

Transport- och trafikeffekter av samdistribution i Linköping city – ett projekt inom SAMLIC

Anna-Maria Lång

Förord

Transport- och trafikeffekter av samdistribution i Linköping city har skrivits inom ramen för det Vinnova-finansierade projektet SAMLIC – *Samordnad varudistribution i Linköpings city*.

Notatet utgör ett avslutande examinationsmoment på civilingenjörsutbildningen Kommunikations- och transportsystem på Linköpings Universitet. Universitetslektor Martin Rudberg har varit examinator.

Christer Nilsson, Magdalena Hägg, Kjell Ivung och Elinor Josefson, Linköpings kommun samt Bo Karlsson, Östgötatrafiken, har bidragit med data till detta arbete.

Fredrik Davidsson, Movea, Rein Schandersson, Andreas Tapani och Johan Janson Olstam, VTI, har bidragit med värdefull hjälp i arbetet med CONTRAM.

Olof Kånge, Alltransport, har bistått med realistiska modellförutsättningar.

Chaufförerna, som har gjort fältstudierna både möjliga och trevliga, har varit till stor hjälp för utförandet av detta arbete.

Undertecknad vill även rikta ett tack till examensarbetaren Anna-Maria Lång för ett väl utfört arbete.

Linköping april 2005

Jan Eriksson

Innehållsförteckning		Sid
Sammanfattning		9
Abstract		11
1	Inledning	13
1.1	Bakgrund	13
1.2	Problembeskrivning	13
1.3	Syfte	14
1.4	Uppgiftsprecisering	14
1.5	Avgränsningar	14
1.6	Definition	15
1.7	Metod	15
1.8	Presentation av VTI – Statens väg- och transportforskningsinstitut	16
2	Litteraturstudie – inriktning mot samdistribution	17
2.1	Samdistribution	17
2.2	Exempel på initierade samdistributionsprojekt	17
2.2.1	Borlänge, Gagnef och Säter	17
2.2.2	Uppsala	18
2.2.3	Linnéområdet i Göteborg	19
3	Nulägesbeskrivning	20
3.1	PILOT	20
3.1.1	Beskrivning av PILOT	20
3.1.2	Statistisk modellering 1 – En fingervisning om att tidsbesparingar är möjliga	21
3.1.3	Statistisk modellering 2 – Utökad bearbetning av tidsbesparingsmöjligheterna	21
3.1.4	Analys	22
3.2	SAMLIC	24
3.2.1	Beskrivning av SAMLIC	24
3.2.2	Godsmängdsundersökning i Linköpings city	24
4	Litteraturstudie – inriktning mot simulering	26
4.1	Simulering	26
4.1.1	Trafiksimulering	26
4.1.2	Olika trafikmodeller	27
4.2	Indatas betydelse vid simulering i allmänhet	27
4.2.1	Indata vid trafiksimulering	28
4.3	Verifiering och validering vid simulering i allmänhet	28

5	Insamling och bearbetning av data	31
5.1	Förutsättningar	31
5.2	Tillvägagångssätt	32
5.3	Datainsamling	32
5.3.1	Fältstudier	32
5.3.2	Slangmätningar (trafikräkningar)	33
5.3.3	Busstidtabeller	33
5.3.4	Trafikföreskrifter	33
5.4	Bearbetning av insamlad data	34
5.4.1	Stickprovskontroll av PILOT-data	34
5.4.2	Imputering av data	34
5.4.3	Kontroll av leveransadresser	35
5.4.4	Beräkning av de vanligaste leveransadresserna	35
5.4.5	Bearbetning av signalplaner	36
5.4.6	Bearbetning av slangmätningar	37
5.4.7	Bearbetning av bussinformation	38
5.4.8	Bearbetning av OD-matrisen	38
5.4.9	OD-matris baserad på förstudie samt efterstudier	40
5.4.10	Bakgrundsmatris för lastbilar i innerstaden	41
5.4.11	OD-matris baserad på PILOT-data	42
5.4.12	OD-matris för SAMLIC	42
5.4.13	Bakgrundmatris för SAMLIC	43
6	Simulering	44
6.1	Kortfattad teori om CONTRAM	44
6.1.1	Indata	44
6.1.2	Exekvering	44
6.1.3	Utdata	45
6.2	Modellering	45
6.2.1	Modellexempel	45
6.2.2	Modellförslag	46
6.3	Modellering i CONTRAM	47
6.3.1	Okontrollerade korsningar	49
6.3.2	Korsningar med lämna företräde	49
6.3.3	Signalreglerade korsningar	50
6.3.4	Modellering av bussrutter i innerstaden	50
6.3.5	Fordonsparkens sammansättning	51
6.3.6	Modellen	51
6.4	Verifiering	52
6.5	Kalibrering	54
6.6	Validering	54
7	Resultatanalys	60
7.1	Förutsättningar för utförandet av analysen	60
7.2	Vanlig distribution kontra distribution enligt PILOT	61
7.3	Vanlig distribution kontra distribution enligt SAMLIC	62
7.3.1	Flödesskillnader för lastbilar	63
7.3.2	Skillnader i fordonskilometer	64
7.3.3	Skillnader i hastighet	66
7.3.4	Emissionsskillnader	68

7.3.5	Reflektion	68
7.4	Resultat	69
7.5	Felkällor	69
7.5.1	PILOT-databasen	69
7.5.2	Slangmätningar	70
7.5.3	Nätverk och OD-matris	70
7.5.4	Simuleringsfelkällor	71
7.5.5	Reflektion	72
8	Diskussion och avslutande kommentarer	73
9	Referenslista	76

Bilagor

Bilaga 1	Presentation av områdesindelningen
Bilaga 2	Uppgifter om turen
Bilaga 3	Presentation av ett utdrag ur databasen
Bilaga 4	Presentation av formel samt beräkningsgång för statistisk modellering
Bilaga 5	Sammanställning av statistisk modellering 2
Bilaga 6	Presentation över var slangmätningarna ägt rum
Bilaga 7	Utdrag från resultaten av slangmätningen på Storgatan
Bilaga 8	Presentation av olika korsningstyper i Linköpings city
Bilaga 9	Presentation av kartan som använts för att modellera enkelriktning samt fordonsbegränsning
Bilaga 10	Stickprovskontroll av PILOT-databasen
Bilaga 11	Presentation av kartförklaring samt signalplan för korsningen Vasavägen och Gråbrödragatan
Bilaga 12	Illustration över de principiella relationerna mellan de olika OD-matriserna
Bilaga 13	Tabell över korrelationen mellan ursprungliga och nya zoner
Bilaga 14	Utdrag ur den OD-matris som beskriver reseefterfrågan för bilar
Bilaga 15	Presentation av beräkningsgången vid framtagandet av OD-matrisen som beskriver bakgrundstrafiken för lastbilar i innerstaden
Bilaga 16	Beräkning av styckegods
Bilaga 17	Presentation av beräkningsgången vid framtagandet av OD-matrisen som beskriver bakgrundstrafiken för lastbilar i SAMLIC
Bilaga 18	Presentation av de data som används vid korsningsmodellering av lämna företräde i CONTRAM
Bilaga 19	Verifiering av varningsmeddelanden med informativ karaktär
Bilaga 20	Presentation av de data som gett upphov till diagrammen i delkapitlet, Validering
Bilaga 21	Diagram över genomsnittligt flöde i innerstaden, uppdelat på bilar, bussar och lastbilar

- Bilaga 22** Presentation av explicit valideringsdata
- Bilaga 23** Presentation av skapat MATLAB-program, version 1
- Bilaga 24** Presentation av skapat MATLAB-program, version 2
- Bilaga 25** Presentation av skillnaderna i partikelutsläpp mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC för lastbilar, klockan 10 till 15
- Bilaga 26** Presentation av emissionsskillnaderna för lastbilar mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC
- Bilaga 27** Presentation av emissionsskillnaderna för bil mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC

Tabellförteckning	Sid
Tabell 1 Sammanställning över besparingarna för total tid, restid och körsträckan	21
Tabell 2 Presentation över totala tidsbesparingen per PILOT-vecka	22
Tabell 3 Presentation över antalet passerande bussar för respektive vägavsnitt och år	33
Tabell 4 Presentation av de vanligaste leveransadresserna fördelat på område	36
Tabell 5 Presentation av antalet bussar i en riktning per timme	38
Tabell 6 Presentation av det genomsnittliga antalet turer per Område och dag	42
Tabell 7 Presentation av det genomsnittliga antalet turer per åkeri och dag	42
Tabell 8 Vägavsnittskategorier som används för modellering av nätverket i innerstaden	48
Tabell 9 Presentation över den fordonspark som använts vid simulering	51

Figurförteckning

Figur 1 Illustration av distributionsmönstret	14
Figur 2 Presentation av antalet stopp för vanlig distribution respektive samdistribution	23
Figur 3 Illustration av principen med SAMLIC	24
Figur 4 Presentation av beskriven justegsmodell	29
Figur 5 Presentation av ursprungligt nätverk	31
Figur 6 Presentation av teckentolkningen i en signalplan	36
Figur 7 Presentation av stomlinjenätet i Linköpings city	40
Figur 8 Illustration över de olika modellförslagen	47
Figur 9 Illustration över hur vägavsnittet på Storgatan mellan S:t Larsgatan och Klostergatan representeras i CONTRAM	48
Figur 10 Presentation av exempelnätverk	49
Figur 11 Presentation över hur korsning i Figur 10 modelleras i CONTRAM	50
Figur 12 Illustration av nätverksmodellen över Linköpings city	52
Figur 13 Diagram över genomsnittliga trafikflöden	55
Figur 14 Diagram över det bilflöde som trafikerar vägavsnittet mellan Hamng. och Repslagareg. på Drottningg.	55
Figur 15 Diagram över de flöden av lastbilar och bussar som trafikerar vägavsnittet mellan Hamng. och Repslagareg. på Drottningg.	56
Figur 16 Diagram över bilflödet som trafikerar vägavsnittet Storg. mellan Läroverksg. och Apotekareg.	57
Figur 17 Diagram över de flöden av bussar och lastbilar som trafikerar vägavsnittet Storg. mellan Läroverksg. och Apotekareg.	57

