekt. Olyckor är en uppenbar fara och buller skadar i längden människors hälsa där trötthet, försämrad koncentration och prestationsförmåga är några av de många symptom som kan uppstå. Trenden med ökad e-handel och en ökad mängd distributionstrafik ökar trafikens negativa effekter (Behrends, 2020; Persson & Behrends, 2019). Då effektivitet är centralt i transportörers affärsidé motverkas de samtidigt av problemen som uppstår med trängsel. (Barone & Roach, 2016; Jonsson & Mattsson, 2016).

Som en effekt av en ökad handel på distans sker ett skifte av logistikens struktur från varuhus till distributionscenter (Barone & Roach, 2016). Orsaker till detta är en ökad globalisering och de stordriftsfördelar som företag inom denna bransch eftersträvar. Detta leder till att kartan för varulogistik målas om när avståndet mellan varorna och dess mottagare ökar. Till följd av detta förflyttas samtidigt en stor del av transportsträckan från industri- och shoppingområden till tätbebyggda områden, där logistikens negativa påverkan är större. Även om transporterna och trender med hemleveranser leder till ett mer splittrat varuflöde gör skiftet av logistik från konsumenter till professionella och mer effektiva godstransporter att det finns möjligheter till förbättring (Behrends, 2020).

2.3 Externa kostnader från transporter

Externa kostnader uppstår när en aktörs ekonomiska aktiviteter påverkar en annan oberoende aktör, utan att dessa är fullt kompenserade för av den första aktören (de Bruyn, et al., 2019). Specifikt inom transportsektorn betyder externa kostnader skillnaden mellan sociala kostnader och privata kostnader relaterade till transporter. De sociala kostnaderna innebär kostnader för samhället från uppförande och användning av transporter, medan privata kostnader är kostnader som direkt påverkar transportörer.

Externa kostnader tas fram genom att använda parametrar för att översätta data till kostnader med hjälp av ”Handbook on the External Costs of Transport” (de Bruyn, et al., 2019) som utgår från arbete på länder framförallt inom EU. Parametrarna beräknas genom en metod som kallas för WTP, ”Willingness to pay” (villighet att betala). WTP erhålls genom att summan en given aktör är beredd att betala för att undvika skadan som uppstår vid en given extern kostnad utvärderas. Det finns ett flertal metoder för framtagning av WTP, men metoderna delas främst upp i två kategorier: angivna preferenser (”stated preference”) och synbara preferenser (”revealed preference”). Angivna preferenser innebär att enkäter eller experiment används där de svarande tillfrågas om WTP för respektive skada orsakad av respektive extern kostnad. Synbara preferenser innebär att kostnaderna härleds från påverkan på andra marknader, exempelvis inom fastighetsmarknaden där skillnaden på priset på fastigheter kan estimera WTP för buller- och utsläppsminskning. De kostnader som ingår i externa kostnader och är relevanta

för denna studie är kostnader för trängsel, olyckor, buller samt utsläpp av koldioxid och luftföroreningar.

2.3.1 Trängselkostnader

Trängselkostnader baseras på trafikens intensitet och kan delas in i två kategorier: trängselkostnader och bristkostnader (de Bruyn, et al., 2019). Trängselkostnader uppstår när en schemalagd service försenas på grund av trafik och bristkostnader uppstår när en service som försenas på grund av trafik förhindrar en annan service från att fungera. Metodiken för att uppskatta trängselkostnader inom urbana områden består av sammanställandet av trängselindex för den stad som undersöks. Data för att sammanställa sådana index behöver innefatta trängselnivåer, vägnätets storlek, vägtyper, genomsnittlig försening per dag och totala förseningen per år.

Uppskattningen av ett interurbant områdes trafiksituation baseras främst på två olika kategorier av information. Den första är överbelastade punkter i det interurbana vägnätet, framförallt punkter där trafiken är som mest försenad under tider då mest trängsel uppstår. Den andra är parametrar som representerar egenskaperna hos olika vägkategorier. För att beräkna den totala trängselkostnaden, både för interurbana och urbana områden, krävs följande information och data:

- Trafiknivån vid olika tidpunkter.
- Värdet av förlorad tid, vilket är olika beroende på fordon, färdens ändamål och angelägenhet.
- Mängden trafik på vägen, vägnätets längd och vägkategori, genomsnittlig försening per dag och total försening på ett år.
- Fördelningen av fordonsklasser i europeiska städer.
- Befolkning i europeiska städer.

Enligt de Bruyn et al. (2019) är kostnaden för trängsel generellt störst i relation till övriga externa kostnader.

2.3.2 Olyckskostnader

Olyckskostnader definieras som de sociala kostnader som uppstår vid trafikolyckor som inte täcks av riskorienterade försäkringar (de Bruyn, et al., 2019). De sex komponenterna som ingår i olyckskostnader består av:

- Mänskliga kostnader: Kostnader för smärta och lidande i samband med en trafikolycka.
- Medicinska kostnader: Kostnader för vård av individer i exempelvis sjukhus och rehabiliteringscenter.
- Administrativa kostnader: Kostnader för exempelvis utryckning av polis och räddningstjänst (exklusive medicinska tjänster) till olycksplatsen.
- Produktivitetskostnader: Kostnader för sjukskrivning och uteblivna intäkter för individer.
- Materialkostnader: Kostnader för skador på fordon, infrastruktur och fraktvaror.
- Övriga kostnader: Kostnader för exempelvis trängsel som uppstår vid en olycka, för otillgängliga fordon och för begravning.

För att beräkna den totala olyckskostnaden krävs data samt information kring antal olyckor och dess kostnader. Databasen CARE (”community road accident database) innehåller statistik för

antal inträffade olyckor per fordonsklass. Kostnader tas fram av Safety Cube. Den enda kostnaden som inte utgår från Safety Cube är risken att utsättas för en olycka. Den uppskattas istället genom användning av VSL, "value of statistical life" (livets statistiska värde), vilket kräver en utvärdering av WTP för reducerad risk i trafiken som beror av ålder, nationalitet och vilken typ av risk individen utsätts för. (de Bruyn, et al., 2019).

2.3.3 Bullerkostnader

Två olika sorters påverkan övervägs vid bedömning av effekterna från buller: irritation och hälsopåverkan (de Bruyn, o.a,. 2019). Dessa två effekter antas vara självständiga och inte ha någon inverkan på varandra. Metodiken för beräkning av bullerkostnader orsakade av trafiken utgår från två ingångsvärden: antal individer som exponeras för buller per fordonsklass och kostnaden per individ. Antal individer exponerade för buller definieras som individer som utsätts för en ljudnivå högre än 50 dB. Kostnader för irritation värderas med hjälp av WTP och kostnader för hälsopåverkan värderas med hjälp av en metod som utvärderar påverkan på samhället vid tillkomst av hälsoproblem hos individer. Skillnad på bullernivå mellan en förbränningsmotor och elmotor förekommer endast på vägar med lägre hastigheter, främst lokala vägar (Jabben, Verheijen, och Potma, 2012). På motorvägar och infartsleder är buller från däckens kontakt med vägytan överväldigande, vilket gör att buller från motorn blir försumbart.

2.3.4 Kostnader för koldioxidutsläpp

Kostnader för koldioxidutsläpp är associerade med dess effekter på den globala uppvärmningen (de Bruyn, o.a,. 2019). Några av effekterna som uppstår i samband med global uppvärmning är förlust av biologisk mångfald och höjning av havsnivån, vilka på sikt kan orsaka stora kostnader. För att utvärdera kostnaderna för koldioxidutsläpp krävs data på tre olika ingångsvärden:

- Mängd koldioxidutsläpp för olika fordon: Här beaktas fordonsklass, antalet fordon med ett visst drivmedel och antalet kilometer fordonen kör.
- Klimatpåverkan från koldioxidutsläpp: Här beaktas vilken påverkan koldioxidutsläpp har på klimatet, som kvantifieras med hjälp av prognoser för klimatets utveckling.
- Kostnadsuppskattning per ton koldioxidutsläpp. Här tillämpas två olika metoder: En metod för att värdera skadekostnader ("damage cost approach") och en metod för att värdera kostnader för att undvika skador ("avoidance cost approach"). Metoden för att värdera skadekostnader innebär en uppskattning av kostnader då inga ansträngningar görs för att minska koldioxidutsläppen. Metoden för att värdera kostnader för att undvika skador uppskattar istället kostnader för att uppnå en viss minskning av koldioxidutsläpp.

2.3.5 Luftföroreningskostnader

Luftföroreningar är partiklar och gaser i luften som påverkar människans hälsa och miljön negativt (Naturvårdsverket, 2019). I denna studie beaktas svaveldioxid (SO_2), kväveoxider (NOx), flyktiga organiska ämnen utom metan (NMVOC) och luftburna partiklar (PM), eftersom dessa substanser har störst negativ inverkan.

Svaveldioxid släpps ut i samband med förbränning av fossila bränslen och kan skapa andningsbesvär samt försura mark och vatten. Majoriteten av utsläppen av kväveoxider sker vid förbränningsprocesser, där den största källan är biltrafik. I likhet med svaveldioxid påverkar kväveoxider människans luftvägar och skapar försurning av mark och vatten, men har även

andra negativa effekter såsom bildande av marknära ozon och övergödning. (Naturvårdsverket, 2019).

Utsläpp av flyktiga organiska ämnen sker vid ofullständig förbränning, framförallt i äldre bilmotorer, men emitteras även från bensin i form av bensinångor. De flesta flyktiga organiska ämnen är hälsofarliga, exempelvis cancerframkallande, och medverkar till bildandet av marknära ozon. (Nationalencyklopedin, u. å.)

I stadsluften finns tusentals partiklar som påverkar människans hälsa negativt, både på kort och lång sikt. Större luftburna partiklar (PM10) kommer framför allt från slitage av däck, och mindre partiklar (PM2.5) kommer främst från förbränningsmotorer. (Naturvårdsverket, 2019)

Dessa effekter som kommer av luftföroreningar kan delas in i 4 olika kategorier (de Bruyn, et al., 2019). Till respektive kategori kan olika kostnader relateras vilka tillsammans utgör luftföroreningskostnader. Dessa kategorier är:

- Hälsoeffekter: Inandning av luftföroreningar framkallar större risk för andnings- och hjärt-kärlsjukdomar, såsom bronkit, astma och lungcancer, vilka resulterar i medicinska kostnader och kostnader för minskad produktivitet.
- Förlust av grödor: Utsläpp av luftföroreningar kan skada jordbruk, vilket leder till sämre skörd.
- Material- och byggnadsskador: Luftföroreningar kan skada material och byggnader på huvudsakligen två olika sätt, genom partiklar på byggnadsytor och genom korrosion på fasader.
- Förlust av biologisk mångfald: Luftföroreningar kan skada ekosystemet och genom försurning av mark, nederbörd, vatten och direkta hälsoeffekter minska den biologiska mångfalden.

Att omvandla effekterna till kostnader kräver data i form av två ingångsvärden: mängden utsläpp av olika luftföroreningar och kostnadsfaktorer hos utsläppen. Mängden utsläpp tas från databasen COPERT, som innehåller genomsnittliga utsläppsfaktorer per luftföroreningskategori, fordonsklass och land. För uppskattning av kostnadsfaktorerna används en standardiserad strategi utvecklad av NEEDS. Tillsammans kvantifierar dessa ingångsvärden skadorna i monetära termer. (de Bruyn, et al., 2019).

Beroende på mängden utsläpp av luftföroreningar delas fordon in i olika utsläppsklasser. Klasserna går från Euro 1 till Euro 6, där en högre siffra anger ett nyare fordon med mindre mängd utsläpp. Parallellt med dessa klasser har även andra utsläppsklasser tillkommit: 2000, 2005, 2008, EEV, El och Hybrid, som i följande ordning innebär mindre utsläpp. (Transportstyrelsen, 2020)

2.4 Efterfrågad mängd gods och antal leveransturer

Antalet leveransturer benämns i litteratur som FTG, “freight trip generation” (frakttransportgenerering) (Holguín-Veras, Jaller, Sánchez-Díaz, Campbell, & Lawson, 2014). Vid beräkning av FTG används bland annat ett underlag som kvantifierar mängden gods som genereras av ett företag, vilket benämns som FG, “freight generation” (fraktgenerering). FG mäts ofta i vikt eller volym. FTG däremot, klassificeras som det antal leveransturer som behövs för att frakta godset som uppstår av efterfrågan (Holguín-Veras, et al., 2014) i ett givet område och under en given tidsenhet (Holguín-Veras, Jaller, och Sánchez-Díaz, 2015). Därför kan FTG

sägas vara en konsekvens av både FG och det mottagande företagets och transportörens logistikstrategi.

Holguín-Veras et al. (2014) hävdar att ett företags storlek generellt är proportionell mot den mängd gods som transporteras till och från företaget, vilket betyder att FG i regel ökar med storleken på företaget. Ett företags storlek beror i detta avseende främst på antalet anställda och hur stor lokal företaget innehar. FTG beror dock inte bara på mängden gods som efterfrågas, utan dessutom på leveransstorleken, företagens logistikbeslut, fordonsval och distributionsfrekvens. Om ett företag exempelvis skulle ändra storlek eller klass på transportfordon eller öka leveransstorleken på sändningen, skulle en ökning i FG inte nödvändigtvis innebära att FTG höjs.

Holguín-Veras et al. (2014) nämner även att små företag tenderar att ge upphov till relativt högre FTG (med avseende på företagets storlek). Detta eftersom företag med liten respektive stor FG kan ha samma beställningsfrekvens vilket medför samma mängd FTG (givet att den högre FG inte överstiger fordonets lastkapacitet). Enligt Holguín-Veras et al. (2015) är det de mindre företagen med färre än 10 anställda som bidrar med mer än 50 % av FTG i en urban miljö. I urbana områden är det dessutom restauranger och detaljhandeln som bidrar med en majoritet av antalet leveransturer.

2.5 Systemlösningar för hållbar urban logistik

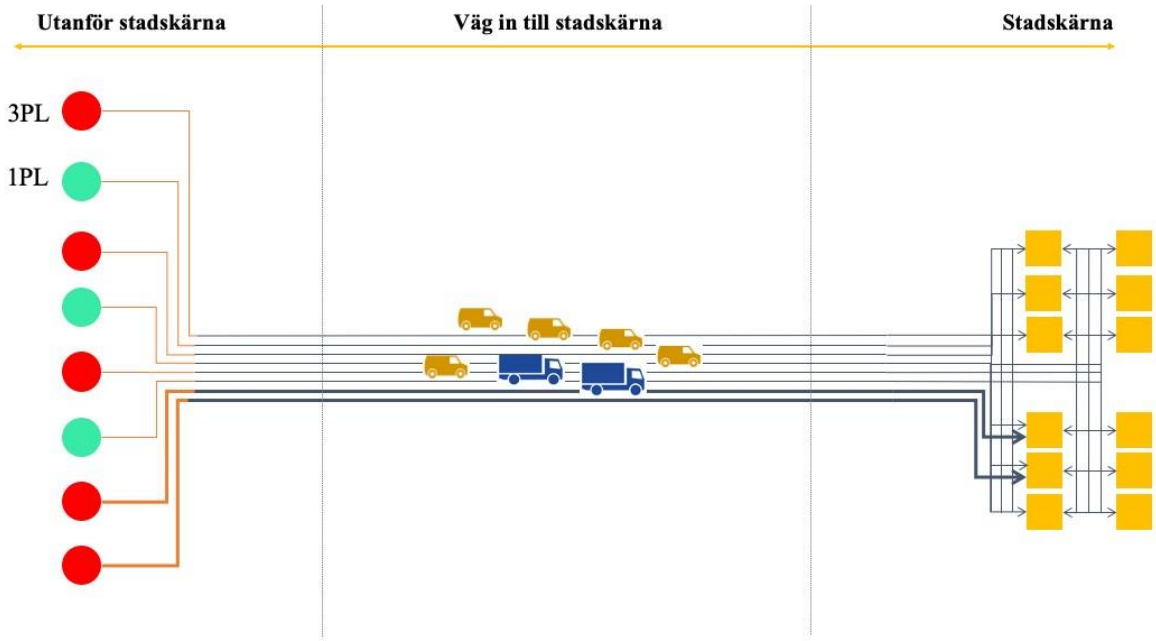
Att styra utvecklingen av logistikbranschen till att beakta samhälleliga aspekter är nödvändigt för att skapa fungerande och varaktiga logistiksystem (Behrends, 2019). Behrends (2019) benämner dessa aspekter systemvillkor och menar att samtliga av dessa måste uppfyllas i systemlösningar för hållbar urban logistik. Vidare definieras följande systemvillkor: (1) hög transporteffektivitet, (2) hög leveransservice, (3) låg konfliktnivå, (4) låg miljö- och hälsopåverkan och (5) kostnadseffektivitet. Strategier som uppfyller systemvillkoren är många, men är mer eller mindre tillämpade i dagsläget (Barone & Roach, 2016). Detta avsnitt omfattar de mer utbredda strategierna.

2.5.1 Terminalsystem med sam- och omlastningsterminaler

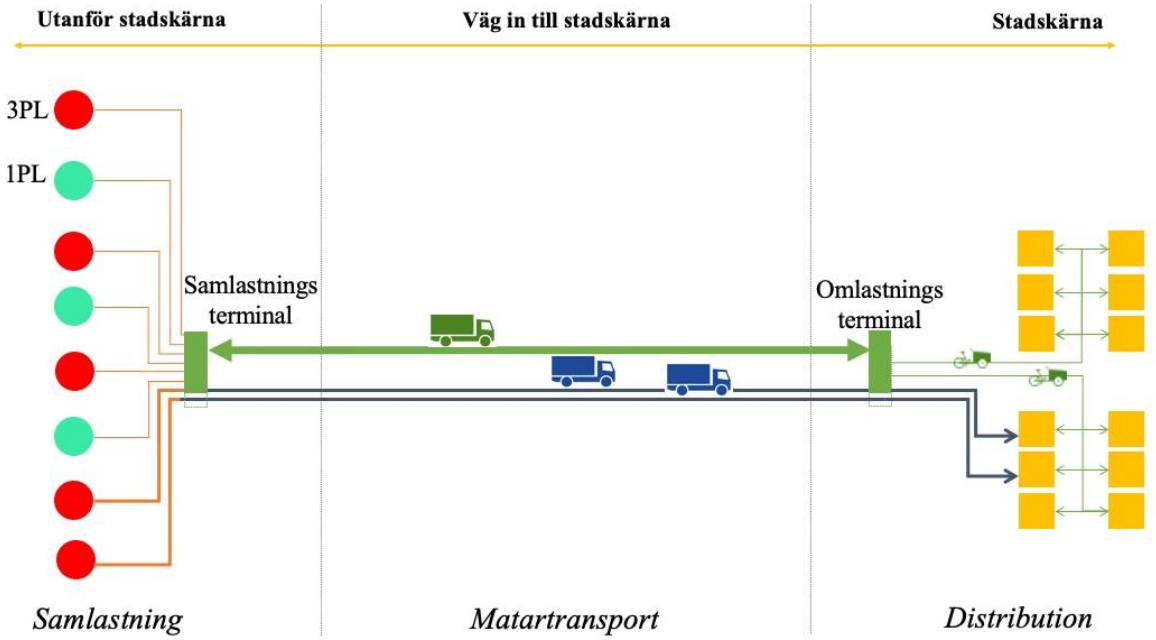
I projektet DenCity analyserades effekterna av olika trafikscenarier i en framtida stadsdel i Göteborg (Olsson, et al, 2018). I studiens avhandling beskriver Olsson et al. (2018) hur digitalisering har öppnat upp för fler aktörer på marknaden vilket har medfört att logistisk kundservice än mer blivit ett konkurrensmedel. Detta har i sin tur lett till mer fragmenterade flöden vilket har förvärrat effekterna av den urbana logistiken. För att konsolidera fragmenterade flöden menar Olsson et al. (2018) att integrering av transporttjänster samt kombination av olika fordon med hänsyn till infrastruktur och stadsliv är viktigt för att uppnå hållbar urban logistik.

En systemlösning som möjliggör intermodala transporter, integrering av transporttjänster och konsolidering av transportflöden är kombinationen av sam- och omlastningsterminaler utanför respektive i stadskärnor (Barone & Roach, 2016). Syftet med ett sådant terminalsystem är att effektivisera och minska antalet transporter, uppnå ekonomiska skalfördelar för transportföretagen och samtidigt tillgodose en hög leveransservice (Behrends, 2020). Behrends (2020) menar att för att konsolidera fragmenterade leveransflöden placeras samlastningsterminaler utanför stadskärnan dit transportfordon med låg fyllnadsgrad åker för att konsolidera lasten. Den konsoliderade lasten transporteras sedan i fordon med högre fyllnadsgrad, så kallade matartransporter, till stadskärnan. Inne i stadskärnan lastas godset om

vid en omlastningsterminal till LEFV:s, “light electric freight vehicle” (mindre eldrivet leveransfordon) för fortsatt transport i stadskärnan, så kallad sista-kilometer-transport. Sista-kilometer-transporten fullbordas i och med angöring. Efter angöring sker en sista-meter-transport mellan transportfordonet och mottagaren som leder till ett mottagande av leveransen. Både nuvarande logistiksystem i Göteborg och terminalsystemet illustreras i Figur 2.1 respektive Figur 2.2.



Figur 2.1 Nuvarande logistiksystem i Göteborg utan implementering av terminalsystem.



Figur 2.2 Logistikflöden vid implementering av terminalsystem

För att samordna dessa aktiviteter och skapa ett effektivt system menar Behrends (2020) att det finns ett antal kriterier. Terminalerna behöver dels utrymme för omlastning, dels utrymme för lagring för att möjliggöra olika ankomst- och avgångstider. Terminalerna behöver också vara

strategiskt lokaliserade för att minimera distributionsavstånd och vara lättillgängliga för ankommande transporter. Om samlastningsterminalen inte ligger i anslutning till leveransrutter kan detta leda till omvägar och större klimatpåverkan än nödvändigt. En annan viktig aspekt att beakta vid implementering av terminalsystem är transportfordonens behov av konsolidering. Om ett fordon med tillräcklig fyllnadsgrad tvingas ta vägen om en samlastningsterminal leder detta till onödig lasthantering, vilket är kostsamt. För att motverka att transportfordon åker till samlastningsterminaler när skadan överträffar nyttan, krävs system som identifierar transportfordonens behov av konsolidering. (Behrends, 2020).