Figur 18	Diagrammet illustrerar trafikflödena för simulerade respektive slanguppmätta fordon, bilar, bussar och lastbilar som trafikerar vägavsnittet Storg. mellan Läroverksg. och Apotekareg.	58
Figur 19	Diagram som illustrerar trafikflödena för simulerade respektive slanguppmätta bilar som trafikerar vägavsnittet Vasav. mellan Östgötag. och Gråbrödrag.	59
Figur 20	Diagram över de simulerade respektive slanguppmätta lastbils- och bussflöden som trafikerar vägavsnittet Vasav. mellan Östgötag. och Gråbrödrag.	59
Figur 21	Presentation över skillnaderna i lastbilsflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt PILOT	61
Figur 22	Presentation av skillnaderna i fordonskilometer för vanlig distribution och distribution enligt PILOT	61
Figur 23	Presentation över skillnaderna i bilflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt PILOT	62
Figur 24	Presentation av flödesskillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC för lastbilar	63
Figur 25	Presentation av skillnaderna i fordonskilometer mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC	65
Figur 26	Presentation av skillnaderna i bilflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC	66
Figur 27	Presentation över hastighetsförändringarna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC	67
Figur 28	Presentation över tidsskillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC	67
Figur 29	Presentation över köskillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC	68

Sammanfattning

I takt med att städer runt om i världen växer ökar fokuseringen på miljöproblemen och därmed höjs kraven på ett välfungerande distributionssystem för olika typer av gods. Ett sätt att försöka lösa denna problematik är att samdistribuera gods, vilket har undersökts i olika internationella och nationella projekt. I det nationella projektet SAMLIC (samordnad varudistribution till Linköpings city), har liknande problematik dryftats men med den skillnaden att fokus ligger på att skapa ett ekonomiskt och logistiskt effektivt distributionssystem för alla inblandade parter. Bieffekterna av en sådan fokusering blir särskilt positiva eftersom även bättre miljö och service uppnås.

En viktig aspekt då det gäller SAMLIC-projektet är att initiativet till att starta ett projekt inom ramen för samdistribution av varor i Linköpings city ursprungligen kommer från näringslivet.

Anledningen till att ett initiativ till ett samdistributionsprojekt togs under år 2000 var att näringslivet insett att mängden leveranser in i och ut ur Linköpings innerstad gav upphov till trängsel och därmed stora trängselkostnader. Orsaken till att trängsel uppstår är att antalet lastplatser är för få i förhållande till antalet distributörer och antalet företag i city. Fenomenet blev mer omfattande varefter city expanderade och det insågs att något måste göras för att förbättra situationen.

Medverkande i SAMLIC-projektet är nätverket för transportörer i Linköping city, Svensk Biogas, Arbetsgruppen Innerstadens Transporter, Citysamverkansgruppen, Linköpings Universitet samt VTI, som sedan våren 2003 driver projektet. Under våren 2004 pågick ett PILOT-projekt inom ramen för SAMLIC-projektet. Syftet med PILOT-projektet var att samla in data som sedan skulle ligga till grund för utformningen av det ekonomiskt och logistiskt effektiva distributionssystemet som eftersträvades. Studiens syfte var att fastställa de transport- och trafikeffekter som uppkommer i samband med olika förändringar av distributionssystemet. Transporteffekterna av samdistributionen studerades med hjälp av statistisk modellering medan trafikeffekterna av samdistributionen studerades med hjälp av trafiksimuleringsprogrammet CONTRAM. Så vitt man vet har ingen simuleringsstudie av samdistribution tidigare utförts.

Resultaten av den statistiska modelleringen visar att den totala tiden för distribution av gods genomsnittligt kan reduceras med 14 % genom att utnyttja samdistribution. Beräkningarna visar även att den genomsnittliga restidsbesparingen per vecka kan bli ungefär 26 %. Resultaten visar även att antalet stopp kraftigt reduceras med samdistribution, vilket innebär att antalet kunder per stopp ökas. Den genomsnittliga stoppbesparingen, det vill säga reduktionen av antalet stopp, per vecka beräknas till ungefär 30 %. Resultaten av simuleringarna analyserades genom jämförelser mellan vanligt distributionsförfarande och distribution enligt PILOT- eller SAMLIC-distribution. Simuleringsresultaten visar att samdistribution jämfört med vanlig distribution medför flödesförändringar för bilar och lastbilar i både positiv och negativ riktning. På en del vägavsnitt ökade flödet medan det på andra vägavsnitt minskade. Det viktiga är dock att minskningen i lastbilsflöde främst inträffar på de mest centralt belägna vägavsnitten i city. Flödesförändringarna för både bilar och lastbilar medförde även emissionsförändringar. Generellt sätt reducerades emissionerna. Studien visar att olika trafikeffekter av samdistributionen finns och till vilka områden dessa effekter kan lokaliseras. Beträffande trafikeffekter såsom köer, hastighetsskillnader och tidsåtgång visar studien på att samdistributionen generellt inte har någon inverkan

på dessa effekter. Effekterna av samdistribution ur trafiksynpunkt skulle kunna analyseras mer ingående om ett mikrosimuleringsverktyg skulle tillämpas. Men resultaten av simuleringarna som utförts visar ändå på tydliga trafikeffektvinster med samdistribution. Totalt sätt visar studien på att det finns vinster med samdistribution både ur transport- och trafikeffektssynpunkt.

SAMLIC-projektet är ett pågående projekt och befinner sig för närvarande i den fas där beslut om olika frågor som ansvarsfördelning, avropskriterier, försäkringsfrågor och vinstfördelning ska fattas. Först då dessa och liknande frågor har besvarats kan initieringen av det långsiktiga samdistributionssystemet ske.

Abstract

Along with the growth of cities and towns around the world, our focus on environmental problems increases, and so do the demands on a functional distribution system for all kinds of goods. One way of meeting these demands is to coordinate the distribution of goods, a method that has been tested and evaluated in different national as well as international projects. In the national project SAMLIC (Coordinated distribution of goods in Linköping City), similar aspects have been discussed, but with the focus being on creating an economically and logistically efficient distribution system for all parts involved. The effects of such a focus are particularly positive since improved environment as well as improved service are achieved.

One important aspect of the SAMLIC-project, is that the initiative was taken by the industry in the year 2000. It was motivated by the realization that the great amount of transport in and out of the centre of Linköping resulted in crowding, which proved very costly. The reason for crowding was that loading zones were too few in relation to the number of distributors and companies in the City. These problems increased as the City expanded and it was inevitable that something had to be done in order to improve the situation.

Participants of the SAMLIC-project are the network for conveyors within Linköping City, "Svensk Biogas", the working-team Inner City Transports, The Group for City-Cooperation, the University of Linköping and the Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), which since spring 2003 is pursuing the project. A PILOT-project was undertaken during spring 2004 within the framework of the SAMLIC-project. The purpose of the PILOT-project was to gather data forming a foundation for the design of an economically and logistically efficient system of distribution. The purpose of the present study was to establish what effects different changes of the present distribution system would give rise to on transport and traffic. Thus, the effects of co-distribution on transport were studied by means of statistical modelling, while the traffic simulation program CONTRAM was used to investigate the effects of co-distribution on traffic, a program not yet used in this context, to our knowledge.

The results of the statistical modelling showed that co-distribution may reduce the total driving-time by 14 % in average. The statistics also indicated that the average weekly time reduction may be approximately 26 %. The results further reveal that co-distribution would reduce the number of stops, which would result in an increased number of customers per stop. The average reduction of the number of stops per week was estimated to approximately 30 %. The results of the traffic simulations were analyzed by comparing ordinary distribution procedures with distribution according to PILOT- or SAMLIC-distribution and revealed that co-distribution as compared to ordinary distribution resulted in positive as well as negative changes of traffic flow. In some parts of the road the flow increased while in other places it decreased. The important point, however, is that the reduction of truck-flow occurred primarily in the most central parts of the City, which led to a reduction of exhaust emissions. This study suggests that different effects on traffic may be induced by co-distribution and reveals in which areas these effects would be likely to occur. In terms of the effect of co-distribution on queueing, speed differences and time consumption, this study failed to establish any difference between the two distribution procedures compared. This may be due to a lack of a sufficiently sophisticated analyzing technique. It may,

however, be possible to produce a more detailed analysis of possible differences between the distribution procedures by using a micro-simulation tool. Still, the results of the present study suggest that co-distribution would improve the present transport situation in several ways.

The SAMLIC-project is an ongoing project which at present is at a stage when decisions are to be made about matters such as responsibility assignment, criteria of specification, insurance matters and the allocation of different benefits. Not until these and similar further problems are solved will it be possible to initiate a long term system of co-distribution.

1 Inledning

I inledningskapitlet presenteras examensarbetets bakgrund, problembeskrivning, syfte, uppgiftsprecisering, avgränsning samt de definitioner som används. Även de metoder som använts i examensarbetet presenteras. En kort introduktion till VTI, som institution ges även.

1.1 Bakgrund

Initiativet till att starta ett projekt inom ramen för samdistribution av varor i Linköpings innerstad kommer ursprungligen från näringslivet. År 2000 kom näringslivet genom Olof Kånge, dåvarande platschef på Östgötafrakt, i kontakt med Linköpings kommun och ett förslag om samdistribution presenterades (Malmberg, 2001). Förslaget gillades, vilket ledde till att olika arbetsgrupper bildades samt att en kartläggning av citytransporterna (förstudie) utfördes. Under våren år 2003 blev VTI, inkopplat i projektet. Projektet går under namnet SAMLIC som står för samordnad varudistribution till Linköpings city (Eriksson, 2004a).

Fokus för projektet är lönsamhet för alla parter såväl affärsidkaren, transportföretaget, kommunen, samhället, fastighetsägaren samt den enskilda affärskunden. Fokuseringen på lönsamhet ger även andra positiva bieffekter som bättre miljö och service samt ökat vetenskapligt kunnande (Eriksson, 2004a).

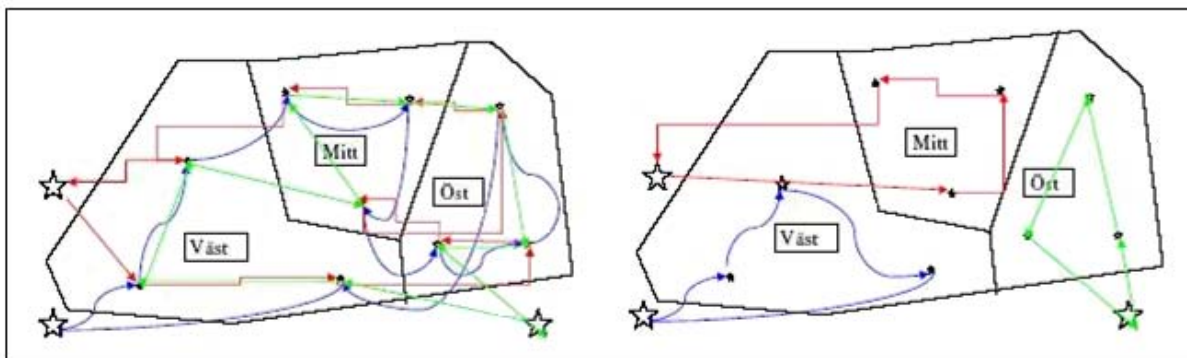
Målet med det nu pågående SAMLIC-projektet som drivs av Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI, är att skapa ett ekonomiskt och logistiskt effektivt distributionssystem som även är uthålligt och miljöanpassat. Internationella erfarenheter visar att samordnad distribution är en nyckelåtgärd för att effektivisera städernas transportsystem. Inom ramen för SAMLIC-projektet pågick under våren 2004 ett PILOT-projekt (Eriksson, 2004a).

Inblandade parter i SAMLIC-projektet är VTI, nätverket för transportörer i Linköping city, Citysamverkansgruppen, Arbetsgruppen Innerstadens transporter, Svensk Biogas och Linköpings Universitet Campus Norrköping (Eriksson, 2004b). VTI:s del av SAMLIC-projektet finansieras av Verket för innovationssystem, Vinnova, medan övriga parter finansierar sin egen delaktighet i projektet (Eriksson, 2004c).

1.2 Problembeskrivning

Mängden leveranser in i och ut ur Linköpings innerstad ger upphov till trängsel och därmed uppkommer trängselkostnader. Det här fenomenet blir mer omfattande vartefter city expanderar. I dagens läge distribueras godset inne i city av flera olika distributionsföretag. En tur med ett distributionsfordon i city karakteriseras av att flera små stopp på ett flertal olika leveransadresser runt om i city uträttas, se vänstra bilden i figur 1. Eftersom flera distributionsrutter ser ut på liknande sätt kommer distributionsfordonen att anlända till samma leveransplatser och därmed uppstår köer. Köer leder till trafik- och miljöproblem. Orsaken till köerna är att antalet lastplatser är för få i förhållande till antalet distributörer och mängden företag i city. Problematiken förstärks eftersom det råder platsbrist för införandet av flera och större lastkajer eller lastzoner. En lösning är därför att flera distributörer går samman och på så sätt ökar mängden gods till en och samma leveransadress och sedan distribuerar godset i city, så kallad samdistribution. Distributionsmönstret för denna lösning skulle bli enligt illustrationen till höger i

figur 1. Lösning skulle leda till att kötider och antalet distributionsrörelser i innerstaden reduceras (Eriksson, 2004a).



Figur 1 Illustration av distributionsmönstret, vänster bild representerar distributionsmönstret före och efter PILOT medan höger bild visar ett möjligt samdistributionsmönster (Eriksson, 2004d).

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att studera de effekter på transport- och trafiksystemet som uppkommer i samband med införandet av ett distributionssystem baserat på samdistribution enligt SAMLIC-projektet.

Transporteffekterna, förändringen av total leveranstid per vecka, restid per vecka och antalet stopp, som samdistributionen ger upphov till, ska utredas.

För att analysera trafikeffekterna av samdistribution, förändringen i flöde, hastighet och fordonskilometrar samt de emissioner som dessa ger upphov till, ska simuleringsverktyget CONTRAM användas.

1.4 Uppgiftsprecisering

Huvuduppgiften med det här examensarbetet är att simulera och analysera vad PILOT- och SAMLIC-distributionssystemen får för trafikeffekter i innerstaden.

De simuleringar som ska utföras är:

- Vanlig distribution
- PILOT (samdistribution av styckegods, tre inblandade distributörer)
- SAMLIC (samdistribution av styckegods med flera inblandade distributörer).

Då simuleringarna utförts är uppgiften att analysera simuleringresultaten.

En deluppgift i examensarbetet är att utföra statistiska modelleringar på de transporteffekter som distribution enligt PILOT ger upphov till.

1.5 Avgränsningar

Innercity har blivit uppdelat i tre områden öst, mitt och väst och det är endast inom dessa områden datainsamlingen utförts. Områdenas grafiska sträckning presenteras i bilaga 1. I PILOT-projektet har tre distributörer deltagit och godset som varit aktuellt är styckegods till city och paket till Gyllenhuset (mitt), Gränden (öst) och Filbytergallerian (väst).

Insamlingen av data före och efter PILOT-projektet har till största delen utförts av olika transportörer och inte genomförts lika omfattande av dessa. Ytterligare en

begränsning är att en av transportörernas fraktsedlar inte visar antalet kollin eller dess vikt.

Distributionsfordonens reseefterfrågan mellan terminalen och innerstaden har på grund av tidsmässiga skäl inte förändrats i OD-matriserna för distribution enligt PILOT och SAMLIC. Det medför att minskningen i reseefterfrågan mellan innerstaden och terminalen inte fångas upp i de simuleringsresultat som presenteras.

1.6 Definition

Samdistribution definieras i det här examensarbetet av distributionsaktörer som samlar gods för vidare transport till leveransadresser inom ett geografiskt avgränsat område. Det geografiskt begränsade området är beläget i Linköpings innerstad.

Definitionen av Linköpings innerstad i det här examensarbetet är samma definition som gäller för hela SAMLIC-projektet, nämligen området innanför Östgötagatan, Vasavägen, Hamngatan, Drottninggatan, Storgatan och Västra vägen, se grafisk presentation bilaga 1.

Ett nätverk är en modell av verklighetens vägnät. I CONTRAM definieras nätverket av länkar, noder och zoner. Länkarna motsvarar verklighetens vägar medan noderna motsvaras av korsningar. Zonerna anger olika start- och målpunkter i nätverket. I OD-matrisen definieras fordonens reseefterfrågan mellan de olika start- och målpunkterna.

1.7 Metod

Arbetet inleddes med en bakgrundstudie. Där studerades litteratur om samdistribution i allmänhet samt litteratur med specifik inriktning mot olika initierade samdistributionsprojekt. Den litteraturstudie som utfördes tyder på att ingen tidigare utfört simuleringar liknande dem som ska utföras inom detta examensarbete.

Metoden som använts för att analysera transporteffekterna av distribution enligt PILOT var statistisk modellering. Trafikeffekterna för distribution enligt PILOT och SAMLIC analyserades däremot genom simulering i trafiksimuleringsprogrammet CONTRAM. Fördefinierat från VTI:s sida var att CONTRAM skulle användas.

För att bekanta sig med CONTRAM utfördes även några små modellförsök innan det huvudsakliga arbetet i CONTRAM tog vid. Utöver de data som samlades in under PILOT-projektet har bland annat data rörande slangmätningar (trafikräkningar) samt vägnätets utformning i innerstaden samlats in.

En litteraturstudie med anknytning till trafiksimulering har även utförts. Litteraturstudien syftar till att ta upp vikten av indata tillförlitlighet samt värdet av att den skapade modellen är verifierad och validerad.

Det kan tilläggas att det till viss del förekommit ett samarbete mellan de två examensarbeten som utförts inom ramen för SAMLIC-projektet. Det beror på att examensarbetena i viss mån bygger på varandra och således spelar resultaten en viktig roll i de båda arbetena.

1.8 Presentation av VTI – Statens väg- och transportforskningsinstitut

VTI heter sedan år 1993 Statens väg- och transportforskningsinstitut men har anor redan från år 1923. VTI blev ett nytt institut år 1971 genom en sammanslagning av Statens väginstitut och en del av Statens trafiksäkerhetsråd, men hette då Statens väg- och trafikinstitut. I och med sammanslagningen skapades förutsättningar för en tvärvetenskaplig organisation med forskning och utbildningsverksamhet inom bland annat fordonsteknik, trafikantbeteende och trafikteknik (VTI, 2004).

Från och med år 1975 har VTI funnits i Linköping och under årens lopp har forskningsområdena utökats. Det finns till exempel numera forskningsresurser inom områden för ergonomi, miljö och järnvägsfrågor (VTI, 2004).