Barone & Roach (2016) beskriver betydelsen av att övergå från konventionella leveransfordon till LEFV:s i stadsmiljöer vilket Behrends (2020) menar kommer bidra till fossil- och emissionsfria transporter på sikt. Barone & Roach (2016) uppger att lastcyklar, som är ett exempel på LEFV:s, genererar mindre buller och utsläpp av koldioxid och luftföroreningar än lastbilar och vans. Vidare menar författarna att fordonsklassen är särskilt flexibel eftersom dess mindre storlek och alternativa drivmedel möjliggör nya färdrutter, vilket bidrar till minskad urban trafik. Emellertid menar S. Behrends (personlig kommunikation, 16 april 2020) att LEFV:s lägre volymkapacitet kräver fler fordon i omlopp för att väga upp detta, vilket bidrar till ökad trafik. Den typ av lastcykel som i nuläget används för leveranser till och från Nordstan klassificeras som cykel och framförs på cykelbanor (Bodensjö, 2019; Transportstyrelsen, 2013; Velove, u. å.). Fordonet bidrar därigenom till trängsel på vägar som trafikeras av fotgängare och cyklister. En storskalig implementering med befintlig infrastruktur skulle innebära ökad trafik på stadens cykelbanor och således öka risken för trafikolyckor på sådana vägar. I synnerhet då vägtypen trafikeras av oskyddade trafikanter. Barone & Roach (2016) framhåller emellertid att den lägre hastigheten bidrar till att LEFV:s innebär en mindre risk för fotgängare och cyklister än andra motoriserade leveransfordon.

Att anpassa leveransfordon efter infrastruktur och stadsliv innebär att matcha fordonens egenskaper såsom bullernivå, lastkapacitet, upptagen vägyta, hastighet och utsläpp, med omgivningen (Olsson, et al., 2018). För att minska externa kostnader som genereras vid leverans till och från stadskärnan är större transporter såsom lastbilar ett bättre alternativ medan LEFV:s är mer optimalt vid transporter inne i stadskärnan (Olsson, et al., 2018). Emellertid har det visats att den anpassning av rutiner, fordon och bränslen som krävs vid implementeringen av terminalsystem i praktiken kan medföra stora kostnader för transportföretagen (Barone & Roach, 2016). För specialiserade e-handelstransportörer med hemleveranser som affärsidé menar Behrends (2020) att anpassningen kan få omfattande negativa konsekvenser.

För att möjliggöra hållbar urban logistik är politiska insatser ett viktigt redskap, dels för att ge ekonomiska och juridiska incitament för implementeringen av terminaler, dels för att styra infrastrukturell utveckling via det kommunala planmonopolet (Behrends, 2020). Trots det har omställningen i vissa fall visats leda till konkurrensfördelar eftersom transportföretagen då tvingats hitta metoder för att effektivisera och optimera leveranser via till exempel konsolidering och ruttoptimering (Barone & Roach, 2016).

2.5.2 Andra möjliga systemlösningar för hållbar urban logistik

Politiska åtgärder är användbara för att driva på implementeringen av hållbara logistiklösningar men kan också fungera som självständig strategi (Barone & Roach, 2016). Genom att införa bränsle- och emissionsregleringar, menar Barone & Roach (2016) att utsläpp relaterade till transportsektorn kan reduceras kraftigt eftersom transportföretagen då tvingas anpassa fordon, bränsle och rutiner. Miljözoner i olika nivåer kan tillämpas antingen för att ge incitament till att byta ut konventionella fordon till LEFV:s eller för att utestänga fordon med dålig avgasrening

och stort bidrag till den totala mängden utsläpp (Behrends, 2019; Koucky, Roth, & Wisell, 2015). Barone & Roach (2016) uppger att miljözoner syftar till att gynna stadslivet och bidrar, förutom minskade utsläpp, också till lägre nivåer av buller och trafik.

Att skapa insikt hos konsumenter om e-handelns negativa konsekvenser är nödvändigt för att förändra köpbeteenden (Sveriges Konsumenter, u. å.). Genom att erbjuda leveransalternativ med lägre bidrag till externa kostnader får konsumenten möjlighet att göra miljömedvetna val. Utlämningsställen i form av bemannade ombud eller automatiserade paketskåp är alternativa lösningar på godsmottagning som syftar till att effektivisera transporter genom att låta mottagaren utföra sista-meter-transporten istället för transportören (Behrends, 2019). Tillämpningen bygger på att konsumenter är villiga att välja bort hemleveranser och därför behöver utlämningsställen vara lättillgängliga. Eftersom systemen medför betydligt färre leveranspunkter uppnås högre fyllnadsgrad, minskad transportsträcka och dessutom elimineras risken för bomkörningar, vilka tillsammans medför en högre transporteffektivitet (Barone & Roach, 2016).

Ytterligare en strategi som lyfts fram i litteraturen är implementering av så kallade nattleveranser, leveranser som sker sen kväll, nattetid eller tidig morgon (Barone & Roach, 2016). En följd av implementeringen är dock den anpassning av rutiner som krävs av det mottagande företaget. För att möjliggöra en smidig leverans kan det mottagande företaget antingen anställa nattpersonal eller tillämpa system för mottagande som inte kräver bemanning. Sådana system kan till exempel innefatta utrymmen som på ett säkert sätt förvarar gods nattetid och som tillgängliggörs för chaufförer. Fördelar med nattleveranser är flera. Genom att leveranser sprids ut över dygnet blir trafikflöden jämnare, vilket leder till effektivare transporter och mindre risk för trafikolyckor. Dessutom innebär en mindre intensiv trafik minskade momentana utsläpp. En negativ aspekt med systemlösningen är den bullermängd som tillkommer nattetid och som på grund av tidsaspekten har en mer negativ effekt än leveranser som sker dagtid (S. Behrends, personlig kommunikation, 15 mars 2020).

3 Metod

I detta kapitel presenteras hur studien genomfördes: valda tillvägagångssätt och diskussion kring utformandet av dessa. Metoden är uppdelad i fem delar. Den första delen redogör för en enkätstudie genomförd i det aktuella området Inom Vallgraven som syftade till att samla in data om trafik och transporteffektivitet. Den andra och tredje delen syftar, genom användning av tillgängliga data från tidigare forskning samt data från Göteborgs Stad, PostNord och SCB, till att beskriva det befintliga leveransbehovet och hur detta tillgodoses med nuvarande logistiksystem. Metodens fjärde del avser att bestämma vilka externa kostnader nuvarande logistiksystem medför. Detta görs genom att kombinera trafiken från leveranserna med värden för emissions- och trafikrelaterade kostnader. Efterföljande del behandlar hur implementeringen av ett terminalsystem påverkar logistiken, där förväntade effekter av samlastning erhålls från extern handledare. Kapitlet avslutas med en diskussion kring metodens delar.

3.1 Metodansats

Arbetsgången för studien har utvecklats i samråd med extern handledare. Metodansatsen är unik och genomförs som en fallstudie av området Inom Vallgraven. Den utgörs av primärinformation från en enkätstudie samt sekundärinformation från ett antal olika datakällor. Fallstudier lämpas väl för att undersöka en specifik företeelse inom ett avgränsat system och kan tillämpa flera typer av metoder (Gyberg, Ingelstam, & Karlsson, 2005). Till följd av projektets behov av olika typer av data är metoden något omfattande i sin utformning. Eftersom studien syftar till att beräkna en potentiell förbättring utgår den från mätbara och jämförbara data, således är metoden av kvantitativ karaktär (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 2014). Enligt Eriksson och Wiedersheim-Paul (2014) är lämpliga källor för kvantitativa data enkäter, mätningar och databaser, ett påstående vilket studien i huvudsak följer.

3.2 Enkätstudie

Enkätstudien genomfördes som en intervju där frågorna ställdes av medlemmar i studiens arbetsgrupp. Underlaget för undersökningen var en enkät. Studiens respondenter var chaufförer med transporter till varuhuset Nordstan i Göteborg den 12 mars 2020 mellan klockan 07:00 och 11:30. Tiden och platsen valdes för att uppnå bästa möjliga svarsfrekvens efter samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 3 mars 2020), som innehar kunskap inom området, samt med personer från Nordstan som har god kännedom om transporterna i varuhuset.

Eriksson & Wiedersheim-Paul (2014) och Fanning (2005) påpekar vikten av att ha goda förkunskaper vid formuleringen av en intervju, dels för att på förhand veta vad syftet är med studiens datainsamling, dels för att ha ett genomtänkt mål med insamlade data. Vid en intervju är det särskilt viktigt då det påvisar intresse från intervjuaren vilket kan leda till bättre respons från de svarande (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 2014). För att uppnå en tillräckligt bra kunskapsbas att utgå ifrån vid utformningen av enkäten genomfördes denna efter att en inledande litteraturstudie genomförts. Då tidigare genomförda intervjuer med liknande syfte fanns att tillgå, användes dessa som underlag i den utsträckning det var möjligt.

Intervjuerna genomfördes under chaufförernas arbetstid i samband med lossning av lasten. Fanning (2005) förklarar att det är viktigt att utforma frågor och anpassa studien med hänsyn till situationen. Eftersom omständigheterna var kända sedan tidigare kunde detta tas i beaktning. Antalet frågor och omfattningen av dessa var anpassade efter tidsramen. Ett antal frågor krävde inte respondenternas medverkan, exempelvis aktuell fordonsklass och dess

registreringsnummer. Totalt erhölls 29 intervjusvar. Eriksson & Wiedersheim-Paul (2014) nämner att intervjuer dessutom är flexibla i sin form, ger möjlighet till interaktion och kan hjälpa med förtydliganden av frågor då tvetydigheter uppstår, vilket motverkar att betänketid går åt till att tolka frågor.

Fanning (2005) uttrycker problematiken i att även korrekt formulerade studier kan drabbas av dess struktur. Respondenter avger svar påverkade av kognitiva och normativa influenser. Exempel på sådana trender är enligt Fanning (2005) att riktningen hos tidigare svar influerar nästkommande svar och att därför försöka balansera svar över samtliga frågor, för att förmedla en rättvis bild totalt sett.

3.2.1 Utformning av enkätstudie

I detta avsnitt presenteras underlaget till intervjun och dess olika delar. Frågeformuläret skapades i Google Forms och användes som underlag när intervjuer genomfördes. Intervjun innehöll totalt 31 frågor, varav de fem sista var bonusfrågor som inte användes i projektets beräkningar. Den första frågan angående lastplats var av administrativ karaktär för att veta var intervjuerna gavs och användes således inte i projektets beräkningar. Samtliga frågor redovisas i Tabell 3.1. Frågorna i intervjun kan delas in i tre grupper, exklusive bonus- och administrativa frågor, enligt följande:

1. Teknisk information

Ett antal frågor krävde inte deltagande av respondenterna. Frågorna berörde fordonsklass, registreringsnummer och kategori av aktör. Registreringsnumret användes bland annat för att kontrollera fordonsklassen enligt Transportstyrelsens fordonsregister (Transportstyrelsen, u. å.). Att samla in data om kategori av aktör var relevant för att kartlägga skillnader i effektivitet mellan 1PL och 3PL.

2. Leveransturen

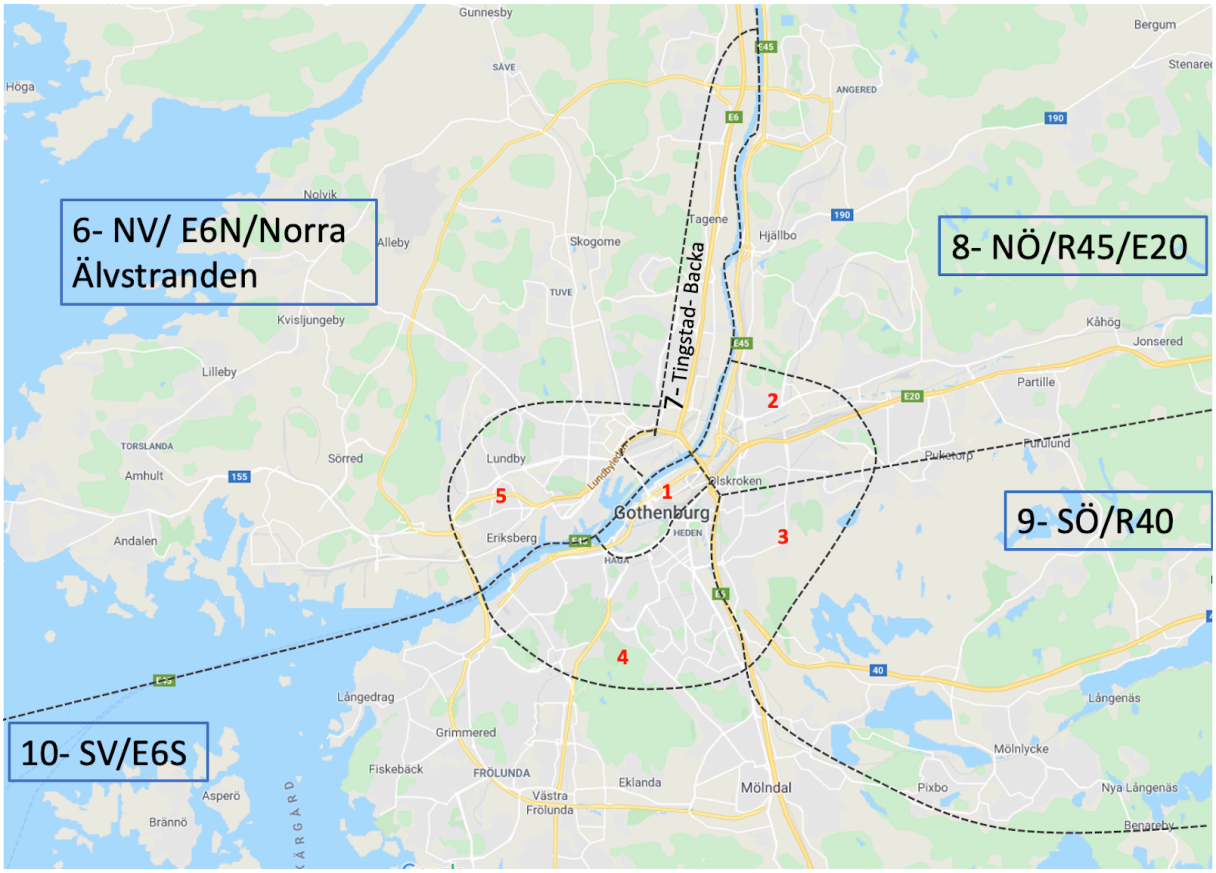
I samband med frågorna användes en fysisk karta i pappersform för att erhålla data kring respektive leveranstur, se Figur 3.1. Kartans gränser definierar vad som ingår i Göteborgs närområde. Frågorna behandlade i vilka zoner chauffören lastar och lossar, hur många stopp som görs under leveransturen, total transportsträcka och antalet leveranser som sker inne i Nordstan, i området Inom Vallgraven och i övriga områden i Göteborg. Leveransturen och platsen för lastning och lossning markerades på kartan, vilken användes som underlag vid beräkning av transportsträcka.

3. Lasten

Frågor kring lasten berörde information om vilken kategori av lastenhet, antal kollin i lasten, fyllnadsgraden, genomsnittligt antal kollin per avlastning, fordonets kapacitet avseende vikt, volym och yta, potentiell begränsning från att lasta ytterligare last samt information om hur mycket vikt, volym och yta lasten upptar. Informationen som erhölls angående lasten användes för att beräkna antalet lastenheter som levereras per leverans till området Inom Vallgraven.

Tabell 3.1 Samtliga 31 frågor som ligger till grund för den genomförda undersökningen indelade i tre kategorier.

Nr	Fråga	Svarstyp	Alternativ
	Teknisk Information		
1	Lastplats	Flerval	Grön, gul, blå, röd, annan
2	Registreringsnummer	Fritext	
3	Fordonstyp	Flerval	HDV, MDV, LDV, Van, pickup, personbil, LEFV, annan
4	Leverantörstyp	Flerval	3PL, Own Account (1PL), annan
5	Vilket företag kör du åt?	Fritext	
	Rutten		
6	Lastningar (zoner)	Flerval	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
7	Lossningar (zoner)	Flerval	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
8	Transportsträcka	Fritext (kontrollberäknas m.h.a. karta)	
9	Hur mycket av lasten skall lastas av här?	Flerval	25%, 50%, 75%, 100%
10	Antal stopp på rutten? (lossning)	Fritext	
11	Antal stopp på rutten? (lastning)	Fritext	
12	Antal kombinerad lastning och lossning?	Fritext	
13	Antal leveranser/hämtningar i Nordstan?	Fritext	
14	Antal leveranser/hämtningar inom Vallgraven?	Fritext	
15	Antal leveranser/hämtningar i andra områden?	Fritext	
	Lasten		
16	Vilken typ av förpackning?	Flerval	Pall, rullbur, paket, annan
17	Hur många kollin är det i lasten?	Fritext	
18	Fyllnadsgrad?	Fritext	
19	Genomsnittligt antal per avlastning	Fritext	
20	Lastkapacitet, vikt (kg)	Fritext	
21	Lastkapacitet, volym (m3)	Fritext	
22	Lastkapacitet, yta (m2)	Fritext	
23	Vad begränsar din maxlast?	Flerval	Vikt, yta, volym, tid/antal stopp, jag når aldrig maxlast, annan
24	Hur mycket väger lasten?	Fritext	
25	Hur stor volym är lasten?	Fritext	
26	Hur stor yta täcker lasten?	Fritext	
	Bonusfrågor		
27	Typ av gods	Flerval	Normalt, tempererat, farligt gods, stöldkänsligt, annan
28	Var i Nordstan lämnar du godset?	Flerval	Butik, lastgatan, annan
29	Hämtar du returgods?	Flerval	Ja, nej
30	Vet du hur mycket bränsle som går åt?	Fritext	
31	Hur upplever du situationen med leveranser/trafik i Göteborg?	Fritext	



Figur 3.1 Karta över Göteborg indelat i tio zoner

3.3 Efterfrågan på lastenheter

I denna del beräknas efterfrågan på lastenheter, inom litteraturen benämnt som fraktgenerering (FG), i området Inom Vallgraven. Efterfrågan beskriver totalt antal efterfrågade lastenheter av kategorierna “pall/rullbur” och “paket/annat”. För att beräkna den totala efterfrågan inom området delades efterfrågan upp per mottagarkategori. Dessa mottagare definierades som ”hotell och restaurang”, ”kontor”, ”dagligvaruhandel”, ”detaljhandel”, ”offentlig verksamhet och utbildning”, ”sjukvård” och ”hushåll” (vars leveranser delades upp i hemleverans och ombudsleverans). Verksamhetskategorierna är hämtade från Sánchez-Díaz (2020a) beräkningsmodell. Utöver dessa finns också kategorierna ”tillverkning” och ”grossist”, men eftersom dessa antogs efterfråga leveranser i stora partier eller med skräddarsydda leveransscheman, exkluderades dessa från studien.

Den totala efterfrågan på lastenheter beräknades genom att summera antalet efterfrågade lastenheter per kategori för respektive mottagarkategori. Uppdelningen av kategori av lastenhet och mottagare erhölls genom att kombinera beräknad data på genomsnittligt antal leveranser varje mottagarkategori ger upphov till (se avsnitt 3.3.1) med genomsnittligt antal lastenheter som levereras per leverans för respektive kategori av mottagare (se avsnitt 3.3.2).

3.3.1 Antal leveranser per dag och mottagarkategori

Leveranser per dag definieras som antalet leveranser som sker till respektive mottagarkategori per dag. För att beräkna antalet leveranser per dag har en beräkningsmodell skapad av Ivan Sánchez-Díaz (2020b) som bygger på data från SCB använts. Denna data kompletterades med data hämtad från NOVELOG (2016). Emellertid innehöll dessa källor varken data kring hur

många leveranser per dag ett hushåll i området Inom Vallgraven efterfrågar, eller antalet ombudsleveranser som sker och därför beräknades detta utifrån kombination av ytterligare information från Sveriges Befolkningspyramid (Statistiska Centralbyrån, SCB, 2020), E-barometern (Postnord, 2019) och Statistik och Analys, Göteborgs stadsledningskontor (2019).

Sánchez-Díaz (2020b) har i tidigare nämnda beräkningsmodell framställt data och beräknat antalet mottagare per kategori det finns per postnummer, samt hur många leveranser de efterfrågar per vecka. De värden som användes i studien är dels antalet mottagare inom respektive mottagarkategori i området Inom Vallgraven, dels antalet leveranser varje kategori efterfrågar per etablering. Beräkningsmodellen använder de postnummer som definieras i avgränsningar, se **Fel! Hittar inte referenskälla.**. Mottagarkategorierna i studien anpassades efter Sánchez-Díaz beräkningsmodell för att underlätta användningen av denna. Antalet leveranser som ”kontor” efterfrågade utifrån beräkningsmodellen var enligt Sánchez-Díaz inte representativ på grund av för få observationer. Detta värde hämtades istället från en motsvarande studie utförd i Stockholm (Sánchez-Díaz, 2020c).

Datan från projektet NOVELOG (2016) samlades in under en 10-dagarsperiod under 2016 från butiker och organisationer i Nordstan i Göteborg och anger antalet lastenheter som olika mottagare (undantaget ”hushåll”, ”sjukvård” samt ”offentlig verksamhet och utbildning”) får levererat och hur många leveranser lastenheterna fördelas på. Mottagarkategorierna i NOVELOG är inte uppdelade enligt tidigare definierade mottagarkategorier, vilket resulterade i att några av källans kategorier slogs samman för att stämma överens med dem i studien. Dels slogs de två kategorierna av mottagare som i NOVELOG definieras som “Hotell” och “Café/Restaurang” samman till “hotell och restaurang”, dels slogs kategorierna “Konfektion” och “Sällanköpsvaror” samman till “detaljhandel”. Utifrån detta beräknades det genomsnittliga antalet leveranser per mottagarkategori.