VTI finns nu för tiden även representerat i Borlänge sedan år 1998 och Stockholm sedan år 2003. VTI i Borlänge är inriktade mot transportekonomi medan filialkontoret i Stockholm inriktar sig mot forskning kring den politiskt-administrativa beslutsprocessen, vilken utgör kärnan inom transportsektorns beslutsfattande. VTI finns även i Göteborg sedan ännu ett filialkontor öppnades år 2004. Göteborgsplaceringen medför att VTI kan komma i närmare kontakt med den svenska bilindustrin (VTI, 2004).

VTI har fått i uppdrag av regeringen att utföra forsknings- och utvecklingsarbete inom områden för infrastruktur, trafik och transporter. I arbetet ingår det även att analysera transportsektorns effekter på miljön samt dess energiförbrukning. Sammanfattningsvis handlar uppdraget om att bedriva forskning och utveckling som ska bidra till uppfyllandet av de transportpolitiska målen regeringen och riksdagen fastslagit (VTI, 2004).

Finansieringen av VTI består av ett grundanslag och av de intäkter man får in från olika uppdragsgivare. Den största uppdragsgivaren är Vägverket medan Verket för innovationssystem (Vinnova), EU-kommissionen, Banverket, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA) och bilindustrin är exempel på flera andra av VTI:s uppdragsgivare (VTI, 2004).

I december år 2003 hade VTI 179 stycken anställda varav ungefär en tredjedel av dessa var kvinnor. Under samma år fanns det 44 stycken anställda med licentiat- och doktorexamen varav 9 stycken med professor/docentkompetens. Det arbetade även 19 stycken doktorandstuderande på VTI under denna tidpunkt (VTI, 2003).

2 Litteraturstudie – inriktning mot samdistribution

Här presenteras begreppet samdistribution samt sammanfattningar av olika samdistributionsförsök som har initierats.

2.1 Samdistribution

Det finns ingen klar och tydlig definition av samdistribution i städer. Det beror på att det används olika definitioner beroende på vilken sorts samdistribution det handlar om, samdistribution inom ett och samma företag eller mellan flera företag samt om en specifik samlastningsterminal ingår i transportsystemet (BESTUFS, 2004). Gemensamt för alla definitioner är att godsflöden på något sätt konsolideras, lastas samman. Mot bakgrund av detta lyder definitionen av samdistribution i det här examensarbetet;

”Distributionsaktörer som samlastar gods för vidare transport till leveransadresser inom ett geografiskt avgränsat område.”

Samdistribution av gods in till city leder till att godstransporterna kan effektiviseras. Genom att samordna transporterna till leveransadresser i området kan distributionsfordonen användas effektivare med högre fyllnadsgrad, färre stopp och kortare körsträckor. Det leder i sin tur till att trängseln i stadstrafiken minskar, trafiksäkerheten ökar och miljön förbättras (Ljungberg, m.fl., 2002)

2.2 Exempel på initierade samdistributionsprojekt

I det här delkapitlet presenteras sammanfattningar av tre stycken initierade samdistributionsprojekt i Sverige.

2.2.1 Borlänge, Gagnef och Säter

De tre kommunerna Borlänge, Gagnef och Säter utförde hösten år 1999 en förändring av livsmedelsdistributionen. Förändringen bestod i att samdistribuera livsmedel. Transportstrukturen före och efter förändringen skulle sedan studeras utifrån ett miljökonsekvensperspektiv. Att studera miljökonsekvenserna blev TFK:s (Institutet för transportforskning) uppdrag (TFK, 2001).

Transporternas miljöpåverkan bedömdes genom beräkningar av de emissioner till luft som uppkommer i samband med drift av fordonen. Resultatet av jämförelsen mellan före och efter förändringen av distributionen vad det gäller emissioner till luft visar dock ingen tydlig skillnad. Studien visar ändå på att det finns en potential att kunna förbättra miljön med hjälp av samordnade transporter (TFK, 2001).

Det bör även tilläggas att datainsamlingen i det här projektet inte fungerade som det var tänkt och fick till följd att den tänkta miljökonsekvensanalysen blev av en mer översiktlig karaktär (TFK, 2001).

Förändringen av livsmedelsdistributionen förde bland annat med sig att antalet leveranser till varje enskild mottagare blev färre samt att antalet lastbilsrörelser i anslutning till känsliga verksamheter såsom dagis och skolor minskade (TFK, 2001).

Erfarenheter från studien visar på att ett simuleringsverktyg som kan hantera ruttplanering skulle kunna vara till stor hjälp. I samband med detta är det även bra

att se över de restriktioner som finns gällande leveranstider eftersom detta kan medföra att lastbärarna fylls mer. Det är även viktigt med en hög standard på datakvaliteten (TFK, 2001).

2.2.2 Uppsala

SAMTRA-samordning av godstransporter, är ett projekt som utfördes i Uppsala under åren 1999–2001. Genom att samordna distributionen för butiker i centrala Uppsala ville man uppnå ett mer miljövänligt transportssystem. Genom den kartläggning av varudistribution som utfördes inom SAMTRA-projektet såg man att den genomsnittliga fyllnadsgraden var låg, 40 procent. Om små leveranser samordnas kommer distributionen att effektiviseras åtskilligt vilket beror på att godsmängden har relativt liten betydelse för den totala leveranstiden. Av den totala leveranstiden står lossningen av gods för mindre än hälften av tidsåtgången (Ljungberg, m.fl., 2002).

I demonstrationsprojektet ingick nio stycken handlare och de upplevde i genomsnitt att antalet leveranser minskat med 40 procent. Vinster som uppnåddes med samdistributionen var effektivare fordonsutnyttjande, miljöförbättringar samt effektivare leveranser. Fordonsutnyttjandet blev effektivare eftersom färre fordon behövdes och antalet leveransstopp minskade samtidigt som fyllnadsgraden ökade. Utöver detta minskade även körsträckan. Miljön förbättrades genom att trafiksäkerheten och framkomligheten ökades samtidigt som bullret och utsläppen minskades. Leveranserna blev effektivare eftersom mängden leveranser minskade då storleken på leveranserna ökades samtidigt som leveranserna kom på förutbestämda tider (Ljungberg, m.fl., 2002).

Projektet slutfördes år 2001 och diskussioner kring hanterandet av samdistributionen i Uppsala pågår än. En viktig lärdom att ta nytta av från SAMTRA-projektet är att inviga alla parter i samdistributionsprojektet. Så var inte fallet i SAMTRA-projektet utan målgruppen för projektet var butiker/handlare i första hand. Problemet med denna felfokusering var att denna målgrupp var förhållandevis ointresserade av att driva frågan om samdistribution. Ointresset från deras sida berodde på att samdistributionen inte påverkar lönsamheten på butiksnivå speciellt mycket. Fokuseringen skulle istället ha varit inriktad på fraktföretagen/distributörerna.

2.2.3 Linnéområdet i Göteborg

Pettersson (1999) skriver i sin licentiatexamensuppsats, *Innerstadens varudistribution*, om ett försök med samordnade leveranser för Linnéområdet i Göteborg. Samdistributionen startades den 1 september år 1996 och projektets fokus låg på att samordna leveranser till livsmedelsbutikerna (Eriksson, m.fl., 2003). ASG var distributör i detta försök och deras roll var att med hjälp av ett naturgasfordon hämta gods hos leverantörer och sedan distribuera godset. Distributionen skedde utan omlastning och som mest var fyra stycken leverantörer knutna till försöket samtidigt. Tanken var att samdistributionen skulle startas i liten skala med ett begränsat antal deltagare för att sedan successivt utökas. Det fanns flera leverantörer som var intresserade att delta i försöket men eftersom endast ett naturgasfordon fanns tillgängligt avböjde ASG att ta emot mer samdistribuerat gods. Det fanns en ambition med att använda så pass miljövänliga fordon som möjligt i samdistributionsförsöket men när detta uppdagades ville man att ASG skulle använda befintliga fordon och hålla fast vid samdistributionen. Det verkar dock inte som ASG gick med på detta och i samband med denna problematik gick även två av de fyra leverantörerna i konkurs och samdistributionen lades ner i mitten av år 1998 (Pettersson, 1999).

Trots att försöket fick läggas ner såg leverantörerna ekonomiska fördelar med samordnad distribution samtidigt såg de även att körsträckan minskades. De butiker som fick gods levererat till sig med hjälp av samdistribution hade inte noterat några avvikelser vad gäller leveranstider och/eller leveranstäthet mot tidigare distributionssätt (Pettersson, 1999).

3 Nulägesbeskrivning

Kapitlet om nulägesbeskrivningen syftar till att ge en fördjupad inblick i PILOT- och SAMLIC-begreppen. Kapitlet består av två delkapitel som behandlar PILOT respektive SAMLIC.

3.1 PILOT

PILOT-avsnittet inleds med en beskrivning av PILOT-projektet och efterföljs sedan av en genomgång av de statistiska modelleringar som utförts i examensarbetet. Avsnittet avslutas sedan med en analys av de utförda statistiska modelleringarna.