Sánchez-Díaz (2020b) beräkningsmodell och datan från NOVELOG (2016) kombinerades för att beräkna ett genomsnittligt antal leveranser respektive verksamhetskategori efterfrågar. Dock saknade data från NOVELOG information på mottagarkategorierna ”sjukvård” samt ”offentlig verksamhet och utbildning” och därför användes endast data från Sanchez-Diaz (2020b) beräkningsmodell för dessa två kategorier. Beslutet togs i samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020).

För att kartlägga mängden hemleveranser respektive ombudsleveranser till hushåll i området Inom Vallgraven per dag användes data från E-barometern Årsrapport 2019 (Postnord, 2019). I E-barometern presenteras procentuella andelar av e-handelskonsumenter i åldrarna 18–79 med gemensamma beställningsfrekvenser i en tabell. Med beställningsfrekvens avses i rapporten hur ofta kunden typiskt gör ett e-handelsköp som ger upphov till en leverans av gods. För att framställa den sökta informationen i termer av antal leveranser genomfördes enklare beräkningar som kompletterades med data från Sveriges Befolkningspyramid (Statistiska Centralbyrån, SCB, 2020) och Statistik och Analys, Göteborgs stadsledningskontor (2019). Från SCB hämtades mer specifikt folkbokföringsdata i landet och från Göteborgs stadsledningskontor hämtades data om folkmängden och antalet hushåll i området Inom Vallgraven.

Då flera av de beställningsfrekvenser som anges i e-barometern är något oprecisa, gjordes antaganden för att framställa ett exakt antal beställningar per person och år. Till exempel anges beställningsfrekvenser såsom “2–3 gånger i månaden”, “någon gång per kvartal”, “mer sällan” och “tveksam, vet ej”. I det första fallet antogs en mellanliggande beställningsfrekvens om 2,5

gånger i månaden. För beställningsfrekvenser beskrivna som "någon gång per…", antogs en beställningsfrekvens om ett per tidsenhet; i fallet "någon gång per kvartal" antogs således en beställningsfrekvens om en gång per kvartal. För "mer sällan" antogs ett värde på 0,5 beställningar per år. I det sista fallet då "tveksam, vet ej" angavs antogs en beställningsfrekvens motsvarande den genomsnittliga beställningsfrekvensen hos populationen.

För att omvandla data till antal beställningar per år hos populationen fastställdes antalet svenska medborgare i åldern 18–79 (E-barometern utgår från samma åldersspann) med hjälp av data från Sveriges Befolkningspyramid (Statistiska Centralbyrån, SCB, 2020). Utifrån denna information och data hämtad från E-barometern kunde ett genomsnittligt antal leveranser per person och år beräknas. E-barometern innehöll dessutom data på antalet hushållsleveranser som sker till hemmet, ombud och övriga platser för mottagande. I studien uteslöts leveranser till övriga platser för mottagande efter samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 26 februari 2020) eftersom dessa stod för en liten andel av leveranserna och då det inte fanns data på dessa leveranser för att utföra senare beräkningar. Fördelningen mellan ombudsleveranser och hemleveranser användes tillsammans med det genomsnittliga antal leveranser per person och år för att beräkna hur många leveranser som sker till ombud respektive direkt till hushåll per person och år.

Eftersom projektet syftar till att undersöka leveransbehovet i området Inom Vallgraven användes folkbokföringsdata för att kartlägga antalet leveranser som efterfrågas av hushåll i området. Denna data hämtades från Statistik och Analys, Göteborgs stadsledningskontor (2019) och bestod av antalet residenter och hushåll i området Inom Vallgraven. Antalet hushåll fanns i absoluta tal och antalet residenter var uppdelat efter åldersspann. För att använda samma åldersspann som E-barometern utgår från (18–79 år) togs därför åldersspannen som låg mellan 0–15 och 85-uppåt år bort från totala antalet residenter i området Inom Vallgraven. Det fanns ett åldersspann i datan från Statistik och Analys, Göteborgs stadsledningskontor (2019) som beskrev antalet residenter mellan 75–84 år. För att erhålla samma maximala åldersgräns som E-barometern togs halva antalet residenter i åldersspannet 75–84 år bort från det totala antalet residenter i området Inom Vallgraven. Det fanns dessutom ett åldersspann på 16–18 år och för att erhålla samma minimala åldersgräns som E-barometern togs två tredjedelar av antalet residenter i åldersspannet 16–18 år bort från det totala antalet residenter.

Genom att kombinera data på antalet residenter i åldern 18–79, antalet hushåll i området Inom Vallgraven och antalet leveranser till ombud respektive direkt till hushållen, kunde antalet leveranser som varje hushåll efterfrågar per år beräknas uppdelat i om leveransen sker till ombud eller direkt till hushållen. För att framställa data i samma enhet som företagskategoriernas leveranser (antal per dag) delades antalet leveranser till hushåll per år med totalt antal vardagar på ett år (261 dagar). (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 1 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.3.2 Antal lastenheter per leverans och mottagarkategori

För att beräkna antalet lastenheter olika mottagare i genomsnitt erhåller per leverans användes data från NOVELOG (2016). Datan anger som tidigare beskrivits antalet lastenheter som olika mottagare (undantaget ”hushåll”, ”sjukvård” samt ”offentlig verksamhet och utbildning”) efterfrågar. Lastenheterna är uppdelade i kategorierna pall, rullbur, "hängande/galgat", "back/paket" och "annat". För att dessa skulle stämma överens med tidigare definierade kategorier för lastenheter slogs pall, rullbur och "hängande/galgat" samman till "pall/rullbur" och "back/paket" och "annat" slogs samman till "paket/annat". Sammanslagningen gjordes eftersom de indelade kategorierna av lastenheter kan antas ha samma karakteristik gällande vikt

och volym. Eftersom NOVELOG (2016) inte innehåller data på antalet lastenheter som ”sjukvård” samt ”offentlig verksamhet och utbildning” efterfrågar antogs att dessa överensstämmer med antalet lastenheter som ”kontor” efterfrågar (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020). Dessutom innehåller inte datan från NOVELOG (2016) antalet lastenheter som levereras till ”hushåll” per leverans och därför kompletterades denna med data erhållen vid en intervju utförd av Sönke Behrends med Pling (personlig kommunikation, 30 april 2020). Hemleveranser antogs dessutom endast innefatta paket, och ombudsleveranser levererar endast rullburar om 30 paket vardera (S. Behrends, personlig kommunikation 30 april 2020). Detta betyder att hemleveranser inte innefattar “pall/rullbur” och ombudsleveranser inte innefattar ”paket/annat”. (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 2 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.3.3 Antalet efterfrågade lastenheter per dag

Efter att ha framställt underliggande data i avsnitt 3.3.1 och 3.3.2 kunde den totala efterfrågade mängden lastenheter per dag i området Inom Vallgraven beräknas. Här användes antalet mottagare i området tillsammans med tidigare nämnda resultat från avsnitt 3.3.1 respektive 3.3.2. Detta resulterade i att totalt antal efterfrågade lastenheter uppdelat på kategorierna “paket/annat” och “pall/rullbur” kunde beräknas per dag. (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 3 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.4 Resulterande leveransturer

I denna del beräknas resulterande leveransturer som en konsekvens av efterfrågade lastenheter, inom litteraturen benämnt som frakttransportgenerering (FTG), i området Inom Vallgraven. I beräkningarna delades leveransturerna upp per aktör och per fordonsklass. Aktörerna definierades som 1PL och 3PL. 1PL är en aktör som själv utför de logistiska funktioner relaterade till den fysiska leveransen och 3PL är en aktör som tar över dessa logistiska funktioner. Fordonsklasserna definierades som LDV och MDV, där fordonen delas in med avseende på dess längd och maximala vikt. Längd och maximal vikt för respektive fordon togs fram från Transportstyrelsens hemsida (Transportstyrelsen, u. å.) genom att använda de antecknade registreringsnumren från enkätstudien.

För att konkretisera antalet leveransturer per aktör och fordonsklass, krävdes en kombination av data kring totalt antal lastenheter uppdelat på kategori som efterfrågas per dag (från avsnitt 3.3), hur många lastenheter som levereras i genomsnitt per leveranstur uppdelat på aktör och fordonsklass (avsnitt 3.4.1) och fördelningen av fordon som levererar enheterna (avsnitt 3.3.2).

3.4.1 Lastenheter per leveranstur

För att estimera resulterande leveransturer behövdes data på hur många “paket/annat” och “pall/rullbur” som i genomsnitt levereras per leveranstur av ett fordon av en viss fordonsklass och vilken aktör som utför leveransen i området Inom Vallgraven. Det förstnämnda är nödvändigt eftersom olika lastenheter upptar olika mycket plats i fordonet. Datan över denna fördelning samlades in under de genomförda intervjuerna i Nordstan (se avsnitt 3.2). Specifikt användes svaren om antalet stopp i området Inom Vallgraven under leveransturerna och det genomsnittliga antalet lastenheter som lastades av vid varje stopp. Under intervjun förekom inga svar på att 1PL LDV:s körde paket, vilket i samråd med extern handledare antogs vara felaktigt (S. Behrends. personlig kommunikation, 28 april 2020). Därav antogs det att sådana transporter körde hälften av antalet paket som 3PL LDV per leveranstur. Därmed kunde antalet lastenheter som lossas Inom Vallgraven per leveranstur, aktör och fordonsklass beräknas. (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 4 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.4.2 Trafikfördelning

Trafikfördelningen definierades dels utifrån fordonsklassen som utför leveransen: LDV eller MDV, dels utifrån aktören som utför leveransen: 1PL eller 3PL. För att erhålla data kring detta användes en bifogad datakälla till en rapport under arbete av Behrends, Kalahasthi och Sánchez-Díaz (2020). Datan samlades in under en studie utförd i området kring Domkyrkan som är en del av området Inom Vallgraven. I detta projekt gjordes antagandet att trafikfördelningen i området kring Domkyrkan är representativ för trafikfördelningen i hela området Inom Vallgraven.

Utöver trafikfördelningen identifierades fordonens utsläppsklasser för att i senare steg kunna beräkna utsläppsmängder och -kostnader. Dessa ges från samma datakälla av Behrends, Kalahasthi och Sánchez-Díaz (2020) och innehåller data för EEV, Euro 5, Euro 6 och elfordon. I samråd med extern handledare antogs att EEV och Euro 5 har samma utsläppsvärden (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020).

3.4.3 Resulterande antal leveransturer per dag

Utifrån antagandet att LDV endast utför paketleveranser och MDV endast pall-leveranser kunde antalet leveransturer per dag i området Inom Vallgraven beräknas. I beräkningarna beaktades antalet lastenheter som efterfrågas per dag (se avsnitt 3.3), antalet lastenheter per leveranstur (se avsnitt 3.4.1) per fordonsklass och aktör och trafikfördelningen (se avsnitt 3.4.2). Antalet leveransturer per dag är alltså summan av antalet leveransturer som krävs för att tillgodose leveransbehovet av respektive lastenhet som efterfrågas i området Inom Vallgraven per dag. (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 5 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.5 Externa kostnader

För att beräkna extern kostnad för respektive kostnadskälla under en leveranstur användes två olika metoder, beroende på om kostnaden skulle beräknas för utsläpp av koldioxid och luftföroreningar (emissioner) eller för olyckor, buller och trängsel (trafikrelaterade kostnader). Detta på grund av att datan för att beräkna kostnaden fanns tillgänglig i olika format. Gemensamt för båda metoder var behovet av att beräkna en genomsnittlig leveranstur med avseende på fordonsklass och aktör (definierade i avsnitt 3.4) samt avgöra vilken kategori av väg turen utfördes på och vägarnas trafikmängd under turen.

Samtliga av de vägar som förekom under transportsträckorna erhållna vid enkätstudien sammanställdes till att inkluderas i en av tre olika kategorier i samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 22 april 2020). Vägkategorierna som kategoriserades är motorväg, infartsled och lokal väg. I studien definierades en motorväg som en flerfilig väg med avskärmande mittremsa belägen utanför centrala Göteborg, exempelvis en europaväg. Infartsled definierades som del av en europaväg som löper genom centrala Göteborg samt flerfilig väg med avskärmande mittremsa i nära anslutning till motorväg. Lokal väg definierades som mindre och ofta enfiliga vägar. Trafikmängd definierades utifrån mängden trängsel på vägarna och delades upp i “ingen trängsel”, “måttlig trängsel” och “trängsel”. Uppdelningen i vägkategori och trafikmängd gjordes eftersom fordon orsakar olika mängd externa kostnader beroende på mängden trafik som ockuperar vägarna under leveransturen och vilken kategori av väg fordonen transporteras på (de Bruyn, et al., 2019). Metoden för att beräkna en genomsnittlig leveranstur förklaras i avsnitt 3.5.1. Beräkningen av kostnaden för emissioner presenteras i avsnitt 3.5.2 och beräkningen för de trafikrelaterade kostnaderna förklaras i avsnitt 3.5.3.

3.5.1 Vägkategori och trafikmängd under en genomsnittlig leveranstur

Data för i vilka förhållanden en genomsnittlig leveranstur sker kom från den genomförda intervjun i Nordstan. Det relevanta i detta fall var svaren som lämnades angående transportsträcka per leveranstur, i vilka zoner chauffören gjorde stopp för att lossa och lasta och rutten leveransturen utfördes på utifrån respektive karta. Utifrån chaufförens utsaga och markeringar på kartan togs startpunkt och slutpunkt för leveransturen fram och lades in i Google Maps (Google, u. å.a) för att ta fram hur leveransturen såg ut. Sträckan på leveransturen räknades från platsen där fordonet körde in i Göteborgs närområden (utifrån Figur 3.1). Om inget annat angavs av respondenten, antogs det att leveransturen avslutades vid första lastningspunkt efter att alla lastningar och lossningar under turen slutförts. En av kartorna uteslöts från beräkningarna eftersom respondenten inte angett stoppen under leveransturen till en tillräckligt specifik grad och därför användes 28 kartor.

För att avgöra på vilka vägkategorier och i vilka trafikmängder leveransturen genomfördes lades kartorna in i ett verktyg i Google Maps (Google, u. å.b). Verktyget visar en karta över typisk trafik på vägarna under en vald veckodag och tidpunkt genom att vägarna är markerade i olika färger (grön, orange, röd eller mörkröd) beroende på vägarnas framkomlighet. Då enkätstudien utfördes en torsdag mellan kl. 07.00-11.30, ställdes en torsdag kl. 08.00 in i verktyget för beräkning av samtliga fordons transportsträcka. De fyra färgerna i verktyget sammankopplades med de tre tidigare definierade graderna av trafikmängd på vägarna, där "ingen trängsel" sammankopplades med gröna vägar, "måttlig trängsel" med orangea vägar och "trängsel" med röda och mörkröda vägar. Ett medelvärde av leveransturens olika delar, i form av trafikmängd på vägarna och vägkategori, beräknades från kartorna.

3.5.2 Kostnad för emissioner per leveranstur

Vid beräkning av kostnaden för emissioner krävdes data kring en genomsnittlig leveranstur, mängden utsläpp per transportsträcka och kostnaden för utsläppen per mängd. Det förstnämnda beräknades i 3.5.1. Data på mängden utsläpp per transportsträcka hämtades från databasen HBEFA (INFRAS, 2019). Datan är uppdelad efter vägkategori och trafikmängd (enligt avsnitt 3.5) och beskriver mängden emissioner (i gram) som olika fordon släpper ut per kilometer. Databasen baserar fordonens utsläpp utifrån viktklass och utsläppsklass. Viktklasserna är uppdelade i "ca 16 ton" och "ca 3 ton", där den förstnämnda viktklassen likställdes med MDV och den sistnämnda med LDV i samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020). Utsläppsklasserna är som tidigare definierat uppdelade i Euro 5 och Euro 6. Den genomsnittliga leveransturen och mängden utsläpp per transportsträcka kombinerades för att beräkna mängden emissioner som orsakas av respektive fordonsklass och aktör per leveranstur.

Denna data kombinerades sedan med värden för kostnader av emissioner per ton från den bifogade Excelfilen till rapporten av de Bruyn et al. (2019) för att beräkna kostnaden för respektive emission per leveranstur. Excelfilen beskriver kostnaden uppdelat per land och i detta projekt användes kostnader för Sverige. Värdena för kostnaden för några emissioner är dessutom olika beroende på i vilken miljö utsläppen sker i. Kostnaden för CO_2, NMVOC och SO_2 är oberoende av miljö och är därför konstanta för alla vägkategorier och trafikmängd.

Kostnaden för PM och NOx är dock högre desto närmare stadskärnan utsläppen sker (de Bruyn, et al., 2019). Kostnaden för PM delas upp i områdena storstad ("metropolitan"), urbana områden och landsbygd ("rural"). De områden som användes i denna studie är storstad och urbant. För att beräkna kostnaden för PM utifrån denna uppdelning har det i samråd med extern handledare antagits att kostnaden i storstadsområden appliceras på lokal väg och kostnaden i

urbana områden appliceras på motorväg och infartsled (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020). Kostnaden för NOx är uppdelad i områdena städer (”cities”) och landsbygd (”rural”) och i samråd med extern handledare har kostnaden för NOx i städer applicerats på alla typer av vägar (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020). Värdet för landsbygd appliceras inte på någon av vägkategorierna eftersom området landsbygd inte finns representerat på den karta över Göteborg som de genomsnittliga transportsträckorna är beräknade från. Med nämnda data beräknades sedan den totala kostnaden för utsläpp per leveranstur och fordonsklass. (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 6 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.5.3 Trafikrelaterade kostnader per leveranstur

Vid beräkning av kostnaden för olyckor, buller och trängsel behövdes inte mängden externa kostnader beräknas per leveranstur, eftersom det direkt gick att extrahera data för kostnaden av externa kostnader per transportsträcka från de Bruyn et al. (2019). Värdena för de tre externa kostnader var presenterade i euro-cent/vkm (eurocent per fordonskilometer), vilket betyder att för att beräkna kostnaden från en genomsnittlig leveranstur utifrån dessa värden behövdes den genomsnittliga leveransturen multipliceras med de kostnader som stämde överens med rätt vägkategori och trafikmängd. Värden på kostnaderna i den bifogade Excelfilen (de Bruyn, et al., 2019) är uppdelad på olika sätt beroende på vilken trafikrelaterad kostnad som analyserades, exempelvis beroende på om det är dag eller natt, vilken trafikmängd fordonen körde i eller beroende på vägkategori. Därför behandlades respektive trafikrelaterad kostnad olika. De externa kostnaderna beror dessutom på kategori av fordon. I de Bruyn et al. (2019) är fordonen uppdelade i LCV, ”light commercial vehicle” (lätt kommersiellt fordon), och HGV, ”heavy goods vehicle” (tungt godsfordon). I samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020) antogs det att LCV likställdes med LDV och HGV med MDV, utifrån tidigare definierade fordonsklasser.

Värden på kostnader för trängsel och olyckor är dessutom uppdelad efter land i den bifogade Excelfilen till rapporten av de Bruyn et al. (2019), vilket gjorde att specifika värden för Sverige kunde extraheras för dessa kostnader. För dessa trafikrelaterade kostnader fanns dessutom datan i samma format för båda fordonsklasser. Dock fanns värden på kostnaden för buller inte enhetligt tillgänglig för båda fordonsklasser och dessutom inte i ett användbart format för kostnader i Sverige, vilket resulterade i att vissa antaganden gjordes och datan extraherades på olika sätt.

Kostnaden för trängsel extraherades från de Bruyn et al. (2019) och var uppdelad i område, vägkategori och trafikmängd. Området var uppdelat i urbana områden (”urban area”) och mellanstadsområde (”inter-urban area”). För urbana områden var vägkategorierna uppdelade i riksväg (”trunk road”) och övrig urban väg (”other urban road”). För mellanstadsområden var vägkategorierna uppdelade i motorvägar (”motorways”) och övrig väg (”other road”). Varje vägkategori var dessutom uppdelad i trafikmängd utifrån överkapacitet (”over capacity”), belastad (”congested”) och nära kapacitet (”near capacity”). För vägkategorierna likställdes motorvägar med denna studies tidigare definition av motorväg, riksväg likställdes med infartsled och övrig urban väg likställdes med lokala vägar, enligt Tabell 3.2. Övriga vägar användes inte då dessa inte ansågs relevanta utifrån beräkningen av transportsträcka och studiens omfång. För trafikmängd likställdes nära kapacitet med tidigare definierat måttlig trängsel och trängsel likställdes med medelvärdet mellan överkapacitet och belastad, enligt Tabell 3.3. Den bifogade Excelfilen behandlar bara kostnader när vägarna är ockuperade och därför antogs värden för när vägarna inte var ockuperade vara lika med noll för alla vägkategorier och fordonsklasser utifrån rapporten skriven av de Bruyn et al. (2019).

*Tabell 3.2 Tolkning av vägkategori för trängselkostnader från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade vägkategorier.*

Område*	Vägkategori*	Vägkategori**
Urbana områden (urban area)	Riksväg (trunk road)	Infartsled
	Övrig urban väg (other urban road)	Lokal väg
Mellanstadsområde (inter-urban area)	Motorvägar (motorways)	Motorväg
	Övrig väg (other roads)	Användes inte

*Tabell 3.3 Tolkning av trafikmängd för trängselkostnader från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade trafikmängder.*

Trafikmängd*	Trafikmängd**
Överkapacitet (over capacity)	Trängsel
Belastad (congested)	
Nära kapacitet (near capacity)	Måttlig trängsel

Olyckor är endast uppdelad enligt motorväg (”motorway”), urban väg och landsväg (”rural”) (de Bruyn, et al., 2019). Motorväg likställdes med denna studiens tidigare definition av motorväg. Urban väg likställdes med både infartsled och lokal väg, vilket medförde att dessa vägkategorier fick samma värden för kostnaden. Landsväg användes inte i studien eftersom denna vägkategori inte ansågs relevant utifrån beräkningen av transportsträcka och studiens omfång. Detta illustreras i Tabell 3.4. Enligt den bifogade Excelfilen beror endast kostnaden för olyckor på var fordonen färdas och inte på trafikmängden. Därför fick alla kategorier av trafikmängd samma värde för en typ av vägkategori. Det vill säga, alla trafikmängder för motorväg hade samma värden och de tre trafikmängderna för infartsled och lokal väg fick samma värden, då båda likställdes med urban väg.

*Tabell 3.4 Tolkning av vägkategori för olyckskostnader från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade vägkategorier.*

Vägkategori*	Vägkategori**
Motorväg (motorway)	Motorväg
Urban väg (urban)	Infartsled
	Lokal väg
Landsväg (rural)	Användes inte

Kostnaden för buller extraherades på olika sätt beroende på fordonsklass då datan inte fanns tillgänglig på samma sätt som för trängsel och olyckor (de Bruyn, et al., 2019). För LDV:s användes ett medelvärde av bullerkostnader för de europeiska länderna från rapporten skriven av de Bruyn et al. (2019). Dessa värden är uppdelade i dag och natt, trafikmängd och i vilken miljö fordonen kör. I denna studie användes endast värden för dag eftersom alla leveranser som är underlag för data i denna studie observerats på dagen. Trafikmängden är uppdelad i tät (”dense”) trafik och lätt (”thin”) trafik. Tät trafik likställdes med tidigare definierade begrepp trängsel och måttlig trängsel, och lätt trafik likställdes med ingen trängsel, enligt Tabell 3.5. Miljön är uppdelad i urban miljö, förortsmiljö (”suburban”) och landsbygd (”rural”). Urban miljö likställdes med de tidigare definierade vägkategorierna infartsled och lokal väg och förortsmiljö likställdes med motorväg, enligt Tabell 3.6. Landsbygd likställdes inte med någon

vägkategori eftersom denna miljö inte ansågs relevant för studien. För värden på kostnaden för buller orsakad av MDV:s beräknades ett medelvärde för kostnader i Sverige för tre olika viktklasser av HGV (3,5–7,5 ton, 7,5–16 ton och 16–32 ton) från den bifogade Excelfilen av de Bruyn et al. (2019) efter samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 30 april 2020). Detta eftersom det i rapporten inte fanns en definition av kostnaden för buller som var kompatibel med tidigare insamlad data.

*Tabell 3.5 Tolkning av miljö för bullerkostnader för LDV från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade vägkategorier.*

Miljö*	**Vägkategori****
Urban miljö	Infartsled
	Lokal väg
Förortsmiljö (suburban)	Motorväg
Landsbygd (rural)	Användes inte

*Tabell 3.6 Tolkning av trafikmängd för bullerkostnader för LDV från *de Bruyn et al. (2019) till **studiens definierade Trafikmängd.*

Trafikmängd*	**Trafikmängd****
Tät (dense) trafik	Trängsel
	Mättad trängsel
Tunn (thin) trafik	Ingen trängsel

Resultatet från denna del beskriver kostnaden för en leveranstur uppdelat på trängsel, olyckor och buller och även utifrån fordonsklass och aktör. (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 7 för samtliga beräkningar i avsnittet).

3.5.4 Totala externa kostnader per dag

Den totala kostnaden för den urbana logistiken i området Inom Vallgraven definieras i kronor per dag uppdelat på fordonsklass och aktör. För att beräkna den totala kostnaden behövdes data på antalet leveransturer per dag uppdelat på fordonens utsläppsklasser, kategori och aktör. Utöver detta behövdes data på hur stora de externa kostnaderna är per dag. Den förstnämnda datan redogjordes för i avsnitt 3.4.2. Den sistnämnda datan beräknades i avsnitt 3.5.2 och 3.5.3.

Den sistnämnda datan var en kombination av data kring en leveransturs upphov till externa kostnader med avseende på vägkategori och trafikmängd (se avsnitt 3.5) och parametervärden för hur stor respektive extern kostnad är per enhet, vilket hämtas från en tabell (de Bruyn, et al., 2019). (se Bilaga 2 – Beräkningar, steg 8 för samtliga beräkningar i avsnittet).

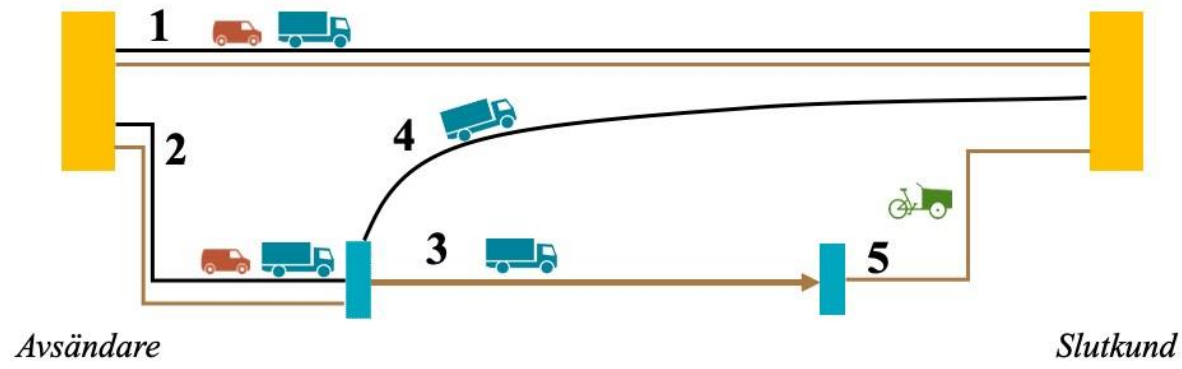
3.6 Implementering av terminalsystem

Implementeringen av en samlastningsterminal i Angered påverkar inte efterfrågan av lastenheter i området Inom Vallgraven. Därför blir efterfrågan av lastenheter i scenariot samma som i avsnitt 3.3. Dessutom förändras inte kostnaderna för respektive extern kostnad per transportsträcka vilket innebär att även delar av avsnitt 3.5 förblir oförändrade. Däremot förändrades transportsträckorna, antal leveranser och de totala externa kostnaderna.

3.6.1 Nya transportsträckor

Leveransturerna ändras efter implementering av terminalsystem som en konsekvens av att en del transportfordon färdas till samlastningsterminalen för att konsolidera leveransen till

området Inom Vallgraven. Därför beräknades nya genomsnittliga transportsträckor för respektive ny leveranstur. Med implementering av terminalsystemet kommer lastenheter kunna färdas på två olika transportsträckor från avsändaren, antingen direkt till slutkund som nuläget (1) eller till samlastningsterminalen i Angered (2). Från samlastningsterminalen åker "paket/annat" med matartransporter till omlastningsterminalen i Nordstan (3) och "pall/rullbur" åker med MDV:s direkt till slutkund (4). Lastenheterna delas upp på olika leveranssätt eftersom LEFV:s som används för transport mellan omlastningsterminal och slutkund endast kan lasta mindre paket (Behrends, S., personlig kommunikation, 30 april 2020). Från omlastningsterminalen levereras sedan "paket/annat" till slutkund via LEFV:s (5). Dessa olika vägar illustreras i Figur 3.2.



Figur 3.2 Leveransturerna efter implementering av terminalsystem. Svarta turer representerar "pall/rullbur" och bruna dito "paket/annat".

Transportsträckan från samlastningsterminalen till omlastningsterminalen är likadan för samtliga matartransporter. Transportsträckan för leverans av "pall/rullbur" från samlastningsterminalen till slutkund beräknades genom att använda samma transportsträcka som leverans mellan sam- och omlastningsterminalen och lägga till en sträcka för transport i området Inom Vallgraven. Detta gjordes eftersom transportsträckan för att åka till området Inom Vallgraven sker via Nordstan och det ansågs därför rimligt i kontexten. Sträckan som lades till uppgick till 2,5 km på lokala vägar i trafikmängden måttlig trängsel och illustrerar leverans av samtlig last. Leveranser som utförs av LEFV:s sker endast på den definierade vägkategorin lokala vägar och med trafikmängden måttlig trängsel och transportsträckan för en leverans antogs vara 2 km. Dessa antaganden om transportsträcka i området Inom Vallgraven gjordes i samråd med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation, 28 april 2020). Transportsträckan för MDV:s är längre än för LEFV:s eftersom det antas att de större fordonen inte kan färdas på alla vägar i området Inom Vallgraven och därför måste ta omvägar.

Den genomsnittliga transportsträckan för samtliga leveransturer beräknades genom att på samma sätt som i avsnitt 3.5.1 använda Google Maps och dess verktyg för att illustrera trafikmängden (Google, u. å.a; Google, u. å.b). Då ett av fordonen redan startade från samlastningsterminalen valdes denna att tas bort, vilket resulterade i att 27 kartor användes i beräkningen av en genomsnittlig transportsträcka till samlastningsterminalen. Denna transportsträcka var den enda som beräknades utifrån kartorna från enkätstudien eftersom startpunkten för fordonen som färdas till samlastningsterminalen är varierande och därför behövdes ett genomsnitt beräknas. För resterande transportsträckor finns en tydlig väg från samlastningsterminalen till Nordstan respektive till området Inom Vallgraven och därför krävdes det endast att en transportsträcka lades in i verktyget i Google Maps.

3.6.2 Antal leveransturer per dag

Efter diskussion med extern handledare (S. Behrends, personlig kommunikation 30 april 2020) bestämdes att 75 % av nuvarande leveransturer kör till samlastningsterminalen och 25 % kör som vanligt, det vill säga, enligt den beräknade genomsnittliga transportsträckan från avsnitt 3.5.1. Anledningen till att 25 % inte kör via samlastningsterminalen är dels att en del fordon redan har en tillräckligt hög fyllnadsgrad, dels att den omväg ett fordon kör till samlastningsterminalen ibland inte vägs upp av den ökade fyllnadsgraden i lasten. Därför är det ibland mer effektivt att inte köra via samlastningsterminalen.

Direkt transport till kund och transport till samlastningsterminal sker med samma fördelning mellan fordonsklasserna som i nuläget, men från samlastningsterminalen till omlastningsterminalen antogs det att matartransporten endast sker med MDV:s eftersom dessa har en stor lastkapacitet. Matartransporten innehåller endast "paket/annat" eftersom LEFV:s, som från omlastningsterminalen transporterar matartransportens gods vidare i området Inom Vallgraven, endast kan lasta "paket/annat". Lastenheterna "pall/rullbur" som åker från samlastningsterminalen levereras med MDV direkt till slutkund.

Samtliga fordon som utför leveranser från sam- och omlastningsterminalen definieras dessutom som 3PL. Vidare bestämdes att fyllnadsgraden för lastfordon som färdas från samlastningsterminalen uppgår till 85 %. Denna fyllnadsgrad bestämdes i samråd med extern handledare utifrån dennes erfarenhet av liknande scenarion (S. Behrends, personlig kommunikation, 30 april 2020).

3.6.3 Totala externa kostnader per dag vid implementering av terminalsystem

Efter beräkning av de nya transportsträckorna och antalet turer som respektive fordonsklass kör till respektive destination, beräknades externa kostnader för de olika sträckorna i Figur 3.2. Detta gjordes på samma sätt som för nuläget och med samma värden för de externa kostnaderna. Efter diskussion med extern handledare antas det att externa kostnader orsakade av LEFV:s är försumbara i förhållande till större, motordrivna, fordon och är därför i studien satta till noll (S. Behrends, personlig kommunikation, 30 april 2020).

För att besvara projektets huvudfrågeställning, "Hur stor är den potentiella förbättringen beräknad utifrån externa kostnader av konsoliderade logistikflöden i Göteborg vid en implementering av ett terminalsystem jämfört med nuläget?", jämfördes de externa kostnaderna i nuläget med de externa kostnaderna efter implementering av terminalsystemet.

3.7 Metoddiskussion

Valet att genomföra en fallstudie ger anledning att ifrågasätta i vilken utsträckning generaliseringar av det observerade systemet är korrekta. Eftersom informationen som erhölls vid enkätstudien i Nordstan antogs vara representativ för området Inom Vallgraven finns risk för missvisande resultat i vidare beräkningar om antagandet inte stämmer. Tillfället för enkätstudiens genomförande valdes främst utifrån målet att erhålla en hög svarsfrekvens. På grund av utbrottet av COVID-19, begränsades antalet tillfällen för datainsamling till en. En möjlig nackdel med att leveranserna till Nordstan endast betraktades under ett tillfälle är att variationer hos leveranserna inte upptäcktes. Studien genomfördes under en torsdagsmorgon då leveranserna antogs ske som mest frekvent. Om studien hade genomförts under andra tider på dygnet eller under helgen, är det möjligt att datan hade varit annorlunda.

Under enkätstudien var chaufförernas brist på tid det som huvudsakligen begränsade kvalitén på svaren. För att erhålla svar på samtliga frågor fanns sällan tid till att kontrollera eller ifrågasätta chaufförernas svar samtidigt som upplevelsen var att chaufförerna själva gjorda grova uppskattningar för att besvara frågorna snabbt. Ofta svarade chaufförerna medan de lossade lasten vilket dessutom kan ha påverkat hur väl chaufförerna tänkte igenom svaren. Exempelvis fick chaufförerna rita in transportsträckan och platserna för på- och avlastning av gods på en karta. På grund av tidsfönstret uppskattades dessa i de allra flesta fall utan avstämning med ett transportschema. I vissa fall erhölls bara platser för angöring och då gjordes antaganden om transportsträckan i efterhand med hjälp av Google Maps (se avsnitt 3.5.1). Ett alternativt sätt att erhålla mer exakta transportsträckor hade varit att be om adresser på platser för angöring.

Framförallt vid analysen av enkätstudiens resultat framkom svagheterna med enkätstudien. Eftersom resultatet från enkätstudien skulle användas i projektets beräkningar var det viktigt att svaren var tillräckligt specifika. För att framställa sådana svar framarbetades intervjufrågor som var rättframma (se avsnitt 3.2). Emellertid kvarstod vissa övergripande formuleringar vilket medförde ospecifika svar som försvårade särskiljandet av data vid analysen av enkätstudiens resultat. Exempelvis tillfrågades chaufförerna om antalet kollin i lasten istället för exempelvis antalet paket, vilket medförde svar med ospecificerade lastenheter. Även om sådana problem gick att reda ut var processen tidskrävande och antaganden behövde göras.

Några frågor som ställdes i enkätstudien saknade syfte och resulterade därför inte i någon användbar data. Andra frågor som ställdes kunde ha besvarats med bättre kvalitet med hjälp av databaser, till exempel frågor rörande fordons lastkapacitet. För fordonsklassernas lastkapacitet gjordes dessutom senare antaganden oberoende av svaren erhållna vid enkätstudien. Således kunde sådana frågor ha uteslutits från enkäten. Att frågor som i slutändan inte bidrog till resultatet ställdes, innebar inte någon direkt förlust av data. Emellertid åtgick tid till att ställa sådana frågor som istället kunde använts till att erhålla högre kvalitet på svar på andra frågor.

Av samma skäl fanns det frågeställningar i enkätstudien som resulterade i samma typ av data, till exempel frågeställningar rörande antalet lastningar som dels besvarades genom tillfrågan, dels genom att chaufförerna fick rita ut platserna för lastning på en karta. Enligt tidigare argumentation innebar sådana frågor inte någon direkt förlust av resultat utan främst en förlust i svarskvalitet då den begränsade tiden kunde ha utnyttjats mer effektivt. Emellertid kan upprepningen av frågor ha inverkat positivt på svarskvalitén genom att chaufförerna då fick mer tid att reflektera över svaren.

Vid enkätstudien tillfrågades chaufförerna om den specifika leverans, last och fordon som hanterades vid tillfället för studiens genomförande. Chaufförerna tillfrågades inte om generella sakförhållanden vilket kan ha influerat studiens resultat. Genom att utgå ifrån generella sakförhållanden hade möjligtvis mer genomsnittliga värden erhållits men de hade också varit mer avhängiga chaufförernas kunskap eftersom värdena då i allt högre grad hade uppskattats.

Strax efter enkätstudiens genomförande utbröt COVID-19 vars tidiga konsekvenser troligtvis influerade resultatet. Eftersom enkätstudien genomfördes innan samhälleliga restriktioner införts och innan dess konsekvenser var särskilt märkbara, betraktas studiens resultat ändå som representativt. Ingen förändring i chaufförernas antal transporter, transportsträckor och antal leveranspunkter antas ha skett på grund av COVID-19, främst eftersom viruset vid tiden för studiens genomförande ännu inte tydligt bidragit till förändringar i den urbana logistiken, men också för att detta inte framkom av chaufförerna under enkätstudien. Emellertid framkom i ett

fåtal svar att omständigheten medfört att mängden gods per leverans minskat och således påverkat fordonens fyllnadsgrad.

En eventuell svaghet i den valda metoden är att den endast utgår från en källa avseende data över antal lastenheter som efterfrågas av olika verksamheter. Källan betraktades dock som tillförlitlig, men hade kunnat kompletteras med ytterligare en källa för att stärka dess trovärdighet. Kontinuerligt i metodkapitlet förekommer antaganden som enskilt är väl motiverade. Dock kan antaganden i kombination ge upphov till samspelseffekter och ge ett missvisande resultat.

Angående resulterande trafik antas det att fordon av typen LDV endast levererar paket och att fordon av typen MDV endast levererar pall, för att homogenisera data från undersökningen av trafik i området kring Domkyrkan och data från undersökningen i Nordstan. Detta antagande medför viss avvikelse från verkligheten och bidrar till att beräknat resulterat antal gods av de två typerna blir något missvisande.

Värden för de externa kostnader som användes som underlag för att beräkna förbättringspotentialen i avsnitt 3.4 hämtades endast från en källa. Då värden som baseras på svensk data inte fanns tillgänglig har genomsnittliga värden för samtliga EU-länder använts. Detta medför att värdena kan vara missvisande för valt geografiskt område. Den organisation från vilken värdena har hämtats omnämns på Europeiska kommissionens hemsida och därför anses både organisationen och inhämtad data vara trovärdiga. Liknande resonemang gäller använda värden för emissioner vilka endast hämtats från databasen HBEFA (INFRAS, 2019). Detta är samma värden som rapporteras till myndigheter och organisationer inom trafik och natur i Sverige och sedermera EU och FN och anses därför vara godtagbara i studien.

Vid bestämmande av vägkategori och trafikmängd fanns det i liten utsträckning information om vilka exakta vägar som användes under leveranser, även då chaufförer gav detaljerade utsagor. Därför var det nödvändigt att göra godtyckliga val av transportsträckor. Detta har sannolikt bidragit till att transportsträckorna angivna i projektet avviker från de faktiska, vilket därigenom påverkat studiens resultat.

I det verktyg som användes för bedömning av trafikmängd antogs en specifik tidpunkt för att erhålla trafikmängder på de olika vägarna. Att välja ut en specifik tidpunkt var nödvändigt för att förenkla databearbetningen. Då det är svårt att säga när olika transportfordon körde in i området Inom Vallgraven, valdes en godtycklig tidpunkt som låg innanför tidsramen för när enkätstudien genomfördes. Eftersom trafiken varierar under dygnets alla timmar och då det endast utgicks ifrån en tidpunkt på dygnet, har troligtvis avvikande värden på trafikmängder erhållits. Även tillförlitligheten i Googles verktyg kan diskuteras eftersom ingen information finns tillgänglig om hur trafikmängder kartläggs. Detta sammantaget innebär att de trafikmängder som användes som underlag möjligen inte är sanningsenliga. Detta kan ha påverkat resultatet och inverkat på styrkan hos den valda metoden.

För att beräkna de externa kostnaderna vid implementering av omlastningsterminaler antogs att 25 % av lastfordonen inte lastas om vid omlastningscentralen i Angered, eftersom denna andel av lastfordon redan antas ha tillräckligt hög fyllnadsgrad. Andelen 25 % bestämdes i samråd med extern handledare (se avsnitt 3.6.2). Eftersom Behrends har erfarenhet från liknande studier betraktas denna andel vara väl avvägd. Dock är detta inte ett reellt värde då det till syvende och sist är en skattning. Av de lastfordon som i scenariot konsoliderar lasten vid samlastningsterminalen antogs den nya fyllnadsgraden uppgå till 85%. Andelen 85% är rimlig

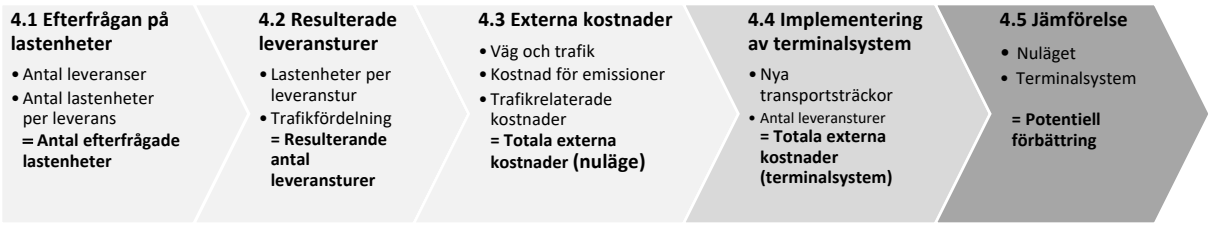
eftersom det i praktiken är svårt att uppnå högre fyllnadsgrad för samtliga leveranser och procentsatsen är därför ett godtagbart medelvärde. Likväl gäller även här att antagandet är en uppskattning eftersom verkliga data inte finns på hur fyllnadsgraden skulle förändras vid en implementering av ett terminalsystem i Göteborg.