3.1.1 Beskrivning av PILOT

Under våren 2004, 29 mars till 28 maj, pågick ett PILOT-projekt inom ramen för SAMLIC-projektet. Tre stycken distributörer, DHL, Poståkeriet och Schenker var delaktiga i PILOT-projektet. Under de nio veckor som PILOT-projektet genomfördes samordnade dessa distributörer sina transporter av gods till Linköpings city. Definitionen av city i det här projektet är området innanför Östgötagatan, Vasavägen, Hamngatan, Drottninggatan, Storgatan och Västra vägen, för kartbild se bilaga 1 (Eriksson, 2004d). Området delades även in i tre mindre områden öst, mitt och väst. Distributörerna ansvarade för var sitt mindre område under en treveckorsperiod och därefter skiftades område tills dess att alla hade distribuerat i samtliga områden. Distributionsmönstret för de tre PILOT-distributörerna illustreras i den högra bilden i figur 1. Under tiden som PILOT-projektet pågick samlades data in. Chaufförerna fyllde i ett formulär, se bilaga 2, där olika uppgifter om turen specificerades, datum, bilnummer, turnummer, antal pallar, avgångstid och ankomsttid från och till terminal, mätarställning vid första och sista stoppet samt uppgifter om rast och skador. Formuläret fungerade sedan som ett försättsblad för alla leveranssedlar som ingick i turen. På varje leveranssedel skrev sedan chaufförerna ankomsttid till leveransadressen, väntetid samt vilken tid leveransadressen lämnats. Chauffören kunde även markera om någon övrig upplysning lämnats till deras kontaktperson.

All insamlad data från PILOT-projektet lades sedan in i en databas som kom att omfatta 4 985 poster och ett utdrag ur databasen finns i bilaga 3. De data som samlades in under PILOT-projektet ligger sedan till grund för att utforma det ekonomiskt och logistiskt effektiva distributionssystem som eftersträvas i SAMLIC-projektet.

Efter PILOT-projektets slut skulle efterstudier utföras. Det var endast ett av de tre distributionsföretagen som utförde en efterstudie i anslutning till PILOT-projektet. På examensarbetarnas initiativ utförde ytterligare ett distributionsföretag en efterstudie men inte förrän på hösten år 2004 under vecka 38. Ett liknande uppgiftsformulär bifogades chaufförerna och datainsamlingen gick till på samma sätt som under PILOT-projektet. Enda skillnaden var att distributören endast hade sitt eget företags varor att distribuera och att leveransadresserna kunde variera i hela Linköpings innerstad.

Data från efterstudierna fördes in i en databas, liknande PILOT-projektets databas.

Det bör även nämnas att en förstudie till PILOT-projektet har utförts. Till förstudien fanns inget enhetligt formulär och de data som finns ifrån förstudien

beskriver endast antalet turer per dag under en veckas tid för ett distributörsföretag. På grund av att mängden datauppgifter från förstudien skiljer sig så pass mycket från de data som finns från PILOT och från efterstudierna till PILOT upprättades ingen databas för förstudien.

3.1.2 Statistisk modellering 1 – En fingervisning om att tidsbesparingar är möjliga

En första bearbetning av PILOT-data utfördes med hjälp av linjär regressionsanalys. Syftet med denna tidiga bearbetning var att kunna presentera siffror på vad man kan vinna med samdistribution jämfört med den dagliga distributionsammansättning på det intressentmöte som hölls 2004-09-01. Linjär regressionsanalys användes för att kunna skatta den totala tiden och restiden för med respektive utan samdistribution. Besparingen kunde sedan beräknas genom en jämförelse av tidsvärdena med respektive utan samdistribution. Beräkningen utfördes baserad på faktorerna restid till stoppet, väntetid vid stoppet, angöringstid, leveranstid per kund vid stoppet samt iordningställandetid vid stoppet. Angöringstiden, leveranstiden per kund samt iordningsställandetiden beräknas som en gemensam tid då angöringstid, det vill säga klargöring av fordonet inför lossning, och iordningsställandetiden, det vill säga klargöra bilen för avfärd, inte går att skilja åt.

Ett antagande om att medelhastigheten är relativt konstant för de olika distributionssätten medför att besparingen för körsträckan blir lika stor som besparingen i restid. Det var endast en vecka, den sista, av PILOT-projektets nio som analyserades på det här sättet. Anledningen till att endast en vecka modellerades var att tiden fram till intressentmötet inte medgav en mer omfattande första modellering. Eftersom den tidsmässiga faktorn var avgörande valdes därför den sista veckan ut med anledning av att alla inblandade parter då vant sig vid samdistribution och att barnsjukdomarna då torde vara eliminerade. Det material som användes som grund för beräkningar av icke samdistribution är hämtat från den efterstudie som utfördes av ett distributionsföretag i nära tidsmässig anslutning till PILOT-projektet. Resultatet som presenteras i tabell 1, är en fingervisning om att besparingar är möjliga att göra vid samdistribution. För formel och beräkningsgång se bilaga 4.

Tabell 1 Sammanställning över besparingarna för total tid, restid och körsträckan för den 9:e PILOT-veckan. Totala tiden och körtiden presenteras i minuter.

	Samdistribution	Ej samdistribution	Besparing %
Total tid	1 989	2 501	20
Restid	304	710	57
Körsträcka	–	–	57

3.1.3 Statistisk modellering 2 – Utökad bearbetning av tidsbesparingsmöjligheterna

En noggrannare kontroll och verifiering över tidsbesparingsmöjligheterna för PILOT-projektets nio veckor utfördes även. Denna bearbetning utfördes på samma sätt som beskrivits i föregående avsnitt (3.1.2) och kontrollen visade att den totala tidsbesparingen med samdistribution i genomsnitt skulle bli cirka

14 procent under hela PILOT-tiden. Denna siffra är lägre än det preliminära resultat som beräknats tidigare. Vid den tidigare beräkningen utgicks det från sista veckan under PILOT-projektet och besparingen uppgick då till 20 procent. I ett försök att härleda vad denna genomsnittliga minskning kan bero av, har regressionsanalys utförts på alla nio veckorna separat. Beräkningarna per vecka utfördes på samma sätt som tidigare beräkningar utförts, se avsnitt 3.1.2. Materialet som använts som grund för beräkningarna är alltså data från PILOT-projektets alla veckor separerade samt data från de efterstudier som utförts.

Linjär regressionsanalys användes för att kunna skatta den totala tiden och restiden med respektive utan samdistribution. Tidsvärdena för med respektive utan samdistribution jämfördes sedan och besparingen kunde beräknas, se tabell 2 för total tidsbesparing per PILOT-vecka. För utförligare sammanställning, se bilaga 5.

Tabell 2 Presentation över totala tidsbesparingen per PILOT-vecka (försöksvecka). Kursiv text beskriver fyradagars veckor.

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tidsåtgång vid samdistribution (min)	2 633	2 071	1 706	2 457	2 408	2 067	2 103	2 116	2 004
Tidsåtgång utan samdistribution (min)	2 934	2 363	1 942	2 909	2 796	2 646	2 369	2 349	2 446
Tidsbesparing (%)	10,3	12,3	12,2	15,5	13,9	21,9	11,2	9,9	18,1

3.1.4 Analys

Utifrån denna bearbetning kan det konstateras att vecka fyra och sex har oväntat höga procenttal på tidsbesparingen. Vecka fyra borde ha haft lägre värde i och med att den veckan ligger först i en treveckorsperiod där chaufförerna byter leveransområde i innerstaden och inkörningsproblem borde ha påverkat tiden till det sämre. Enligt detta resonemang borde vecka tre haft ett bra värde på tidsbesparingen eftersom den veckan ligger sist i en treveckorsperiod och därmed borde eventuella inkörningsproblem på det området ha hunnit elimineras. Ett sådant eftersträvat bättre värde uppnås dock inte.

Även vecka åtta har ett lågt värde på tidsbesparingen. Detta låga värde kan bero på att restiden per dag är ovanligt hög. Veckan har bara fyra dagar vilket kan påverka beräkningarna eftersom den lediga dagen infaller på en torsdag. I databasen från PILOT-projektet har en restid mellan samma leveranspunkt, dock olika leveransadresser, som är på 15 minuter observerats, vilken kan anses som orimlig. Tolv restider över 14 minuter och under 28 minuter har noterats under denna vecka.

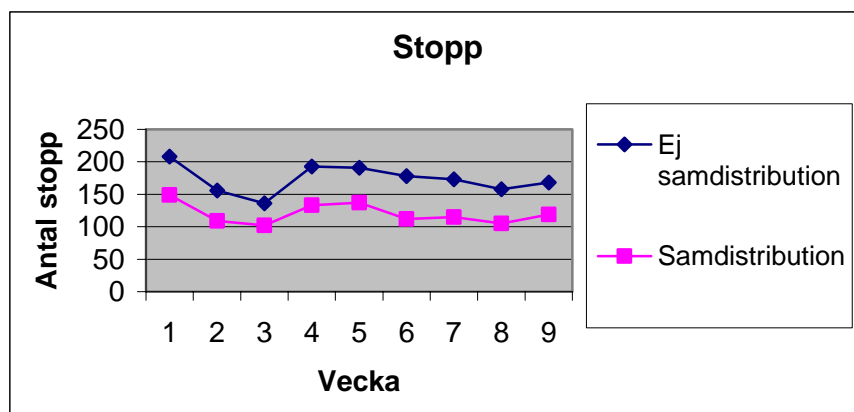
I flera av databasens poster fanns onormalt stora restider mellan olika leveransadresser registrerade. Dessa värden har justerats då belägg finns från originalregistreringen eller om uppenbara fel funnits. Med uppenbara fel avses restider där sannolikheten är hög att lunch förekommit. Kvar i databasen finns poster med relativt höga restider eftersom det inte funnits belägg att ändra dessa. Anledningen till att de höga restiderna finns där kan vara att gods distribuerats innanför och sedan utanför området som definierar city för att sedan distribueras innanför igen.

Detta kan förklara en del av fluktuationerna av tidsbesparingen samtidigt som man bör ha i åtanke att datainsamlingar alltid är förenade med fel.