Externa kostnader orsakade av LEFV:s antogs vara försumbara i förhållande till externa kostnader orsakade av större, motordrivna fordon och sattes därför till noll i projektets beräkningar. Detta är inte fullt rimligt då LEFV:s kan bidra med olycks- och trängselkostnader. Exempelvis ökar olycksrisken när ett högre antal LEFV:s färdas på tätbefolkade gågator och cykelvägar, i synnerhet då fotgängare och cyklister är oskyddade trafikanter. Trängselkostnader antogs vara minimala eftersom LEFV:s inte behöver begränsas till vägar, utan kan även framföras på cykelvägar, gångfartsområden samt vissa gågator. Emellertid har gatorna ett stort antal fotgängare och cyklister dagtid vilket kan innebära en ökad trängsel på dessa gator när de dessutom blir belastade av det ökade antalet LEFV:s vid en implementering av terminalsystem. Belastningen kan dessutom öka risken för olyckor. Att anta att externa kostnader orsakade av LEFV:s är försumbara innebär en försköning av egenskaperna hos ett terminalsystem och därigenom dess förbättringspotential. För att erhålla mer faktiska resultat skulle LEFV:s externa kostnader kunnat inkluderats i beräkningarna.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten i samma ordning som metodkapitlet är strukturerat. Ett avsnitt, 4.5, har lagts till i detta kapitel som beskriver resultaten i relation till huvudfrågeställningen. Beräkningsstegen i kapitlet illustreras i Figur 4.1. I samtliga tabeller förekommer värden som är avrundade.

Figur 4.1 Flödesschema för beräkningar i resultatkapitlet.



4.1 Efterfrågan på lastenheter

Avsnittet presenterar de resultat som besvarar studiens första delfrågeställning: "Hur ser leveransbehovet ut till områdets verksamheter och hushåll?". Avsnittet presenterar data som framställdes i metodavsnitt 3.3.

4.1.1 Antal leveranser per dag och mottagarkategori

Utifrån postnumren angivna i **Fel! Hittar inte referenskälla.** framställdes antalet mottagare i respektive mottagarkategori vilket visas i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Antalet mottagare inom varje mottagarkategori i området Inom Vallgraven.

Mottagarkategori	Antal i området innanför vallgraven [st]
Hotell och restaurang	242
Sjukvård	360
Kontor	1 670
Offentlig verksamhet	117
Detaljhandel	466
Dagligvaruhandel	83
Hushåll	2 387

Antalet leveranser till respektive mottagarkategori presenteras i Tabell 4.2 där data från både Sánchez-Díaz (2020b) och NOVELOG (2016) är inkluderade för att visa vilka värden som innefattas i det beräknade medelvärdet.

*Tabell 4.2 Antalet leveranser varje verksamhetskategori genererar i genomsnitt per dag. *Sánchez-Díaz, **NOVELOG*

Verksamhetskategori	Leveranser [antal/dag] *	Leveranser [antal/dag] **	Medel [antal/dag]
Hotell och restaurang	451	616	797
Sjukvård	149	352	26
Kontor	2 011	4 745	344
Offentlig verksamhet	84	199	14
Detaljhandel	1 059	1 200	1 007
Dagligvaruhandel	190	1 133	1 064

Antalet leveranser till hushåll i området Inom Vallgraven presenteras i Tabell 4.3 och delas upp på om leveransen sker till hemmen eller via ombud.

Tabell 4.3 Antalet leveranser varje hushåll genererar i genomsnitt per dag.

Hushåll	Leveranser [antal/dag]
Hushåll (hemleverans)	0,02
Hushåll (ombudsleverans)	0,04

4.1.2 Antal lastenheter per leverans och mottagarkategori

Antalet "paket/annat" och "pall/rullbur" som levereras till respektive mottagarkategori per leverans presenteras i Tabell 4.4.

Tabell 4.4 Antalet lastenheter som varje mottagarkategori får per leverans.

Mottagarkategori	Paket/Annat [antal/leverans]	Pall/Rullbur [antal/leverans]
Hotell och restaurang	1,37	1,77
Sjukvård	2,36	0,17
Kontor	2,36	0,17
Offentlig verksamhet	2,36	0,17
Detaljhandel	1,13	0,95
Dagligvaruhandel	5,95	5,59
Hushåll (hemleverans)	1,30	0,00
Hushåll (ombudsleverans)	1,30	0,00

4.1.3 Antal efterfrågade lastenheter per dag

Utifrån Tabell 4.2, Tabell 4.3 och Tabell 4.4 kan antalet lastenheter per dag för respektive mottagarkategori beräknas. Detta visas i Tabell 4.5.

Tabell 4.5 Antal lastenheter som respektive mottagarkategori efterfrågar per dag.

Mottagarkategori	Paket/Annat [antal/dag]	Pall/Rullbur [antal/dag]
Hotell och restaurang	616	797
Sjukvård	352	25
Kontor	4 745	344
Offentlig verksamhet	199	14
Detaljhandel	1 200	1 007
Dagligvaruhandel	1 133	1 064
Hushåll (hemleverans)	55	0
Hushåll (ombudsleverans)	0	4
Summa	**8 300**	**3 257**

4.2 Resulterande leveransturer

Avsnittet presenterar de resultat som besvarar studiens andra delfrågeställning: "Hur tillgodoses leveransbehovet av nuvarande logistiksystem?". Avsnittet presenterar data som framställdes i metodavsnitt 3.4.

4.2.1 Lastenheter per leveranstur

Tabell 4.6 presenterar antalet lastenheter uppdelat på "paket/annat" och "pall/rullbur" som levereras till området Inom Vallgraven per leveranstur.

Tabell 4.6 Antalet lastenheter per leveranstur som levereras i området Inom Vallgraven.

Fordonsklass	Aktör	Paket/Annat [antal/leveranstur]	Pall/Rullbur [antal/leveranstur]
LDV	3PL	127	--
	1PL	64	--
MDV	3PL	--	12
	1PL	--	21

4.2.2 Trafikfördelning

Resultatet av trafikfördelningen och utsläppsklassfördelningen uppdelat på fordonsklass och aktör presenteras i Tabell 4.7.

Tabell 4.7 Fördelningen av fordonsklass, aktör och dess inbördes fördelning av utsläppsklasser.

Fordonsklass och Aktör			Utsläppsklass		
		% av fordonsklass	Euro 5	Euro 6	EL
LDV	3PL	62 %	38 %	60 %	2 %
	1PL	38 %	21 %	79 %	0 %
MDV	3PL	75 %	64 %	36 %	0 %
	1PL	25 %	20 %	80 %	0 %

4.2.3 Resulterande antal leveransturer per dag

Givet resultaten från avsnitt 4.2.1 och 4.2.2 kunde ett resulterande antal leveransturer per dag i området Inom Vallgraven uppdelat på fordonsklass och aktör beräknas. Resultatet illustreras i Tabell 4.8. Fördelningen mellan de olika utsläppsklasserna användes vidare för att dela upp antalet leveranser för varje fordonsklass och aktör i dess respektive utsläppsklasser.

Tabell 4.8 Totalt antal leveransturer per dag för respektive aktör, fordons- och utsläppsklass.

Fordonsklass och Aktör		Euro 5	Euro 6	EL
LDV	3PL	19	30	1
	1PL	6	24	0
MDV	3PL	109	63	0
	1PL	11	46	0

4.3 Externa kostnader

Avsnittet presenterar de resultat som ämnar besvara studiens tredje delfrågeställning: "Hur stora är de externa kostnaderna som uppkommer från nuvarande logistiksystem?". Avsnittet presenterar data från metodavsnitt 3.5.

4.3.1 Vägkategori och trafikmängd under en genomsnittlig leveranstur

Resultatet av beräkningen av en genomsnittlig leveransturs transportsträcka visas i Tabell 4.9. Transportsträckan är uppdelad i fordonsklass, aktör, vägtyp och trafikmängd.

Tabell 4.9 En genomsnittlig leveransturs transportsträcka i kilometer.

[km]		Motorväg			Infartsled			Lokal väg		
		Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel
LDV	3PL	13,9	0,0	0,0	9,5	4,4	0,4	3,2	4,4	0,4
	1PL	5,0	3,7	0,0	8,9	6,3	0,3	3,2	3,5	0,5
MDV	3PL	12,8	1,0	0,0	6,6	4,4	0,6	2,3	6,1	0,4
	1PL	11,9	1,3	1,3	7,5	1,9	0,4	2,2	5,5	0,3

4.3.2 Kostnad för emissioner per leveranstur

För att beräkna kostnader för emissioner från den urbana logistiken användes först resultatet från avsnitt 4.3.1, en genomsnittlig leveransturs transportsträcka, i kombination med utsläppsdata för att beräkna emissioner från en genomsnittlig leveranstur. Emissionerna är uppdelade på fordonskategori, aktör och vägkategori och illustreras i Tabell 4.10.

Tabell 4.10 Mängden emissioner i gram som den urbana logistiken orsakar per leveranstur.

[g]			Totalt	Lokal väg	Infartsled	Motorväg
Partiklar	LDV	3PL	0,06	0,02	0,02	0,02
		1PL	0,05	0,01	0,02	0,01
	MDV	3PL	1,23	0,43	0,38	0,42
		1PL	0,65	0,25	0,17	0,24
CO_2	LDV	3PL	5 303,16	1 310,22	2 085,52	1 907,42
		1PL	4 690,67	1 149,72	2 292,07	1 248,88
	MDV	3PL	15 530 ,54	5 386,55	5 236,11	4 907,87
		1PL	14 315 ,88	4 719,07	3 893,48	5 703,32
NMVOC	LDV	3PL	0,04	0,01	0,02	0,01
		1PL	0,03	0,01	0,01	0,01
	MDV	3PL	0,74	0,30	0,25	0,20
		1PL	0,69	0,27	0,18	0,24
SO_2	LDV	3PL	0,01	0,00	0,00	0,00
		1PL	0,01	0,00	0,00	0,00
	MDV	3PL	0,03	0,01	0,01	0,01
		1PL	0,02	0,01	0,01	0,01
NO_X	LDV	3PL	26,34	5,86	10,57	9,91
		1PL	18,61	4,07	9,34	5,19
	MDV	3PL	105,58	56,33	36,80	12,45
		1PL	49,90	25,77	12,75	11,37

Värden för kostnaden för emissioner visas i Tabell 4.11 och delas upp på vägkategori.

Tabell 4.11 Kostnaden för emissioner i kronor per gram utifrån vägkategori

[kr/g]	Lokal väg	Infartsled	Motorväg
Partiklar	1,284	1,284	4,002
CO_2	0,001	0,001	0,001
NMVOC	0,008	0,008	0,008
SO_2	0,059	0,059	0,059
NO_X	0,102	0,102	0,102

Mängden emissioner per tur och kostnaden för respektive emission kombinerades sedan för att beräkna kostnaden för en leveranstur med avseende på emissionskategori, fordonsklass och aktör. Resultatet visas i Tabell 4.12.

Tabell 4.12 Kostnad per tur för respektive emissionskategori

Kostnadskälla	Fordon	Aktör	[kr/tur]
Partiklar	LDV	3PL	0,13
		1PL	0,10
	MDV	3PL	2,76
		1PL	1,51
CO_2	LDV	3PL	5,67
		1PL	5,02
	MDV	3PL	16,62
		1PL	15,32
NMVOC	LDV	3PL	0,00
		1PL	0,00
	MDV	3PL	0,01
		1PL	0,01
SO_2	LDV	3PL	0,00
		1PL	0,00
	MDV	3PL	0,00
		1PL	0,00
NO_X	LDV	3PL	2,68
		1PL	1,89
	MDV	3PL	10,73
		1PL	5,07

4.3.3 Trafikrelaterade kostnader per leveranstur

Värden för respektive trafikrelaterad kostnad visas i Tabell 4.13 uppdelat på fordonsklass, vägkategori och trafikmängd.

Tabell 4.13 Värden för respektive trafikrelaterad kostnad i kronor per kilometer.

[kr/km]			Trängsel	Olyckor	Buller
LDV	Motorväg	Ingen trängsel	0,00	0,07	0,03
		Måttlig trängsel	2,78	0,07	0,01
		Trängsel	4,54	0,07	0,01
	Infartsled	Ingen trängsel	0,00	0,06	0,44
		Måttlig trängsel	3,03	0,06	0,18
		Trängsel	4,94	0,06	0,18
	Lokal väg	Ingen trängsel	0,00	0,06	0,44
		Måttlig trängsel	8,21	0,06	0,18
		Trängsel	10,83	0,06	0,18
MDV	Motorväg	Ingen trängsel	0,00	0,30	0,24
		Måttlig trängsel	3,71	0,30	0,24
		Trängsel	6,05	0,30	0,24
	Infartsled	Ingen trängsel	0,00	0,07	0,24
		Måttlig trängsel	4,04	0,07	0,24
		Trängsel	6,59	0,07	0,24
	Lokal väg	Ingen trängsel	0,00	0,07	0,24
		Måttlig trängsel	10,94	0,07	0,24
		Trängsel	14,43	0,07	0,24

Värden för de trafikrelaterade kostnaderna kombinerades med den genomsnittliga leveransturens transportsträcka (se avsnitt 4.3.1) för att beräkna kostnaden per tur för respektive trafikrelaterad kostnad uppdelat på fordonskategori och aktör. Resultatet av detta visas i Tabell 4.14.

Tabell 4.14 Trafikrelaterade kostnader per tur.

Kostnadskälla	Fordon	Aktör	[kr/tur]
Trängsel	LDV	3PL	55,9
		1PL	64,7
	MDV	3PL	97,4
		1PL	85,8
Olyckor	LDV	3PL	2,2
		1PL	1,9
	MDV	3PL	5,5
		1PL	5,5
Buller	LDV	3PL	7,8
		1PL	7,4
	MDV	3PL	8,2
		1PL	7,7

4.3.4 Totala externa kostnader per dag

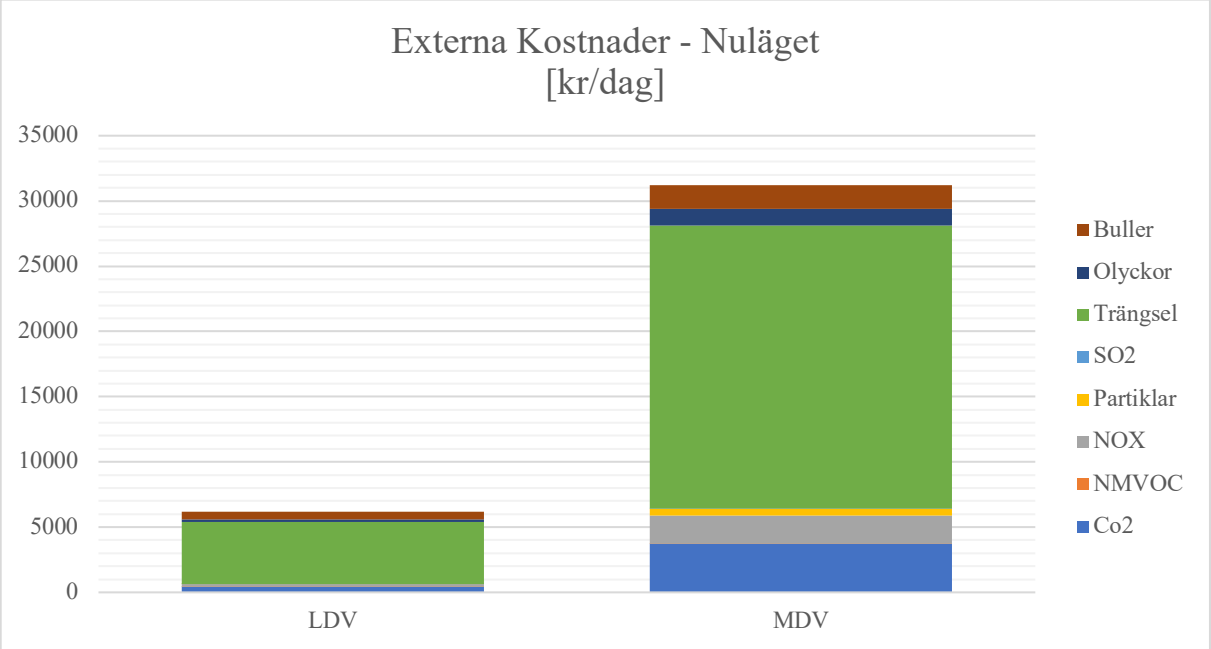
Givet resultaten i avsnitt 4.3.1 - 4.3.3 kunde den totala kostnaden per kostnadskälla per dag för nuläget beräknas, vilket presenteras i Tabell 4.15.

Tabell 4.15 Total kostnad per dag för respektive extern kostnad i nuläget.

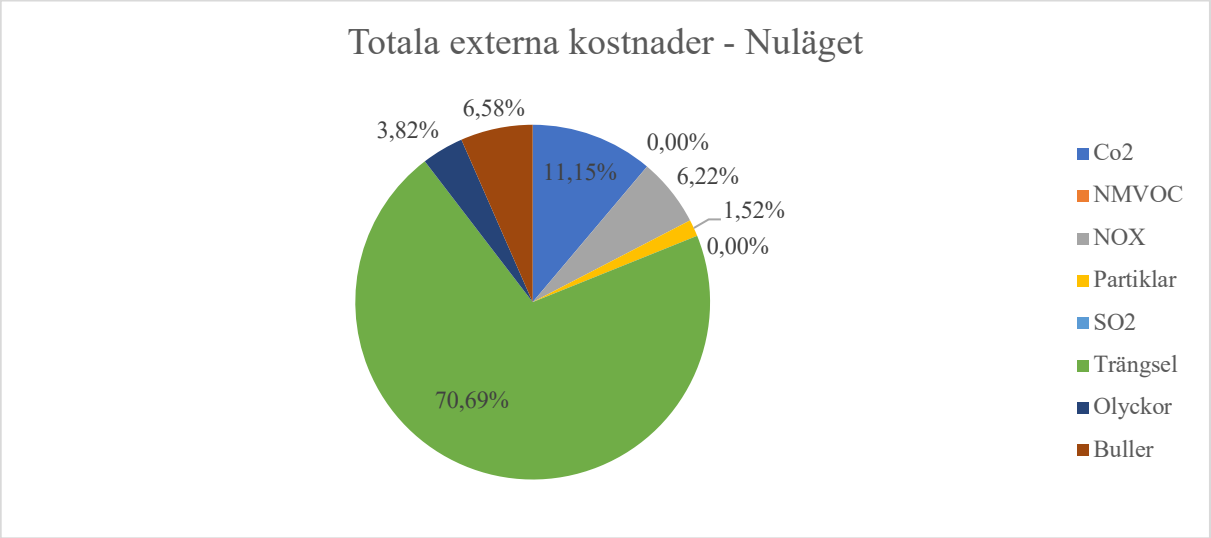
[kr/dag]		Luftföroreningar				Trafik		
	CO_2	NMVOC	NO_X	Partiklar	SO_2	Trängsel	Olyckor	Buller
LDV	437,1	0,0	191,5	9,5	0,0	4779,5	168,5	614,5
MDV	3 737,6	1,3	2 137,3	561,3	0,4	21 682,4	1 261,7	1 849,4
Summa	**4 174,7**	**1,3**	**2 328,8**	**570,7**	**0,4**	**26 461,8**	**1 430,2**	**2 463,9**

Utifrån Tabell 4.15. kunde den totala kostnaden för nuläget beräknas, vilket uppgick till 37 089 kr per dag.

Den totala externa kostnaden illustreras i Figur 4.2 och Figur 4.3.



Figur 4.2 Externa kostnader per dag i nuläget för respektive fordonskategori



Figur 4.3 Externa kostnader per dag i nuläget.

4.4 Implementering av terminalsystem

Avsnittet presenterar de resultat som ämnar besvara studiens fjärde delfrågeställning: "Hur stora är de externa kostnaderna efter implementering av ett terminalsystem?". Avsnittet presenterar data från metodavsnitt 3.6.

4.4.1 Nya transportsträckor

De nya transportsträckorna beräknades utifrån avsnitt 3.6.1 och presenteras i Tabell 4.16, Tabell 4.17 och Tabell 4.18. Det tillkommer dessutom en transportsträcka på 2 km mellan Nordstan och slutkund som utförs av LEFV:s och denna sträcka sker, enligt metodavsnitt 3.6.1, på lokala vägar och med måttlig trafik.

Tabell 4.16 Genomsnittlig transportsträcka till omlastningsterminalen.

[km]		Motorväg			Infartsled			Lokal väg		
		Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel
LDV	3PL	11,5	0,0	0,0	1,9	2,4	0,0	2,4	0,0	0,0
	1PL	12,6	0,1	0,0	1,5	3,3	0,0	2,7	0,0	0,0
MDV	3PL	7,1	0,0	0,0	2,8	0,8	0,0	2,1	0,0	0,0
	1PL	9,4	0,3	0,3	2,2	0,7	0,0	2,6	0,0	0,0

Tabell 4.17 Genomsnittlig transportsträcka från samlastningsterminal till omlastningsterminal som transporterar "paket/annat". Beräknas enbart för MDV 3PL eftersom matartransporterna antas vara samlastade MDV:s.

[km]		Motorväg			Infartsled			Lokal väg		
		Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel
MDV	3PL	6,8	1,1	0,0	3,0	1,3	0,0	0,6	1,5	0,6

Tabell 4.18 Genomsnittlig transportsträcka från samlastningsterminalen till slutkund som efterfrågar "pall/rullbur".

[km]		Motorväg			Infartsled			Lokal väg		
		Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel
MDV	3PL	6,8	1,1	0,0	3,0	1,3	0,0	0,6	4,0	0,6

4.4.2 Antal leveransturer per dag

Efter implementering av scenariot kommer antalet turer som kör till respektive destination förändras. Tabell 4.19 och Tabell 4.20 visar beräknat antal turer från avsändaren, antingen direkt till kund eller till samlastningsterminalen.

Tabell 4.19 Antal turer per dag som kör direkt från avsändare till slutkund (ingen förändring i transportsträcka jämfört med nuläget). Motsvarar 25 % av nulägets turer.

Paket/annat - leveranser			**Turer [Antal/dag]**
LDV	3PL	Euro 5	5
		Euro 6	7
	1PL	Euro 5	2
		Euro 6	6
	Summa		20
Pall/rullbur - leveranser			**Turer [Antal/dag]**
MDV	3PL	Euro 5	27
		Euro 6	16
	1PL	Euro 5	3
		Euro 6	11
	Summa		57

Tabell 4.20 Antal turer per dag som kör till samlastningsterminalen, motsvarar 75 % av nulägets turer, samt antal lastenheter för dessa.