Ett konstaterande är att den procentuella tidsbesparingen för vecka 9 sjunker från 20 % till ungefär 18 % vid statistisk modellering 2. Det beror på att mängden datamaterial ökats sedan den första statistiska modelleringen utfördes eftersom ytterligare en efterstudie genomförts under tiden examensarbetet pågick. Data-materialet från efterstudien kunde således tas med i beräkningarna för den sista statistiska modelleringen. Det medför att den sistnämnda besparingen på 18 % sannolikt är den mest sanningsenliga. Trendmässigt kan det även konstateras att den totala procentuella tidsbesparingen i det stora hela förbättras från första veckan till sista veckan i varje tidsperiod.

Den faktiska restiden för vanlig distribution har med hjälp av olika beräkningar kunnat analyseras, för beräkningar och resultat se bilaga 5. Av dessa beräkningar kan det konstateras att den genomsnittliga restidsbesparingen per vecka sjunker från tidigare nämnda 55 % till 26 % för de inblandade distributionsfordonen i PILOT. Anledningen till att restidsbesparingen minskar beror på att mängden datamaterial från den första statistiska modelleringen ökat vilket tyder på att den 26-procentiga restidsbesparingen är mest sanningsenlig. Trots att siffran sjunkit reduceras ändå restiden med cirka en fjärdedel. Det innebär i praktiken att restiden per dag kan reduceras med cirka en halvtimme, då den genomsnittliga restiden för vanlig distribution beräknas vara två timmar per dag. Tillämpas sedan antagandet om att medelhastigheten för de olika distributionssätten är relativt konstant blir den genomsnittliga besparingen för körsträckan lika stor som restidsbesparingen, det vill säga 26 %.

Av beräkningarna som utförts kan det konstateras att mängden stopp reduceras med samdistribution, se diagram i figur 2. Då mängden stopp reduceras ökas mängden kunder per stopp. Beräkningarna visar att den genomsnittliga stoppbesparingen, reduktion av antalet stopp, per vecka ligger på ungefär 30 %, se bilaga 5.



Figur 2 Presentation av antalet stopp för vanlig distribution respektive samdistribution.

3.2 SAMLIC

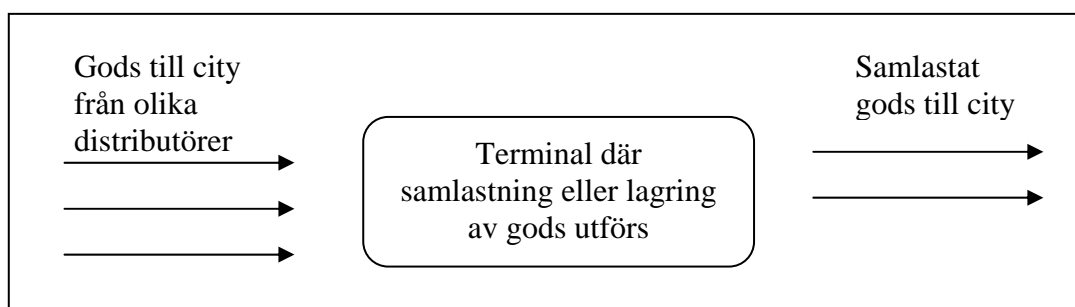
I SAMLIC-avsnittet återfinns en beskrivning av SAMLIC. Den efterföljs av en godsmängdsundersökning som syftar till att påvisa den ungefärliga mängden gods in till city och därmed ge en fingervisning om den mängd gods som skulle kunna vara aktuell för samlastning.

3.2.1 Beskrivning av SAMLIC

SAMLIC står för samordnad varudistribution till Linköpings city och är benämningen på hela projektet. Inom ramen för SAMLIC-projektet initierades PILOT-projektet. PILOT-projektet syftade till att data skulle samlas in för att olika analyser av samdistribution skulle kunna utföras innan SAMLIC-projektet som helhet startas.

Meningen med SAMLIC är att allt styckegods från alla distributörer, lokala som långväga, till city ska samdistribueras. Tanken är att alla distributörer istället för att var för sig leverera godset direkt till kund belägen i Linköping city leverera godset till en terminal. På terminalen samlastas sedan godset för leverans in till city alternativt lagras för senare leverans, se figur 3 för illustration. Detta är som sagt meningen med SAMLIC, hur de praktiska bitarna ska lösas är vid tidpunkten för detta examensarbets färdigställande ännu inte klart. Det förs just nu diskussioner med Linköpings kommun om det finns möjlighet att låta deras godsflöden ingå i SAMLIC men ännu är ingenting bestämt. Det finns även en föreställning om att distributionen inom SAMLIC i framtiden ska utföras med biogasdrivna lastfordon.

Det bör även tilläggas att vissa typer av gods som till exempel hängande kläder och blommor inte kan samlastas på grund av dess karaktär (Kånge, 2004). Detta gods berörs inte av samdistributionen utan dess transportmönster fortskrider som vanligt då SAMLIC införlivats.



Figur 3 Illustration av principen med SAMLIC.

3.2.2 Godsmängdsundersökning i Linköpings city

Inom ramen för SAMLIC-projektet har en godsmängdsundersökning utförts för att ta reda på den totala godsvolymen som levereras till Linköpings city per år (Fors, m.fl., 2005). Tillvägagångssättet som använts är att en kontroll av antalet företagskategorier i telefonkatalogen utförs. De företag som har sin verksamhet i city valdes sedan ut och antalet summeras efter företagskategori. Från varje företagskategori väljs sedan med utgångspunkt från innehavda förkunskaper om företagets storlek ett representativt företag ut per företagskategori. För de företag där osäkerhet angående storleken fanns valdes två företag ut. De utvalda företagen kontaktades per telefon och ombads uppskatta den mängd gods som togs emot per

vecka uttryckt i pall och kartong. Antalet kartonger och pallar beräknades sedan för respektive företagskategori. Mängden pallar och kartonger som anländer till city summerades och med hjälp av PILOT-data beräknades sedan en medelvikt per kartong och en medelvikt per pall. Genom att multiplicera mängden kartonger och dess medelvikt samt mängden pallar och dess medelvikt och sedan summera dessa, resulterar det i slutändan till att det under ett år anländer 4 559 ton gods till city där antalet verksamma distributionsdagar beräknas var 260 stycken (Fors, m.fl., 2005). Det medför att det i genomsnitt anländer 17,5 ton gods per dag till city.

Det bör framhävas att undersökningen alltså är baserad på uppskattade godsvolymer från en eller två företag inom en företagskategori och att resultatet därför endast kan ses som en relativt god fingervisning om mängden gods i city. Anledningen till att resultatet ändå kan ses som en relativt god fingervisning är att de som lämnat uppgifterna ändå måste bedömas ha bra insyn i företagets godsflöde (Fors, m.fl., 2005).

I denna undersökning har gods till privatpersoner, kommunen och landstinget exkluderats. För närmare information hänvisas till Fors, m.fl., 2005.

4 Litteraturstudie – inriktning mot simulering

Kapitlet syftar till att ge en inblick i simuleringsvärlden där begreppet simulering först definieras för att sedan inriktas mot trafiksimulering. Därefter följer två delkapitel som behandlar vikten av indata vid simulering samt verifiering och validering av simuleringsmodeller.

4.1 Simulering

Ordet simulering kommer från latinets *simulare* som betyder låtsas (Ljung, m.fl., 1991). Det finns flera olika definitioner på simulering, men en av dem lyder så här;

”Simulation is the process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model with the purpose of either understanding the behaviour of the system or of evaluating various strategies (within the limits imposed by a criterion or set of criteria) for the operation of the system” (IDA, 2004).

I definitionen av simulering enligt ovan framgår det att simulering är en process att designa en modell av ett riktigt system och utforma olika experiment som syftar till att förstå hur systemet beter sig eller för att evaluera olika strategiers effekter på systemet.

I enklare ordalag kan det konstateras att simulering handlar om att efterlikna den riktiga omvärlden med hjälp av en modell. Modellen byggs upp av olika antaganden i matematisk, logisk och symbolisk form med syftet att efterlikna omvärlden. När modellen utvärderas kan sedan olika förändringar och dess effekter studeras (Banks, m.fl., 1998).

Det är simuleringens förmåga att hantera komplicerade modeller och dess motsvarande system som medfört att simuleringsverktyget blivit så populärt. En annan bidragande orsak är den snabba kapacitetsutveckling som datorerna har haft (Kelton, m.fl., 2002).

4.1.1 Trafiksimulering

Transportmodeller har använts sedan 50-talet (Archer, 2003). Genom att använda sig av trafikmodeller kan man beskriva nuläget och undersöka vad olika förändringar får för effekter. Med hjälp av trafiksimulering kan man till exempel analysera komplexa och dynamiska problem i trafiksystemet som man traditionellt sett inte kunnat lösa tidigare. Analytiska modeller kan inte hantera hur annan trafik uppför sig vid till exempel omkörningar och upphinnanden eller hur man hanterar varierande förutsättningar i trafikförhållanden som olika hastighetsbegränsningar och korsningar (Matstoms, 2004). Genom att tillämpa olika former av trafiksimuleringsmodeller kan detta dock hanteras.

4.1.2 Olika trafikmodeller

Det finns statiska och dynamiska trafikmodeller. Modeller av statisk karaktär beskriver långsiktiga effekter och stationära förlopp¹. En statisk modell fokuserar på normala och genomsnittliga förhållanden (Lundgren, 2003a). En dynamisk modell avspeglar efterfrågans variation över tiden. Det medför att länkflödena och restiden varierar över tiden och att valet av rutt är beroende av tidpunkten för resans start (Lundgren, 2003b). Den statiska typen av modeller används främst för trafikplanering medan dynamiska modeller främst används för trafikledning och trafikstyrning (Lundgren, 2003a).

De statiska eller dynamiska modelldragen ingår sedan i tre olika kategorier av trafiksimuleringsmodeller, mikro-, meso- och makromodeller.

Mikromodeller

En simulering på mikronivå innebär att man hanterar små nätverk eller enskilda objekt som till exempel en korsning. Detaljgraden är väldigt hög vilket innebär att fordonen behandlas individuellt (Bång, 2003) och att nätverket beskrivs på djupet. Hög detaljeringsnivå innebär till exempel att väjningsplikt, stoppmarkeringar, trafiksignaler, varierande biltyper, bussar och lastbilar modelleras (Bång, 2003). Det finns även modeller som styr olika förar beteenden, körfältsbyten och hastighetsval (Matstoms, 2004). Exempel på två stycken mikrosimuleringsprogram är AIMSUN2 (Matstoms, 2004) och VISSIM (Archer, 2003).

Mesomodeller

Mesomodeller hanterar mellanstora till stora nätverk. Detaljnivån för mesomodeller är lägre än för en mikromodell. I mesomodeller symboliseras fordon av paket. Ett paket kan motsvara flera fordon. En mesomodell kan hantera och differentiera olika fordonskategorier. Förseningar beräknas utifrån tidsåtgången i korsningar. Det är i stora drag vad som karaktäriseras av en mesomodell men en exakt definition är svår att göra (Bång, 2003). Ett exempel på ett mesoprogram är CONTRAM (Archer, 2003).

Makromodeller

Makromodeller är vanligen av statisk karaktär. Detaljeringsgraden för denna modelltyp är låg. Nätverket beskrivs på ett grovt sätt speciellt i täta urbana områden. Den låga detaljnivån medför att man kan hantera stora nätverk med relativ kort beräkningstid (Bång, 2003). Ett exempel på ett program med makromodells struktur är EMME/2 (Archer, 2003).

4.2 Indatas betydelse vid simulering i allmänhet

Cheng (2002) tar upp tre huvudsteg i att hantera indata. Det första steget är att samla in data, det andra steget är att inspektera insamlad data medan det tredje steget är att analysera data. Cheng menar vidare att datainsamlingen till stor del sker utan inblandning av den som ska analysera data. Men enligt Leemis (2001) kan datainsamlingen utföras på två vis. Enligt det första viset, designas ett experiment för insamling av data medan det andra viset, innebär att frågor ställs mot redan existerande data som den som ska utföra analysen inte varit med och samlat in.

¹ Med stationära förlopp menas att trafiken har svängt in sig, stabiliserats.

I Chengs (2002) andra steg om inspektion av data beaktas datakvaliteten och datakomplexiteten. Inom detta steg berörs hur insamlad data står sig mot data från utomstående tidsperiod samt datas storlek/kvantitet. En känd term inom simuleringskretsar som härrör till datakvaliteten är ”Rubbish in, rubbish out”. Med detta menas att om ”skräp” stoppas in i simuleringsmodellen kommer ”skräp” att komma ut ur modellen oavsett hur bra simuleringsmodell som än byggs. Det innebär att om felaktig data som till exempel för långa körtider på ett vägvagnsnitt stoppas in i modellen genereras för långa körtider på detta vägvagnsnitt av modellen. Uttryck visar vikten av indatas betydelse.

Tredje steget som Cheng (2002) tar upp behandlar analys av data och har två syften. För det första leder det till ökad förståelse för datastrukturen vilket fås då en statistisk eller stokastisk modell (indatamodell) härleds till karaktären av insamlad data. När en sådan, indatamodell, skapats kan denna användas för att uppfylla det andra syftet, att generera just indata till simuleringsmodellen, om detta krävs för simuleringens skull. Det viktiga är dock att ta reda på hur karaktären på de insamlade data överensstämmer med indatamodellen och hur det påverkar kvaliteten på simuleringen, men detta behandlas vanligen som ett valideringsproblem (Cheng, 2002).

4.2.1 Indata vid trafiksimulering

Indata i form av trafikflöden till trafiksimuleringsmodeller brukar utgöras av en matris som beskriver reseefterfrågan mellan olika områden. En sådan matris brukar benämnas OD-matris där O:et står för origin och D:et för destination (Holmberg, m.fl., 1996). Traditionellt togs reseefterfrågan som beskrivs i OD-matrisen fram genom resvaneundersökningar i hemmet eller på vägen. Arbetet var dock kostsamt och tidskrävande (Lundgren, 2003c). Ett attraktivt sätt att undvika dessa kostnader är att använda trafikräkningar tillsammans med en gammal OD-matris som med hjälp av olika estimeringar ger upphov till en uppdaterad OD-matris (Bång, 2003).

Alternativet till OD-matriser som indata är att svängandelar istället kan användas. Men att använda svängandelar som indata är inte aktuellt vid simuleringar då nätutläggningar utförs.

4.3 Verifiering och validering vid simulering i allmänhet

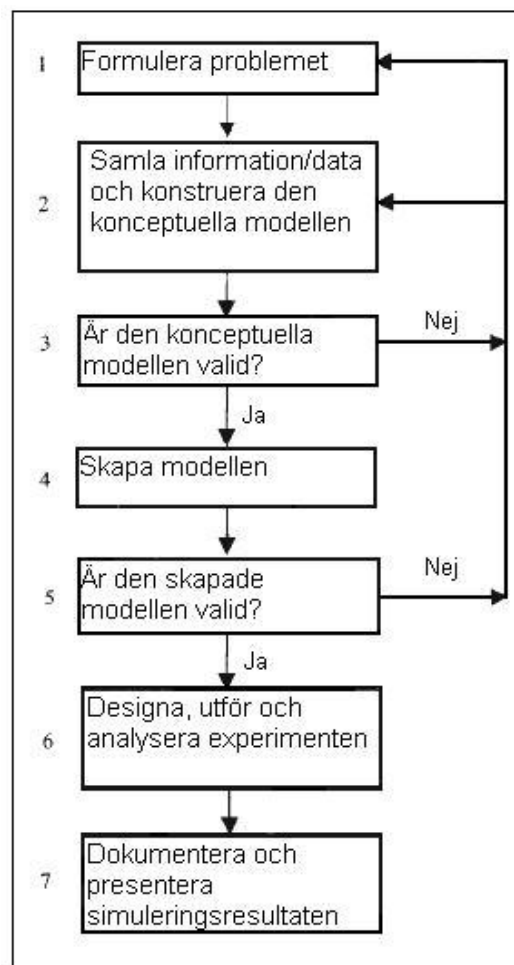
Verifiering av en modell innebär att modellen söks igenom för att eliminera strukturella, algoritmiska samt modelltekniska fel. Det handlar alltså om att felsöka den byggda modellen.

Olika sätt att utföra verifiering är att sätta inflödet till ett och följa flödet genom modellen. Ett annat sätt är att stressa modellen genom att öka inflödet högst betydligt. Ytterligare verifieringsåtgärder är att visa upp modellen för andra personer samt att gå igenom animeringen för att upptäcka fel (Steins, 2004).

Validering däremot definieras som en process att utvärdera om modellen är en tillräckligt bra avbildning av det verkliga systemet med hänsyn taget till syftet med simuleringsstudien. En simuleringsmodell av ett komplext system blir oavsett mängden pengar och tid som spenderas på modellbygget alltid en approximering av det verkliga systemet. Det är först då man kan fastslå att en simuleringsmodell är valid för sitt syfte som slutsatser från modellen kan appliceras på verkligheten (Law, m.fl., 2001).

Law, m.fl. (2001) presenterar en sjustegsmodell som kan tillämpas för att genomföra framgångsrika simuleringar. Första steget innebär att problemet ska formuleras. Under andra steget samlas information och data in samtidigt som en konceptuell modell över systemet skapas. I steg tre utvärderas validiteten hos den konceptuella modellen. Detta steg kan utgöras av att den konceptuella modellen presenteras för inblandade parter i projektet. Projektledaren bör dock vara med på presentationen. Anses den konceptuella modellen valid skapas modellen i det för ändamålet avsedda programmet under steg fyra. Skulle dock den konceptuella modellen inte vara valid återupptas det arbete som presenterats i tidigare steg.

När steg fyra är avslutat bedöms validiteten hos den skapade modellen, steg fem. Validiteten kan bedömas utifrån jämförelse av modellens utdata och verklighetens data, om experter godtar resultaten samt utifrån en känslighetsanalys. Känslighetsanalysen ger upphov till kännedom om vilka faktorer som har en hög påverkan på modellen och måste modelleras med varsamhet. Om modellen då inte anses valid återupptas arbetet med den konceptuella modellen. Bedöms den skapade modellen som valid kan arbetet med att designa, genomföra och analysera olika experiment utföras, steg sex. Steg sju behandlar dokumentation och presentation av simuleringensresultaten. För visualisering av de olika stegen se figur 4 (Law, m.fl., 2001).



Figur 4 Presentation av beskriven sjustegsmodell (Law, m.fl., 2001).

Vid validering i trafiksimuleringssammanhang nämns även termen kalibrering. Bång (2003) hänvisar här till Hellinga som definierar kalibrering enligt;

”Model calibration is defined as a process by which the model user establishes input parameter values in order to reflect the local traffic conditions being modeled.”

Hellingas definition av kalibrering är att kalibrering av en modell definieras av den process som modellanvändaren utför då indataparametrarnas värden justeras så att de representerar de lokala trafikförhållandena. Olika länder utvecklar olika trafiksimuleringsprogram och när programmen sedan överförs mellan olika länder är det viktigt att inparametrarna definieras av de lokala förhållandena (Bång, 2003).

5 Insamling och bearbetning av data

Kapitlet om insamling och bearbetning av data inleds med en text som beskriver de förutsättningar som funnits. Den texten efterföljs sedan av ett delkapitel som beskriver tillvägagångssättet som motiverar den datainsamling och bearbetning som förekommit. Delkapitlet datainsamlingar och bearbetningar av insamlad data presenteras slutligen.