Paket/annat - leveranser			**Turer [Antal/dag]**
LDV	3PL	Euro 5	14
		Euro 6	22
	1PL	Euro 5	5
		Euro 6	18
	Summa		60
Pall/rullbur - leveranser			**Turer [Antal/dag]**
MDV	3PL	Euro 5	82
		Euro 6	47
	1PL	Euro 5	9
		Euro 6	34
	Summa		172

I Tabell 4.21 visas hur turerna konsolideras vid samlastningsterminalen och med hur många turer de tas till slutkund - direkt för "pall/rullbur" och via omlastningsterminalen för "paket/annat".

Tabell 4.21 Antal turer per dag från samlastnings- eller omlastningsterminal till slutkund.

Paket/annat – leveranser	**Turer [Antal/dag]**
MDV (matartransport)	12
LEFV (sista kilometer)	120
Pall/rullbur - leveranser	
MDV (konsoliderad leverans)	120

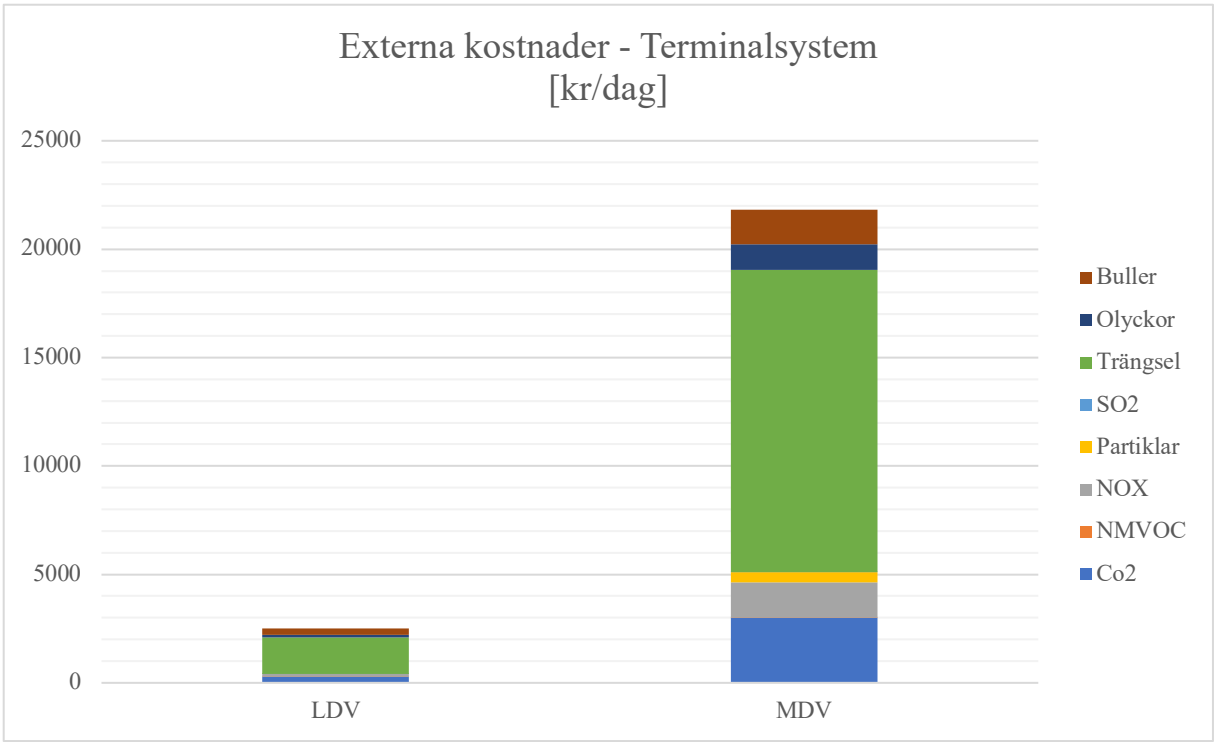
4.4.3 Totala externa kostnader per dag vid implementering av terminalsystem

På samma sätt som för nuläget beräknades de totala externa kostnaderna med nya transportsträckor och leveransturer. Detta presenteras i Tabell 4.22.

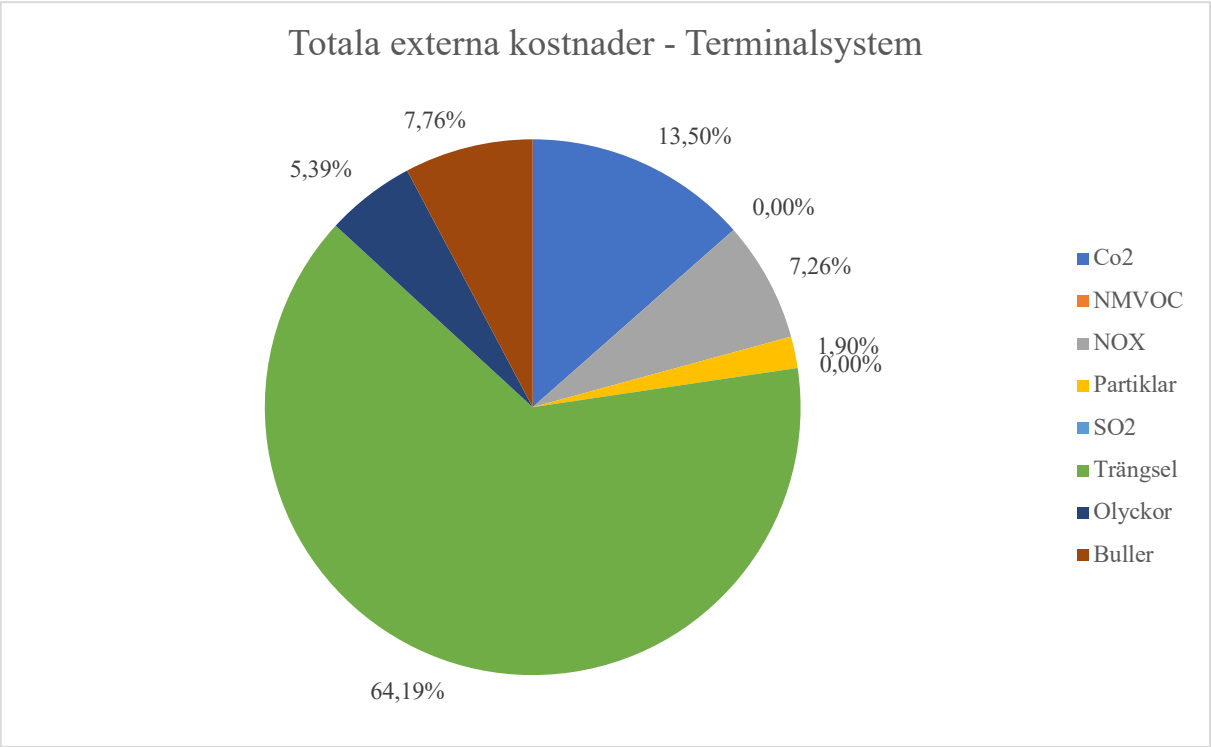
Tabell 4.22 Respektive extern kostnad per dag efter implementering av terminaler.

[kr/dag]	CO_2	NMVOC	NO_X	Partiklar	SO_2	Trängsel	Olyckor	Buller
LDV direkt	109,3	0,0	47,9	2,4	0,0	1 179,4	41,5	151,5
MDV direkt	934,4	0,3	534,3	140,3	0,1	5 420,6	315,4	462,4
LDV till terminalen	171,7	0,0	76,4	2,6	0,0	503,6	71,5	164,3
MDV till terminalen	955,1	0,3	377,3	119,2	0,1	706,9	489,0	568,8
MDV mellan terminaler	82,2	0,0	47,0	12,4	0,0	412,9	34,0	42,9
LEFV sista kilometer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MDV konsoliderad	1 031,4	0,3	682,9	186,2	0,1	7 395,7	359,5	499,6
Summa	**3 284,0**	**1,0**	**1 765,8**	**463,1**	**0,3**	**15 619,1**	**1 310,9**	**1 889,4**

I Figur 4.4 och Figur 4.5 illustreras de externa kostnaderna per dag vid implementering av ett terminalsystem.



Figur 4.4 Externa kostnader per dag med ett terminalsystem för respektive fordonskategori



Figur 4.5 Externa kostnader per dag med ett terminalsystem

4.5 Jämförelse mellan nuläget och med terminalsystem

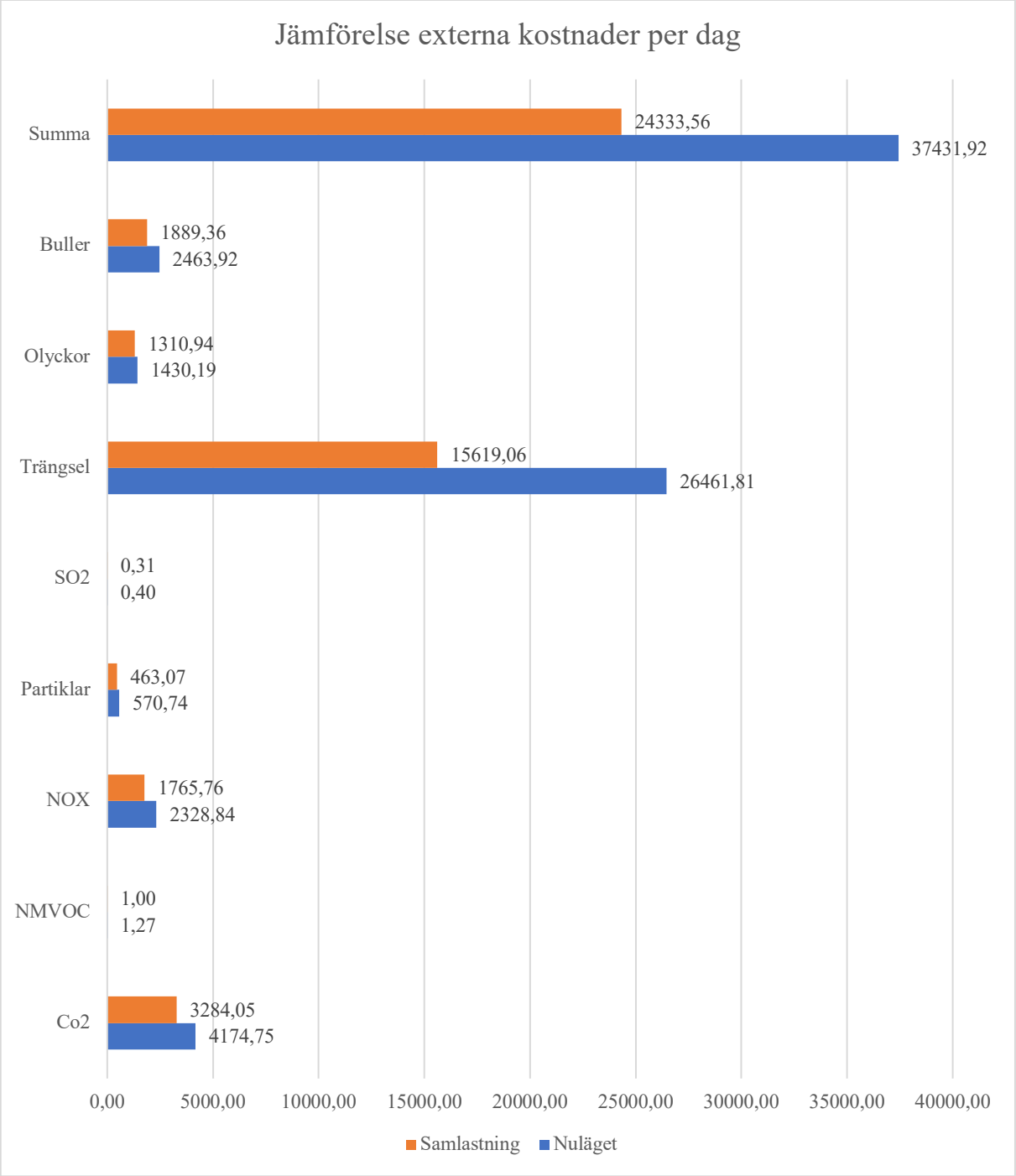
Efter beräkning av respektive systems externa kostnader per dag kan dessa ställas i relation till varandra. Detta presenteras i Tabell 4.23 och Tabell 4.24 samt grafiskt i Figur 4.6.

Tabell 4.23 Jämförelse mellan de externa kostnaderna i kronor per dag mellan nuläget och efter implementering av ett terminalsystem.

[kr/dag]	CO_2	NMVOC	NO_X	Partiklar	SO_2	Trängsel	Olyckor	Buller
Nuläget	4 174,7	1,3	2 328,8	570,7	0,4	26 461,8	1 430,2	2 463,9
Samlastning	3 284,0	1,0	1 765,8	463,1	0,3	15 619,1	1 310,9	1 889,4
Skillnad	-890,7	-0,3	-563,1	-107,7	-0,1	-10 842,7	-119,2	-574,6
Skillnad %	-21%	-22%	-24%	-19%	-21%	-41%	-8%	-23%

Tabell 4.24 Förbättringspotentialen i kronor per dag av implementering av ett terminalsystem.

	Summa [kr/dag]
Nuläget	37 431,9
Samlastning	24 333,6
Skillnad	-13 098,4
Skillnad %	-35%



Figur 4.6 Externa kostnader per dag i nuläget respektive vid implementering av ett terminalsystem.

För ytterligare jämförelse mellan systemen presenteras även skillnaden i total transportsträcka per dag i Tabell 4.25.

Tabell 4.25 Jämförelse mellan samtliga transportsträckor summerade under en dag mellan nuläget och efter implementation av ett terminalsystem.

	Motorväg			**Infartsled**			**Lokal väg**			
	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Ingen trängsel	Måttlig trängsel	Trängsel	Summa
Total transportsträcka per dag i nuläget [km]										
LDV	845	114	0	745	413	29	257	330	33	2 767
MDV	2 883	244	72	1 564	863	119	528	1 353	88	7 713
LEFV										
Summa										10 478
Total transportsträcka per dag vid samlastning [km]										
LDV	918	31	0	287	266	7	214	81	8	1 814
MDV	3 001	228	37	1 218	513	30	599	835	101	6 562
LEFV								240		
Summa										8 616
Skillnad i total transportsträcka per dag [km]										
LDV	73	-83	0	-458	-147	-22	-43	-249	-25	- 953
MDV	118	-16	-35	-345	-350	-89	71	-518	13	-1 151
LEFV										
Summa										-1 864
Skillnad i total transportsträcka per dag [%]										
LDV	9 %	-73 %	0 %	-61%	- 36 %	- 75 %	- 17 %	- 75 %	- 75 %	- 34 %
MDV	4 %	-6 %	- 49 %	-22%	- 41 %	- 75 %	13 %	- 38%	15 %	- 15 %
LEFV										
Summa										-18%

5 Analys

I detta kapitel analyseras resultatet från respektive delfrågeställning. De tre första delfrågeställningarna behandlar resultat för nuläget. Den fjärde inkluderar samma form av resultat för implementeringen av terminalsystemet som de tidigare frågeställningarna och för att jämföra resultaten från nuläget och det nya scenariot under samma rubrik delas därför delfrågeställning fyra upp på respektive tidigare delfrågeställning.

5.1 Leveransbehovet till områdets verksamheter och hushåll

Av resultatet till delfrågeställning ett framgår att områdets karaktäristik kan ge stor inverkan på leveransbehovet. I området Inom Vallgraven finns ett övervägande antal hushåll. Trots detta visar resultaten att hushåll inte efterfrågar lastenheter i samma utsträckning som kommersiella verksamheter. Resultatet visar dessutom att det är kontor som bidrar mest till efterfrågan på "paket/annat", mestadels på grund av att antalet etableringar av kontor i området är påfallande stort. Det är även detalj- och dagligvaruhandel som bidrar med högst efterfrågan på "pall/rullbur", dock är det till skillnad från kontor en konsekvens av att det levereras ett relativt högt antal lastenheter per leverans samt att de får ett högt antal leveranser per dag. Nämnvärt är att implementeringen av ett terminalsystem inte skulle påverka leveransbehovet (FG), då en förändring av logistikstrategin som implementeringen ger upphov till endast påverkar leveransen av varor (FTG).

5.2 Hantering av leveransbehovet i nuvarande logistiksystem och vid samlastning

Av resultatet till delfrågeställning två framgår att påståendet att 1PL är mindre effektiva än 3PL inte alltid stämmer. Resultatet visar att 1PL som levererar "pall/rullbur" transporterar 70 % fler enheter per tur än 3PL. Dock kan ingen slutsats dras för leveranser av "paket/annat" eftersom värdet är antaget och står utan empirisk grund. Trots att påståendet motbevisas ger det ingen större inverkan på det slutgiltiga resultatet.

I avsnitt 4.2.2 presenteras trafikfördelningen och fördelningen mellan utsläppsklasser. Där framgår att den största delen leveranser sker med 3PL, särskilt vad gäller MDV där fyllnadsgraden dessutom är sämre än hos 1PL. Vidare syns att 3PL utförs med en större andel fordon av lägre utsläppsklasser (Euro 5). Sammantaget är 3PL utfört med MDV förknippat med fler miljönegativa och mindre konsoliderade leveranser, vilket återigen går emot påståendet att 3PL skulle vara mer effektiva än 1PL.

Vid implementeringen av terminalsystemet förändras fyllnadsgraden drastiskt för samtliga transporter efter samlastning. En samlastad matartransport kan med 85 % fyllnadsgrad transportera 510 paket till omlastningsterminalen, vilket är en förbättring med ungefär 300 % jämfört med tidigare värde för LDV via 3PL. Detta minskar antalet leveransturer relaterade till paketleveranser kraftigt, vilket tydligt framgår av resultatet. Palleveranser förbättras inte nämnvärt eftersom de redan har en hög fyllnadsgrad.

Enligt teorin bidrar mindre företag med litet behov av gods med mer än 50 % av totalt antal leveranser (se avsnitt 2.4). Eftersom samlastning bidrar till högre fyllnadsgrad gör det följaktligen att detta faktum förändras. Som en konsekvens av samlastning bör inte variationer mellan enskilda företags efterfrågan, inkluderat de med mycket liten sådan, resultera i ökade antal leveranser i samma utsträckning som innan. Istället bör områdets totala behov återspegla resulterande antal leveranser dit.

5.3 Externa kostnader i nuvarande logistiksystem och vid samlastning

Resultatet visar att de externa kostnaderna per dag uppgår till 37 432 kr i nuläget och 24 334 kr efter implementering av terminalsystemet. Detta ger en minskning i kostnader på 13 098 kr, vilket resulterar i en potentiell förbättring av de externa kostnaderna på 35 %. Resultatet visar dessutom att det är MDV som bidrar till en majoritet av de externa kostnaderna i båda fall. Detta kan förklaras med att det dels är fler leveransturer som utförs med MDV än med LDV i båda fall, dels att de externa kostnaderna för MDV är högre i de flesta fall.

Utifrån resultatet är det tydligt att majoriteten av de externa kostnaderna är trafikrelaterade kostnader, både i nuläget och efter implementering av terminalsystemet. Dessa står i nuläget för 81 % och kostnader för emissioner står för 19 %. Vid scenariot förändras detta till 77 % respektive 23 %. Den största bidragande faktorn till att trafikrelaterade kostnader är i majoritet är trängselkostnaderna. Då de trafikrelaterade kostnaderna är oberoende av utsläppsklass, det vill säga vilken motor fordonet har, skulle det spela mindre roll för de externa kostnaderna om alla fordon uppgraderades till högre utsläppsklasser. Trängsel, olyckor, och i stor utsträckning även buller, skulle fortfarande vara ett problem och ge upphov till stora kostnader. En uppgradering av fordonens utsläppsklass skulle leda till mindre utsläpp av koldioxid och luftföroreningar, men resultatet pekar på att de totala externa kostnaderna skulle vara höga, eftersom en bil till exempel bidrar till trängseln oavsett om den är miljövänlig eller ej.

De externa kostnaderna var i denna studie uppdelade i trängsel, olyckor, buller, koldioxid och luftföroreningar. Vid implementeringen av terminalsystem minskar de externa kostnaderna för koldioxiden, luftföroreningarna och buller med cirka 20 %, medan de externa kostnaderna för trängseln minskar med cirka 40 %. De externa kostnaderna för olyckor minskar med 8 %. Resultaten visar att en minskning av transportsträckan i samtliga fall bidrar till reducerade externa kostnader. Vid implementering av terminalsystemet minskar denna med 18 %.

5.3.1 Transportsträckan

En skillnad i total transportsträcka per dag innan och efter implementeringen av terminalsystem är att sträckans totala längd för alla fordonsklasser blev kortare, bortsett från transportsträckan för LEFV. Denna ökar på grund av att inga LEFV:s inkluderades i beräkningarna för nuläget. Tabell 4.33 visar att transportsträckans totala minskning per dag är 18 %; däremot varierar detta mellan de olika vägkategorierna. De största förändringarna finns på lokal väg och infartsled, särskilt trafikerade sådana. Det beror till stor del på att fordon som i nuläget kör i stadsmiljö, istället levererar till samlastningscentralen i terminalsystemet, vilket i de flesta fall kan göras utan att lämna motorvägen. På grund av detta, och på grund av de konsoliderade leveranserna mellan terminalerna, förflyttas transporterna från centrum och mindre vägar till motorvägar där de externa kostnaderna i de flesta fall är lägre. Detta får ett tydligt utslag i vidare beräkningar. Matartransporterna är också en av anledningarna till att minskningen för LDV är större än för MDV. Matartransporterna utförs av MDV:s och ersätter transporter in till stadskärnan, vilket är en förklaring till att transportsträckan för MDV inte minskar i samma utsträckning som för LDV. Det framgår också tydligt att LDV:s bidrag till trängseln minskar markant på infartsleder och lokala vägar med måttlig trängsel och trängsel. Ökningen av transportsträcka för MDV på lokal väg kan återigen förklaras av matartransporterna som ersätter de transporter som annars utförs av LDV.

5.3.2 Trängsel
I nuläget bidrar trängsel till en majoritet av de totala externa kostnaderna med cirka 70 % (se Figur 4.3). Detta är med stor sannolikhet en följd av att de externa kostnaderna relativt sett är högre för trängsel än för övriga kategorier. Det är också en stor inbördes varians i kategorin, där de lägsta kostnaderna är 2,78 kr (om inte kostnaden för trafikmängden "ingen trängsel" tas i beaktning, som sattes till noll) per fordonskilometer på motorväg, jämfört med 14,43 kr på lokal väg.

Efter implementeringen av terminalsystem var trängsel fortfarande den kostnad som bidrog mest till den totala externa kostnaden och uppgick till 60 % av denna, vilket betyder att trängseln minskade mer (41 %) än resterande externa kostnader. En förklaring till att trängseln minskade mer än resterande kostnader är att en större del av leveransturerna efter implementeringen av terminalsystemet utförs på motorväg och infartsled istället för på lokala vägar och dessutom på vägar med mindre trängsel. Kostnaden för trängsel när trafikmängden är "ingen trängsel" ger som tidigare nämnt inte upphov till någon extern kostnad, vilket betyder att den externa kostnaden för trängsel minskar drastiskt om större del av leveransturen utförs där det inte är någon trängsel. Övriga externa kostnader ger däremot fortfarande upphov till en kostnad på samtliga vägkategorier och trafikmängder, vilket gör att förändringar i rutten inte bidrar till en lika stor skillnad i kostnad som för trängsel.

5.3.3 Olyckor
I nuläget består olyckor av cirka 3 % av de totala externa kostnaderna. Efter implementeringen av terminalsystem minskade olyckskostnaderna lite, relativt de andra kostnadskategorierna, nämligen 8 %. Däremot, på grund av de minskade totala externa kostnaderna, ökade olyckornas andel av de externa kostnaderna till cirka 5 %.

En anledning till att olyckskostnaderna endast minskade i liten utsträckning efter implementeringen av terminalsystemet är att trots att mängden lastfordon minskar generellt på vägarna vägs det upp av att antalet MDV som färdas på motorvägar ökar drastiskt. Eftersom parametervärdet för olyckskostnader för MDV på motorväg är cirka 350 % större än motsvarande värde för en LDV, ökar olyckskostnaderna. Detta resulterar i att minskningen av antalet fordon på vägarna inte bidrar till en lika stor förändring i olyckskostnader.

5.3.4 Buller
Buller står för drygt 6 % av de totala kostnaderna i nuläget, och andelen ökar vid implementering av terminaler, på grund av en större total minskning av externa kostnader, till nästan 8 % av de totala kostnaderna. Med implementeringen av terminalsystem minskade de externa kostnaderna för buller med 23 %. Minskningen beror i stor utsträckning på att en stor del av motordrivna fordon i området Inom Vallgraven ersätts med LEFV:s som inte bidrar med ökad ljudnivå. Att transporter med konventionella motorer flyttas ut ur stadskärnan innebär också att kostnaden per kilometer för buller minskar.

5.3.5 Koldioxid
I nuläget utgör koldioxid den näst största externa kostnaden, med cirka 11 % av de totala externa kostnaderna. Vid implementering av terminalsystem minskar den externa kostnaden för koldioxid med cirka 20 %. Den totala andelen externa kostnader som koldioxiden bidrar till efter implementering av terminalsystem uppgår till cirka 13 %. Värdet på kostnaden för koldioxid är en utav de kostnader som är oberoende av var emissionerna sker. Detta leder till

att de externa kostnaderna för koldioxid endast minskar på grund av att den totala transportsträckan minskar.

5.3.6 Luftföroreningar

Kostnader från luftföroreningar står i nuläget för cirka 8 % av de totala externa kostnaderna. Vid implementering av terminalsystem minskar kostnaderna med cirka 22 %, där en övervägande del av kostnaderna kommer från utsläpp av NO_X och PM. Partikelutsläppens påverkan är lokal och förändras därför i hög grad när transportsträckan flyttas bort från lokala vägar. Kostnaden för NO_X (i urbana områden), SO_2 och NMVOC är på samma sätt som koldioxid oberoende av var utsläppen sker och därför minskar kostnaden för dessa endast på grund av att den totala transportsträckan minskar. Kostnader för utsläpp av SO_2 och NMVOC är avsevärt lägre än de andra externa kostnaderna. Detta beror på att motorerna i lastfordon redan i nuläget släpper ut en mycket liten mängd av nämnda luftföroreningar. Trots en minskning av kostnader för både SO_2 och NMVOC i linje med andra externa kostnader, cirka 20 %, kommer den sammanlagda skillnaden i kostnader med hjälp av terminalsystemet endast vara 0,34 kr per dag; relativt lite jämfört med andra externa kostnader.

6 Diskussion

Efter analys av resultatet från de underliggande frågeställningarna behandlas i diskussionskapitlet den övergripande frågeställningen i relation till resultat och analys, samt diskuterar vidare forskning som krävs för att fastställa projektets resultat. Dessutom innefattar kapitlet en diskussion kring hur projektets resultat relaterar till FN:s globala mål. Eftersom projektet är det första av sitt slag kommer ingen rimlighetsdiskussion utföras utifrån publicerad litteratur.

6.1 Diskussion av resultat

Projektets resultat visar på en tydlig förbättringspotential, upp till 35 %, vid implementering av ett terminalsystem i Göteborg. En stor anledning till denna förbättring är transportfordonens ökade fyllnadsgrad, vilket innebär färre transporter. Detta innebär att den sammanlagda transportsträckan minskar vilket ger utslag i form av minskade externa kostnader. En annan anledning till förbättringen är att antalet större transportfordon i stadskärnan minskar i och med att dessa ersätts av LEFV:s som kan framföras på alternativa vägar vilket minskar trafikmängden på vägar avsedda för bilar.

Trängselkostnaden är den största bidragande faktorn till de externa kostnaderna, både i nuläget och vid implementering av terminalsystemet. Detta är också kostnaden som minskar mest vid en implementering av terminaler. Minskningen av de externa kostnaderna för koldioxid är avsevärt lägre vilket kan härledas till att de externa kostnaderna för koldioxidutsläpp är relativt låga i nuläget jämfört med de totala externa kostnaderna. Samhällsdebatten är i hög grad fokuserad på utsläpp av koldioxid på grund av dess effekter på klimatet, men ur ett rent kostnadsperspektiv borde det istället fokuseras på att förbättra trängselsituationen.

En överhängande risk vid nulägesanalys eller framtidsspaning är att datagrunden inte förblir aktuell på sikt. Det finns till exempel goda skäl att tro att kostnaden för koldioxidutsläpp kommer värderas högre i framtiden i takt med att problemen kring global uppvärmning ökar. Dessutom framkom det under intervjun att leveransbehovet är känsligt för konjunktursvängningar och samhällsförändringar, vilket styrker behovet av samtida data vid studier inom ämnet. Utöver en föränderlig datagrund kan även den tekniska utvecklingen ställa krav på nya forskningsperspektiv. Att låta mindre drönare och fordon med alternativa bränslen (vätgas, biobränsle med mera) utföra leveranser kan bli aktuellt inom en snar framtid. Samtidigt kan detta generera fler eller andra typer av externa kostnader som det idag inte tas hänsyn till.

Den förbättring ett terminalsystem i Göteborg främst skulle medföra är reducerad trängsel, vilket ökar relevansen att analysera elfordonens påverkan. Fordon med elmotorer är idag ett område som det satsas stort på i Sverige och i världen även om den totala miljönyttan ännu är ouppklarad på grund av bristen av grön energi och hållbara tillverkningsprocesser. Kostnader från trängsel, olyckor och i stort sett buller är oberoende av utsläppklass vilket, enligt vad som analyserats i avsnitt 5.3, tyder på att en omställning till elfordon inte skulle ge särskilt stor effekt på den totala externa kostnaden för den urbana logistiken. I själva verket talar resultaten för att använda stadsplanering och anpassa trafikens utformning för att hantera de kostnader som uppstår i samhället från trafik. Däremot är fördelarna med en enskild samlastningsterminal begränsade. Då leveranser kommer från olika väderstreck, krävs troligtvis flera samlastningsterminaler för att undvika onödiga transportsträckor.

Även om enkätstudien genomfördes innan strikta restriktioner för att dämpa smittspridningen av COVID-19 infördes, antas virusets inträde ha påverkat efterfrågan på leveranser om än i

liten utsträckning. Emellertid antogs att antalet leveranser förblev oförändrat. Konsekvensen av en lägre efterfrågan och ett oförändrat antal leveranser är en minskad fyllnadsgrad i lastbilarna. Sådana resultat påverkade sannolikt projektets resultat genom att effektiviteten i nuläget framstod som sämre än det normala. Därigenom kan projektets resultat överdriva förbättringspotentialen implementeringen av ett terminalsystem i Göteborg faktiskt skulle medföra. COVID-19 influerade dessutom projektets resultat genom att en mindre mängd data än planerat erhölls. Avsikten var att genomföra ett antal enkätstudier för att erhålla värden som i högre grad överensstämmer med faktiska värden. På grund av viruset genomfördes endast en enkätstudie, mestadels på grund av restriktionerna som infördes, men också för att inte erhålla felaktiga värden, vilket istället gav värden av stor variation.

Efter att ha analyserat och diskuterat ett resultat som mäter förbättringspotentialen i kronor, är det viktigt att poängtera kostnadernas bakomliggande orsaker. Minskade emissioner bidrar till en friskare planet och ett välmående ekosystem. Det bidrar också till bättre hälsa hos stadens invånare och skapar en mer trivsam stadsmiljö. Effekterna förstärks ytterligare genom minskade trafikrelaterade störningar. Minskat buller förbättrar hälsan, färre fordon bidrar till en mer attraktiv stadsbild och ett minskat antal olyckor skapar en tryggare innerstad. På lång sikt bidrar alltså en förbättrad urban logistik inte bara till ekonomiska besparingar, utan förbättrar också livskvalitén och stadsmiljön.

6.2 Projektet i relation till FN:s globala mål

I projektets inledande fas kartlades dess relation till FN:s globala mål (se avsnitt 2.1). Vilka av dessa mål som påverkas mer eller mindre av projektets resultat och vid en implementering av terminalsystem i Göteborg, förtydligades i och med projektets utfall. Samtliga av de effekter från urban logistik som behandlas i projektet och som verkar negativt på människa, djur och natur minskar vid en implementering av systemlösningen; en högre grad av konsolidering minskar antalet transporter och miljöeffektivare transportfordon minskar transporternas externa kostnader.

En minskning av externa kostnader gynnar förutom människa, djur och natur även transportföretagen genom minskade trafiknivåer vilket effektiviserar leveranser. Mål åtta påpekar just sambandet mellan ekonomisk tillväxt och miljöförstöring och således kan effekterna av en implementering antas bidra till att bryta det sambandet. Även mål nio kopplar till hållbar utveckling och mer specifikt vikten av effektiv resursanvändning. Utifrån syftet med terminalsystemet - att konsolidera logistikflöden - skulle även mål nio gynnas av en implementering. Mål 13 berör klimatförändringar och är således starkt förknippat med systemet via dess överordnade syfte att minska utsläpp av koldioxid.

Mål elva uppmärksammar stadsutvecklingens behov av nytänkande för att skydda natur och göra urbanisering hållbar. Projektet härstammar just från sådana tankesätt vilket avspeglas i systemlösningen; genom att konsolidera logistikflöden möjliggörs effektivare transporter samtidigt som befintlig efterfrågan på leveranser tillgodoses. Eftersom trängsel var den faktor som minskade mest vid jämförelse mellan nuläget och scenariot kan det antas att det hållbarhetsmål som implementeringen av ett terminalsystem har störst inverkan på är mål nummer elva. Huruvida leveranstjänsternas kvalitet bibehålls vid en implementering av terminalsystem har inte analyserats i projektet. Inte heller hur en implementering skulle påverka långsiktig stadsutveckling i form av till exempel infrastruktur och kollektivtrafik har analyserats. Systemlösningen är inte heller förknippad med någon metod för att minska konsumtion även om transporter relaterade till konsumtion förväntas minska det ekologiska

fotavtrycket relaterat till konsumtion. Ämnet är framförallt förknippat med mål tolv som påpekar behovet av omställning till hållbar konsumtion och produktion.

6.3 Rekommendationer för vidare forskning

I studien har det genomgående gjorts antaganden, vilket till stor del beror på bristande datakällor eller parametervärden. Därför är kravet på vidare forskning stort och möjligheter att minska felmarginaler finns i samtliga delar av rapporten.

Till att börja med behöver studien göras om i större skala och i ett större geografiskt område. Enkätstudien har få respondenter och har endast genomförts på en plats, vilket inte ger en helt rättvis bild av nuläget. Vidare forskning inom detta område skulle även kunna inkludera hur och i vilken utsträckning lastenheterna blandas i olika fordonskategorier, till exempel "pall/rullbur" i LDV, för att undvika antagandet att en fordonskategori endast kör en kategori av lastenheter. För att med större säkerhet bestämma förbättringspotentialen bör det också undersökas hur placeringen och ruttfördelningen påverkar resultaten. Projektet tar inte hänsyn till vilka transportfordon och dess egenskaper, till exempel fyllnadsgrad, som samlastas via samlastningsterminalen eller åker direkt till omlastningsterminalen, vilket skulle kunna innebära att resultatet är sämre än systemets fulla potential.

Den inhämtade datan för antalet efterfrågade leveranser från Sánchez-Díaz beräkningsmodell hade gett ett mer rättvist resultat om storleken på den insamlade datan hade varit större. Siffrorna är generella och kan på ett slumpartat sätt ge stora utslag åt något håll. Ett exempel på detta är efterfrågade leveranser för kontor, där data fick hämtas från en liknande studie utförd i Stockholm eftersom siffrorna i hög grad avvek från vad som kan antas vara ett rimligt värde. Det är därför viktigt att undersöka vidare hur efterfrågan på varor ser ut och hur den fördelas mellan verksamheter. Studien innehåller inte heller någon uppdelning på lastenheter. En omfattande kompletterande studie kring detta hade stärkt resultaten och minskat felmarginalerna. Datan från NOVELOG innehöll en uppdelning, men datamängden var liten och den studerade perioden begränsad. Den utfördes också inom ett begränsat geografiskt område, Nordstan, som inte innehöll alla verksamhetskategorier. För att med större säkerhet bestämma förbättringspotentialen för externa kostnader behövs därför en studie som inte bara undersöker antalet leveranser hos ett stort urval, utan dessutom ser till dess fördelning av lastenheter.

Antagandet att en fordonskategori endast kör en kategori av lastenheter var nödvändigt eftersom det saknas tillförlitlig data på trafikfördelningen för respektive kategori. Tillgänglig data visade endast trafikfördelningen mellan fordonskategorierna, vilket innebar att det inte gick att dra några slutsatser kring fördelningen uppdelat på lastenheter. Vidare forskning krävs på hur transportflödena ser ut och hur de fördelas mellan fordonskategori, aktör, och lastenhet. Den använda undersökningen var också geografiskt begränsad till ett mindre område och utfördes under en mycket begränsad tidsperiod. För att säkrare kunna fastställa värden för trafikfördelningen bör framtida forskning utföras över en lång tidsperiod och i flera geografiska områden.

Slutligen behöver parametervärden för de externa kostnaderna förbättras på vissa områden. Omfattande undersökningar görs på den fossildrivna fordonsindustrin, men studien saknade data för externa kostnader orsakade av LEFV:s, vilket ledde till antagandet att fordonen inte orsakade några externa kostnader. Antagandet bör anses drastiskt, då det sannolikt finns flertalet externa kostnader relaterade till LEFV:s, även om de troligtvis är lägre än andra fordonsklasser. Det är särskilt viktigt att studera LEFV:s effekt på trängsel, olyckor och buller,

inte bara för att dessa kostnader är stora för övriga fordon, men också för att det i nuläget inte finns en utbredd användning av LEFV. Resultaten pekar på att en implementering av ett terminalsystem resulterar i en större mängd LEFV:s, varpå trängseleffekten inte ska förbises.

Utöver forskning kring de underliggande parametrarna går det inte heller att dra slutsatser för andra städer utan liknande studier i andra geografiska områden. Det är tänkbart att Göteborg har fördelar gentemot andra städer, dels eftersom omlastningscentralen i Nordstan existerade innan studien började, dels på grund av vägnätets struktur med motorvägar i nära anslutning både till sam- och omlastningscentralen. Det är därför viktigt att inte dra slutsatser gällande andra städer innan vidare studier har genomförts som framställer mer generella värden.

Vid beslutsfattande utifrån studien är det mycket viktigt att ta hänsyn till den begränsade kostnadsanalysen. Eftersom rapporten bara presenterar de externa kostnaderna kopplade till transport av varor kan det finnas flertalet andra kostnader som uppstår i logistiksystemet, både innan och efter implementering av ett terminalsystem. Till exempel bör kostnader som berör implementering av terminalerna, lagerhållning, personal och andra mer direkta kostnader som rapporten inte nämner studeras. Det är inte säkert att förbättringspotentialen hos ett terminalsystem i Göteborg väger upp för övriga kostnader som uppstår eftersom en implementering ställer krav på förändrad infrastruktur, lagerstruktur och flödesstruktur.

7 Slutsats

Det övergripande syftet med projektet var att påvisa den potentiella förbättringen vad gäller externa kostnader vid implementering av ett terminalsystem i Göteborg. Potentialen skulle presenteras som en jämförelse av externa kostnader som uppstår vid transporter av gods och utgick ifrån hur logistikstrategin ser ut i nuläget och hur den kan se ut efter implementeringen av ett terminalsystem. Logistiken i Göteborg är ansträngd och som en del i projektet SMOOTh väntas rapporten agera beslutsunderlag för infrastrukturella förändringar och förbättringar för Göteborgs trafiksituation.

Projektets resultat visar tydligt att det ur ett samhällsperspektiv är positivt att införa ett terminalsystem i Göteborg. De totala externa kostnaderna väntas minska med 35 %, där trängseln är den största förbättringsfaktorn. Detta beror huvudsakligen på att en stor del av transporterna effektiviseras och flyttas ut ur innerstaden. Dessutom blir den totala transportsträckan kortare med ett terminalsystem, vilket är en bidragande faktor till att samtliga externa kostnader minskar.

Trots påvisad förbättringspotential behövs ytterligare studier innan den kan användas som tillförlitligt underlag vid politiska beslut. Däremot visar studien att det med stor sannolikhet finns stora besparingsmöjligheter vid implementering av ett terminalsystem och därför rekommenderas att vidare och mer omfattande forskning genomförs. Ett fastställt resultat i enlighet med studiens resultat skulle kunna lägga grunden för en förändring av infrastruktur och regleringar och därmed leda till bättre stadsmiljö, effektivare transporter och bevarad leveransservice.

Litteraturförteckning

Barone, R., & Roach, E. (2016). *Why goods movement matters: strategies for moving goods in metropolitan areas.* Hämtat från rpa.org: http://library.rpa.org/pdf/Why-Goods-Movement-Matters-ENG.pdf

Behrends, S. (2011). *Urban freight transport sustainability: the interaction of urban freight and intermodal transport.* Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. Hämtat från http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/150735.pdf

Behrends, S. (2019). *Urbana godstransporter i detaljplanering.* Hämtat från http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2018/04/Urbana-godstransporter-i-detaljplanering-S%C3%B6nke-Behrends-IVL1.pdf

Behrends, S. (2020). *Framtidens varulogistik i städer.* Hämtat från uppsala.se: https://www.uppsala.se/contentassets/9912f3aab43e4741a8b9d074008f828d/framtidens-varulogistik-i-stader.pdf

Behrends, S., Kalahasthi, L. K., & Sánchez-Díaz, I. (2020). *Assessing the impacts of urban freight policy on city centre freight traffic: The case of Gothenburg.* Göteborg: Manuskript under arbete.

Bodensjö, H. (den 8 Oktober 2019). Pling, Best och DHL express använder velove el-lastcyklar i nordstan. *Proffs*. Hämtat från https://www.tidningenproffs.se/nyhet/2019/10/pling-best-och-dhl-express-anvander-velove-el-lastcyklar-i-nordstan/?fbclid=IwAR3y-UFZq9RfNGs3qD4ayvoaYWIgM8fSnT2qDe9XCAI6MI7EsDosAExZ6Yc

de Bruyn, S., Schroten, A., van Essen, H., & van Wijngaarden, L. (januari 2019). *Handbook on the external costs of transport - version 2019-1.1.* Hämtat från cedelft.eu: https://www.cedelft.eu/en/publications/2311/handbook-on-the-external-costs-of-transport-version-2019 den 14 april 2020

DHL. (u. å.). *DHL freight: inrikes paket*. Hämtat från https://www.dhl.com/se-sv/home/vara-divisioner/frakt/inrikes/paket.html den 14 april 2020

Eriksson, L. T., & Wiedersheim-Paul, F. (2014). *Rapportboken: hur man skriver uppsatser, artiklar och examensarbeten* (1:2 upplagan uppl.). Stockholm: Liber.

Europeiska Miljöbyrån. (2017). *Luftföroreningar.* Hämtat från https://www.eea.europa.eu/sv/themes/air/intro den 15 april 2020

Fanning, E. (2005). Formatting a paper-based survey questionnaire: best practices. *Practical Assesment, Research and Evaluation, 10*(12), ss. 1-14.

FN. (2019). *The Sustainable Development Goals Report 2019.* Hämtat från https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf den 17 februari 2020

Göteborgs Stad (Kartograf). (u. å.). *SDN centrum med primär- och basområden [Digital karta].* Hämtat från goteborg.se: https://goteborg.se/wps/wcm/connect/f405827e-abf2-4e4b-bb4c-460b049f7ff3/Centrum.pdf?MOD=AJPERES den 13 maj 2020

Google. (u. å.a). *Karta över Göteborg (avgränsat mellan Angered, Mölndal, Jonsered, Björröd och Alvered) [Digital karta]*. Hämtat från https://www.google.com/maps/place/Gothenburg/@57.7104048,11.9753805,11.98z/data=!4m5!3m4!1s0x464f8e67966c073f:0x4019078290e7c40!8m2!3d57.70887!4d11.97456

Google. (u. å.b). *Karta med genomsnittlig trafiksituation för Göteborg (avgränsat mellan Angered, Mölndal, Jonsered, Björröd och Alvered) [Digital karta]*. Hämtat från https://www.google.com/maps/place/Gothenburg/@57.6993179,11.9041732,12.17z/data=!4m5!3m4!1s0x464f8e67966c073f:0x4019078290e7c40!8m2!3d57.70887!4d11.97456!5m1!1e1

Gyberg, P., Ingelstam, L., & Karlsson, M. (2005). *System i fokus - uppsatser med teori- och metodexempel från energiområdet: uppsatser från doktorandkursen. Systemanalys med metodexempel från energiområdet.* Linköping: Linköpings Universitet.

Holguín-Veras, J., Jaller, M., & Sánchez-Díaz, I. (den 27 april 2015). *Freight trip generation modelling.* Hämtat från vref.se: http://www.vref.se/download/18.1feeef8b156cfde87aa71f74/1472533952832/RB02-2015-URBAN%20FREIGHT-low.pdf den 25 mars 2020

Holguín-Veras, J., Jaller, M., Sánchez-Díaz, I., Campbell, S., & Lawson, C. T. (2014). 3 - Freight generation and freight trip generation models,. i G. de Jong, & L. Tavasszy (Red.), *Modelling freight transport* (ss. 43-63). Elsevier. doi:https://doi.org/10.1016/C2012-0-06032-2

INFRAS. (2019). *The handbook of emission factors for road transport (HBEFA).* Hämtat från https://www.hbefa.net/e/index.html

Jabben, J., Verheijen, E., & Potma, C. (08 2012). Noise reduction by electric vehicles in the Netherlands. *In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings . 4*, ss. 6958-6965. Institute of Noise Control Engineering.

Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2016). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden.* Lund: Studentlitteratur.

Koucky, M., Roth, A., & Wisell, T. (2015). *Miljözoner i framtiden: analys av miljözoner som omfattar lätta motorfordon.* Hämtat från https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/underlagsrapporter/2011-2015/2015/koucky-och-partners-_miljozoner-i-framtiden---analys-av-miljozoner-som-omfattar-latta-motorfordon. den 25 mars 2020

Nationalencyklopedin. (u. å.). *Flyktiga organiska ämnen*. Hämtat från nationalencyklopedin.se: http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/flyktiga-organiska-ämnen den 11 mars 2020

Naturvårdsverket. (2019). *Luftföroreningar och dess effekter*. Hämtat från naturvårdsverket.se: https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/ den 20 mars 2020

Naturvårdsverket. (2020). *Transporterna och miljön*. Hämtat från naturvårdsverket.se: http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Transporter-och-trafik/ den 14 april 2020

NOVELOG. (2016). *Loggdata från Nordstan till Sönke - per kategori.* Opublicerat manuskript.

Olsson, L., Behrends, S., Collado, M., Cederstav, F., Elander, R., Karlsson, E., . . . Backelin, D. (2018). *Final report DenCity UDI Steg 2.* Hämtat från closer.lindholmen.se: https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/dencity_-_final_report_2018_0.pdf den 4 februari 2020

Persson, M., & Behrends, S. (juni 2019). *Potential av digitala lås för hållbara e-handelsleveranser.* Hämtat från ivl.se: https://www.ivl.se/download/18.20b707b7169f355daa78091/1561982225849/C423.pdf den 20 mars 2020

Postnord. (2019). *E-barometern årsrapport 2019.* Hämtat från https://www.postnord.se/vara-losningar/e-handel/e-handelsrapporter/e-barometern den 3 mars 2020

Postnord. (u. å.). *MyPack collect: Måttbegränsningar för paket som skickas inom Norden*. Hämtat från Postnord: https://www.postnord.se/skicka-forsandelser/paket-foretag/mypack-collect den 14 april 2020

Sánchez-Díaz, I. (2020a). *All establishments in Göteborg v2.* Hämtat från scb.se.

Sánchez-Díaz, I. (2020b). *All establishments in Göteborg v2.* Opublicerat manuskript.

Sánchez-Díaz, I. (2020c). *Assessing the magnitude of freight traffic generated by office deliveries.* Manuskript inlämnat för publikation.

Statistik och Analys, Göteborgs stadsledningskontor. (2019). *Göteborgsbladet 2019 - områdesfakta.* Hämtat från https://goteborg.se/wps/wcm/connect/5f9aefa5-2cfe-4f51-86ad-43689380cf42/134+SDN+Centrum+2019.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-5f9aefa5-2cfe-4f51-86ad-43689380cf42-mJl4VA6 den 25 februari 2020

Statistiska Centralbyrån, SCB. (januari 2020). *Sveriges Befolkningspyramid*. Hämtat från SCB.se: https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/sveriges-befolkningspyramid/ den 3 mars 2020

Sveriges Konsumenter. (u. å.). *Hållbar konsumtion*. Hämtat från sverigeskonsumenter.se: https://www.sverigeskonsumenter.se/vad-vi-gor/hallbar-konsumtion/ den 11 maj 2020

Transportstyrelsen. (den 18 juli 2013). *Cykel med elassistans eller moped?* Hämtat från transportstyrelsen.se: https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/Fordonsregler/Moped/Elcykel/ den 10 maj 2020

Transportstyrelsen. (den 23 januari 2020). *Avgaser*. Hämtat från transportstyrelsen.se: https://transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Luftkvaliet-i-tatorter/Avgaser/ den 15 mars 2020

Transportstyrelsen. (u. å.). *Fordonsuppgifter - sök med registreringsnummer*. Hämtat från transportstyrelsen.se: https://fu-regnr.transportstyrelsen.se/extweb/UppgifterAnnatFordon den 22 april 2020

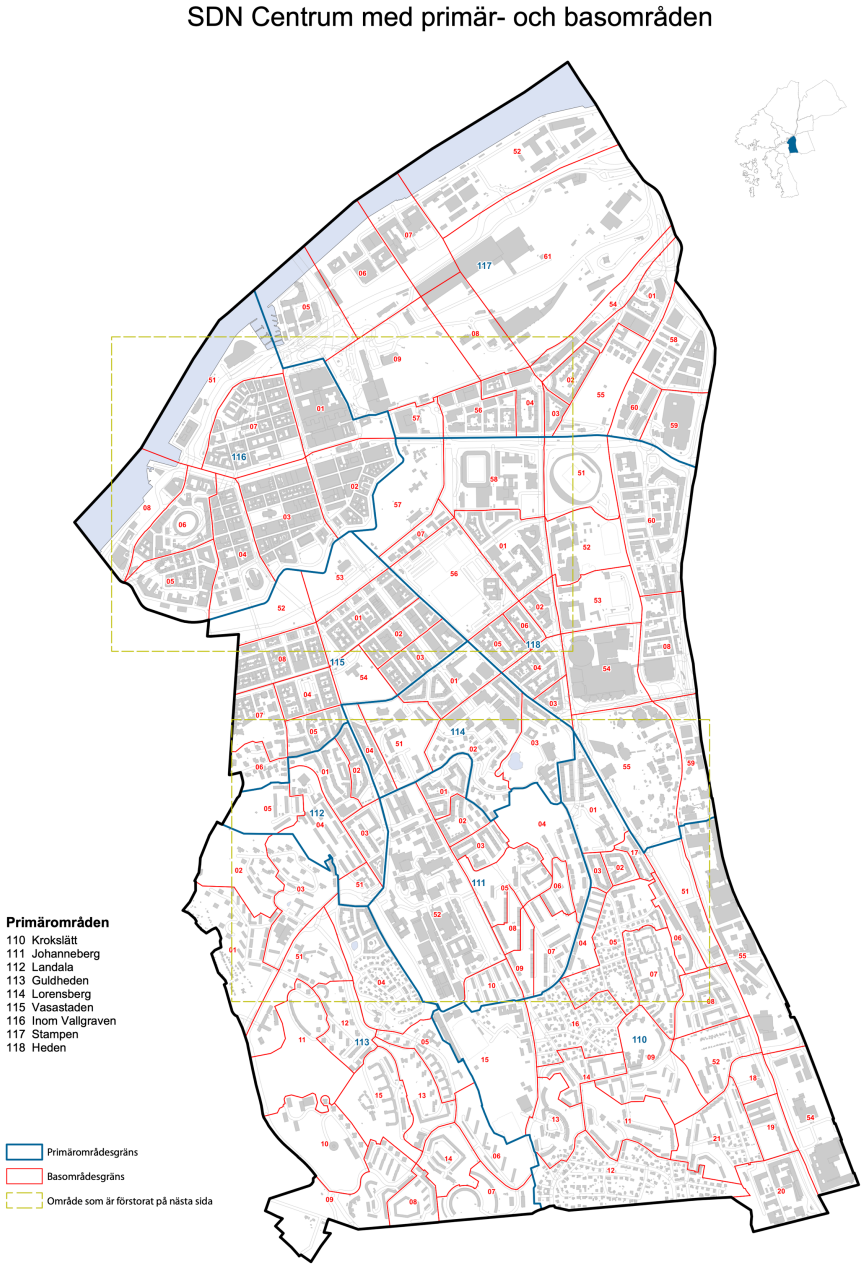
Velove. (u. å.). *Technical Overview*. Hämtat från Velove: https://www.velove.se/product-details den 10 maj 2020

Bilagor

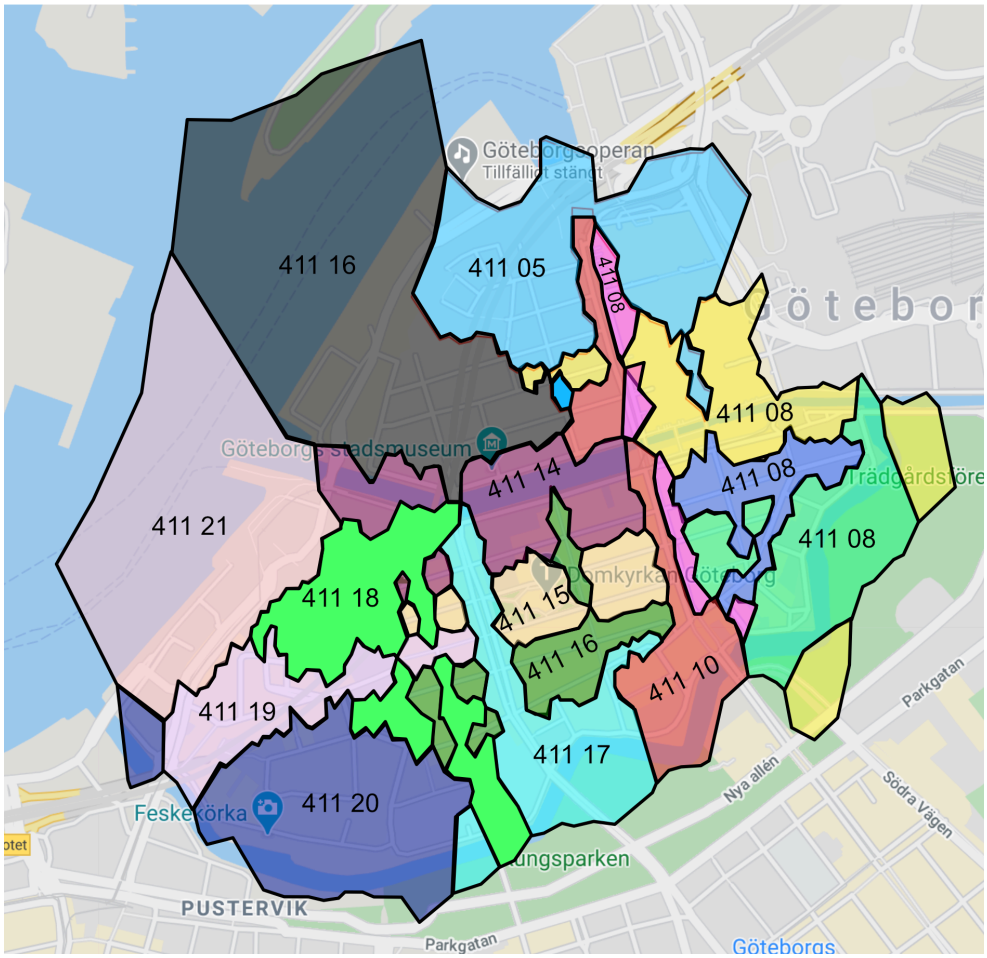
Exceldokument med samtliga beräkningar inklusive svaren från enkätstudien finns tillgänglig på förfrågan.
Kontakt: davwel@student.chalmers.se

Bilaga 1 – Karta över området Inom Vallgraven, inkl. postnummer

(Göteborgs Stad (Kartograf), u. å.)



Bilaga, figur 1 Karta över stadsdelsnämnden Centrum med primär- och basområden



Bilaga, figur 2 Postnummer som tillhör området Inom Vallgraven

Bilaga 2 – Beräkningar

Följande beräkningssteg har genomförts i ett Microsoft Exceldokument. Formler med Excel-syntax har översatts till ekvationer. Funktionerna är generella; vid implementering av terminalsystemet användes samma beräkningssteg, med förändrade parametervärden.

Variabler

Fördefinierade variabler:

- X: lastenhetstyp {pall/bur, paket/annat}
- Y: hemleverans eller ombudsleverans
- Z: emissionskategorier: {CO_2, NO_X, NMVOC, SO_2, PM}
- A: trafikrelaterade kostnadskategorier: {trängsel, olyckor, buller}

Variabler från Ivan Sanchez-Diaz (SCB):

- antmot: Antal mottagare av en viss typ inom vallgraven

- FTA = {freight trip attraction} = Beräknat antal leveranser under en vecka för en alla mottagare av en viss typ inom vallgraven. Konstant värde hämtat från Sanchez-Diaz data.

Variabler från Ivan Sanchez-Diaz (Traffic Count):
- andelFordon: Andel fordon av respektive fordonskategori

Variabler från Novelog:
- antmotNov: Antal mottagare av en viss typ som studerades under Novelog-projektet.
- FTAnov = Uppmätt antal leveranser under två veckor från projektet Novelog för alla bolag av en viss mottagarkategori.
- FTAnovX = Uppmätt antal leveranser under två veckor av lastenhetstypen X för en viss mottagarkategori, från Novelog-projektet

Variabler från Enkätstudie:
- antalAng: Antal angöringar en lastbil gör per tur
- lossAng: Genomsnittligt antal lastenheter som lastas av vid en angöring
- antalResp: Antalet respondenter i studien
- genSträck: Genomsnittlig körsträcka på en viss vägkategori med en viss trafikmängd

Variabler från Statistik och Analys, Göteborgs Stadsledningskontor:
- antRes: Antal residenter i området Inom Vallgraven.
- antHus: Antal hushåll i området Inom Vallgraven.

Variabler från E-barometern
- bestÅr: Antal beställningar per år i Sverige
- levMet: Andel av antalet beställningar som sker med en viss leveransmetod.

Variabler från SCB.se
- befMängd: Befolkningsmängd i Sverige mellan 18 och 79 år.

Beräknade variabler:
- daglevMed: Genomsnittligt antal leveranser per dag för en viss verksamhetskategori. Medelvärdet av Sanchez-Diaz och Novelog.
- YLevHus: Antal leveranser per dag till hushåll av leveranssätt Y.
- levX: antalet lastenheter av typen x per leverans
- FGX: Antal efterfrågade lastenheter per dag av typen X.
- perTurX: Antal lastenheter som lossas per tur för en viss fordonskategori och aktör.
- FTG: Antalet leveransturer av en viss fordonstyp och aktör som krävs för att tillgodose leveransbehovet.
- utslTurZ: mängden utsläpp per tur av en viss emissionskategori
- kostTurZ: externa kostnader per tur från en viss emissionskategori
- extKost: totala externa kostnader per dag

Variabler från HBEFA-modell:
- utslZ: mängden utsläpp per längdenhet av en viss emissionskategori

Variabler från De-Bruyn et al.:
- kostZ: extern kostnad per viktenhet för en viss emissionskategori

- kostA: extern kostnaden per längdenhet för en viss trafikrelaterad kostnad.

Steg 1: Antal leveranser per dag och mottagarkategori

$$daglevMed = \frac{\frac{FTA}{\frac{antmot}{5}} + \frac{FTAnov}{\frac{antmotNov}{10}}}{2}$$

$$YLevHus = \frac{\left(\frac{bestÅr}{befMängd} * levMet\right) * antRes}{\frac{antHus}{261}}$$

Steg 2: Antal lastenheter per leverans och mottagarkategori

$$levX = \frac{FTAnovX}{\frac{FTAnov}{antmotNov}}$$

Steg 3: Antal efterfrågade lastenheter per dag

$$FGX = \sum_{mottagarkategorier} antmot * daglevMed * levX$$

$$(daglevMed * levX \leftrightarrow YLevHus * 1{,}3)$$

Steg 4: Antalet lossade lastenheter per tur

$$perTurX = \frac{antalAng * lossAng}{antalResp}$$

Steg 5: Resulterande antal leveransturer per dag

$$FTG = andelFordon * \frac{FGX}{\sum_{aktör} andelFordon * perTurX}$$

Steg 6: Kostnad för emissioner per leveranstur

$$utslTurZ = utslZ * genSträck$$

$$kostTurZ = utslTurZ * kostZ$$

Steg 7: Trafikrelaterade kostnader per leveranstur

$$kostTurA = genSträck * KostA$$

Steg 8: Totala externa kostnader per dag

$$extKost = \left(\sum_{A} kostTurA + \sum_{Z} kostTurZ\right) * FTG$$

Bilaga 3 – Utökade resultat

Här presenteras tabeller och resultat som inte visas i resultatkapitlet. Samtliga värden i tabell 1 till 4 är hämtade eller beräknade utifrån Postnord (2019), Statistik och Analys, Göteborgs stadsledningskontor (2019) och SCB (2020).

Beställningsfrekvens hos konsumentgruppen	Antal beställningar per person och år	Konsumentgruppens andel av populationen	Antal beställningar per konsumentgrupp och år
Varje vecka	52	0,04	15 366 110
2–3 gånger i månaden	30	0,14	31 027 723
Någon gång i månaden	12	0,3	26 595 191
Någon gång per kvartal	4	0,27	7 978 557
Någon gång per halvår	2	0,09	1 329 760
Någon gång per år	1	0,07	517 129
Mer sällan	0,5	0,06	221 627
Aldrig	0	0,04	
Tveksam, vet ej	11,24	0,01	830 361
Summa			**83 866 457**

Antal personer folkbokförda i Sverige	7 387 553
Antal personer folkbokförda i området Inom Vallgraven	3 624
Antal hushåll i området Inom Vallgraven	2 387

Genomsnittligt antal beställningar per person och år i området Inom Vallgraven beräknas genom att dividera det totala antalet beställningar per år med antalet personer i Sverige. Detta uppgår till 11,35 beställningar per person och år.

Leveranssätt	Andel
Hemleverans	27 %
Ombudsleverans	65 %

Leveranser per hushåll	Antal/år
Hemleverans	4,7
Ombudsleverans	11,2

Emissionsdata från (INFRAS, 2019)		Motorväg			Infartsled			Lokal väg		
		free flow	saturated	congested	free flow	saturated	congested	free flow	saturated	congested
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Partiklar	LDV-Diesel Euro 5	0,0015	0,0022	0,0046	0,0017	0,0029	0,0055	0,0024	0,0039	0,0058
	MDV - Diesel Euro 5	0,0435	0,0445	0,0656	0,0366	0,0528	0,0799	0,0536	0,0663	0,0798
Co2	LDV-Diesel Euro 5	150,0339	169,9311	243,4336	147,9139	182,7003	242,5659	144,8962	205,5743	238,2007
	MDV - Diesel Euro 5	346,4350	523,7763	861,6044	338,3881	592,7069	851,5067	456,3934	669,6593	799,0285
NMVOC	LDV-Diesel Euro 5	0,0020	0,0028	0,0045	0,0024	0,0034	0,0061	0,0036	0,0048	0,0065
	MDV - Diesel Euro 5	0,0141	0,0227	0,0421	0,0162	0,0279	0,0461	0,0230	0,0360	0,0468
SO2	LDV-Diesel Euro 5	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004
	MDV - Diesel Euro 5	0,0006	0,0009	0,0015	0,0006	0,0010	0,0015	0,0008	0,0012	0,0014
NOX	LDV-Diesel Euro 5	1,2122	1,3026	1,8880	1,2314	1,4433	1,7228	1,0556	1,5114	1,5992
	MDV - Diesel Euro 5	1,0757	3,4944	9,2519	3,0856	5,9480	10,7232	6,0229	9,8316	12,8692
Partiklar	LDV-Diesel Euro 6	0,0011	0,0014	0,0031	0,0012	0,0015	0,0028	0,0012	0,0021	0,0030
	MDV - Diesel Euro 6	0,0080	0,0122	0,0232	0,0085	0,0149	0,0311	0,0135	0,0268	0,0332
Co2	LDV-Diesel Euro 6	133,8305	149,7754	208,1574	131,0559	159,8924	205,1581	125,1686	176,3252	198,3775

	MDV - Diesel Euro 6	336,6480	510,8028	828,0584	323,9803	578,2570	817,3331	445,3609	645,1424	758,6224
NMVOC	LDV- Diesel Euro 6	0,0001	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0004	0,0002	0,0003	0,0004
	MDV - Diesel Euro 6	0,0130	0,0207	0,0454	0,0145	0,0263	0,0503	0,0239	0,0374	0,0519
SO2	LDV- Diesel Euro 6	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002	0,0003	0,0003
	MDV - Diesel Euro 6	0,0006	0,0009	0,0014	0,0006	0,0010	0,0014	0,0008	0,0011	0,0013
NOX	LDV- Diesel Euro 6	0,4226	0,4386	0,5889	0,3927	0,4419	0,4591	0,3101	0,4212	0,4182
	MDV - Diesel Euro 6	0,2482	0,8493	2,4251	0,3707	1,3230	2,3446	1,0604	2,1375	2,8947

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2020
www.chalmers.se

CHALMERS