5.1 Förutsättningar

Huvuduppgiften med detta examensarbete var att utföra simuleringar där trafik-effekterna av olika distributionssystem skulle analyseras. Förutbestämt var att trafiksimuleringsprogrammet CONTRAM skulle användas. VTI förfogar över ett nätverk med tillhörande OD-matris i CONTRAM-format. Nätverket och dess OD-matris har erhållits från Linköpings kommun, men eftersom kommunen arbetar i ett annat trafikprogram kallat VIPS har en del bearbetningar behövt utföras för att informationen ska kunna användas i CONTRAM. Dessa bearbetningar utfördes ursprungligen av Rein Schandersson, VTI, för att användas i ett annat VTI-projekt.

Nätverket avbildar hela Linköpings stad och OD-matrisen beskriver reseefterfrågan för motorfordonen över hela staden under hela dygnet, en så kallad dygns-matris. Mer specifikt så är start- och målpunkterna för reseefterfrågan i innerstaden representerad av åtta stycken zoner. Zonerna är belägna där verklighetens parkeringshus återfinns. Vägarna i innerstaden är glest modellerade och nätverket saknar helt korsningsspecifikationer. Det finns alltså ingen information angiven över hur regleringen av olika korsningar ser ut. I figur 5 avbildas det ursprungliga nätverket.



Figur 5 Presentation av ursprungligt nätverk. De gröna linjerna representerar vägarna, de blå punkterna anger korsningarna medan de mörkgröna trianglarna visar zonernas placering.

5.2 Tillvägagångssätt

Den givna informationen, både OD-matrisen och nätverket, behöver bearbetas till en ökad detaljeringsgrad för att analyser av trafikeffekterna ska kunna vara möjliga att utföra. OD-matrisen beskriver som tidigare nämnts dygnsreseefterfrågan för alla fordon. Fordonen behöver delas in i olika fordonskategorier och reseefterfrågan i OD-matriserna behöver delas in i olika tidsperioder för respektive fordonskategori för att en analys ska vara möjlig. Idén är, att istället för att använda en gammal OD-matris som ihop med trafikräkningar och estimeringar ger upphov till en ny OD-matris, beskrivet i avsnitt 4.2.1. Den givna OD-matrisen används tillsammans med slangmätningarna (trafikräkningar) utförda av Linköpings kommun för att ge upphov till en fordons- och tidsindelad OD-matris. Slangmätningarna registrerar fordonsflöden av bilar och bussar/lastbilar på timnivå men skiljer alltså inte på bussar och lastbilar vilket medför att antalet busspassager vid slangmätningarna behöver kännas till. Detta sammantaget ska i slutänden generera en timsuppdelad OD-matris för var och en av fordonskategorierna, bilar, bussar och lastbilar.

Nätverkets detaljgrad i city och dess närhet behöver förfinas med avseende på länkar, korsningstyper och zonindelningar. En zon är en start- och målpunkt i CONTRAM och denna indelning behöver förfinas för att motsvara lastbilarnas leveransadresser och följaktligen behöver OD-matrisen som beskriver lastbilarnas reseefterfråga förändras.

Förändringen av OD-matrisen för lastbilarna kan ske tack vare att lastbilsflödet till de ursprungliga zonerna delas upp på angränsande "leveranszoner". För att underlätta detta arbete delas först OD-matrisen som beskriver reseefterfrågan för lastbilar in i fyra nya OD-matriser. De nya OD-matriserna beskriver reseefterfrågan utanför city alltså den efterfrågan som saknar anknytning till zonerna i city, reseefterfrågan in till city, reseefterfrågan från city samt reseefterfrågan mellan zonerna i city. Det är endast för de tre senaste OD-matriserna som det är aktuellt att dela upp reseefterfrågan på angränsande leveranszoner enligt tidigare beskrivning. Ytterligare OD-matriser som beskriver reseefterfrågan för lastbilar i city under olika distributionsupplägg måste skapas för att jämförelser och analyser ska kunna utföras.

5.3 Datainsamling

I delkapitlet om datainsamling presenteras de data som samlats in för att examensarbetets syfte ska kunna uppfyllas. Rubriker som hanteras under det här delkapitlet är till exempel fältstudier, slangmätningar och busstidtabeller.

5.3.1 Fältstudier

Under datainsamlingen har fältstudier genomförts. Studierna utfördes 2004-03-24, 2004-04-28 och 2004-09-15. Det innebär att den första fältstudien utfördes innan PILOT-projektet genomfördes, den andra fältstudien utfördes under tiden som PILOT-projektet pågick medan den tredje fältstudien utfördes under tiden som den sista efterstudien utfördes. Den sistnämnda fältstudien videofilmades. Avsikten med dessa fältstudier var att se hur distributionen fortgick. Ytterligare en fältstudie genomfördes 2004-10-23. Avsikten med den fältstudien var att studera var olika korsningstyper finns, kontrollera ljusstider för signalreglerade korsningar samt kontrollera var vägar med fordonsrestriktioner är belägna.

5.3.2 Slangmätningar (trafikräkningar)

Linköpings kommun har utfört slangmätningar på för dem speciellt utvalda vägar. Slangmätningar utförs med hjälp av slangar som ligger på vägen. Slangarna registrerar vilken typ av fordon som passerar, vid vilken tidpunkt samt med vilken hastighet. Slangmätningstrustningen kan dock inte skilja på bussar och lastbilar. Av de slangmätningar som finns att tillgå är några av speciellt intresse för detta examensarbete, nämligen de som har anknytning till innerstadsområdet. Mätpunkter med anknytning till innerstadsområdet har varit förlagda på Vasavägen, Drottninggatan samt på två olika platser av Storgatan, se bilaga 6. En av slangmätningarna utfördes under år 1998 (den på Storgatan mellan parallellgatorna Läroverksgatan och Apotekaregatan) medan de resterande mätningarna utfördes under år 2003. I bilaga 7 visas ett utdrag av de data som slangmätningarna på Storgatan resulterade i. Data från slangmätningarna har delgivits från Linköpings kommun genom Josefsson (2004).

5.3.3 Busstidtabeller

Busstidtabeller som korresponderar med åren för slangmätningarnas utförande (1998 och 2003) har försökt införskaffats från Östgötatrafiken. Busstidtabellerna har dock visat sig vara svåra att få ta del av men från Bo Karlsson (2004) på Östgötatrafiken har informationen i tabell 3 erhållits samt informationen om att trafiken är tätast mellan klockan 7.30 och 9 samt mellan klockan 15.30 och 17.30.

Tabell 3 Presentation över antalet passerande bussar för respektive vägvagnitt och år. Antalet passerande bussar är angivet i båda riktningarna och beskriver antalet busspassager mellan klockan 7 och 18 en vardag under vinterperioden från 15 augusti till 12 juni.

År	Vägvagnitt för passage	Antal passager
1998	Storgatan mellan Läroverksgatan–Apotekaregatan	84
2003	Vasavägen mellan Östgötatagatan–Gråbrödragatan	374
2003	Drottninggatan mellan Hamngatan–Repslagaregatan	194
2003	Storgatan mellan Västra vägen–Drottninggatan	86

5.3.4 Trafikföreskrifter

Från Linköpings kommun har uppgifter angående olika trafikföreskrifter hämtats. En beskrivning över lastzonernas lokalisering (Hägg, 2004) har inhämtats samt signalplaner (Ivung, 2004) för de signalreglerade korsningarna som finns i anslutning till det definierade cityområdet. Med signalplan avses informationen om vilka körfält som visar samma ljusbild samtidigt i en ljusreglerad korsning samt under vilka tider ljusbilden varar. Ovissheten om kommunen hade tid att delge signalplanerna för de ljusreglerade korsningarna var länge stor, vilket resulterade i den ljustidskontroll som bland annat utfördes under fältstudien 2004-10-23. Signalplanerna från kommunen har senare blivit delgivna.

Under fältstudien samlades data in om korsningarnas regleringssätt inom det definierade området samt vilka vägar som var skyltade med fordonstrafikförbjuden. För de signalreglerade korsningarna undersöktes även grön- och rödtidslängderna eftersom osäkerheten med signalplanerna vid denna tidpunkt var så pass stor. Resultatet av var olika korsningstyper under fältstudien lokaliserades presenteras i bilaga 8. Under fältstudien konstaterades att skyltade vägar med

fordonstrafik förbjuden överrensstämde med vad som är angivet i bilaga 9 för gågator.

Med tanke på att en skylt med fordonstrafik förbjuden brukar ha tillägget ”gäller ej fordon med tillstånd”, kontaktades en lastbilsförare (Anonym, 2004) som varit inblandad i PILOT-projektet. Av den kontakten framkom att distributionsfordon vanligen har tillstånd att färdas på alla gator i city bara gods finns att leverera men att godtyckligheten kring om gods verkligen finns för leverans är stor bland chaufförerna. Det finns dock tre stycken vägavsnitt där fordonsbegränsningen även gäller distributionsfordon och det är på Kungsgatan mellan Gasverksgränd och Repslagaregatan, vägavsnittet mellan Ågatan och S:t Larsgatan samt vägavsnittet mellan Snickaregatan och Drottninggatan.

5.4 Bearbetning av insamlad data

Delkapitlet, bearbetning av insamlad data, beskriver hur bearbetningarna utförts. Det inleds med en beskrivning av den stickprovskontroll som utfördes på PILOT-data för att säkerställa dess tillförlitlighet. Senare i delkapitlet presenteras även de bearbetningar som krävts för att fördela resefterfrågan i den ursprungliga OD-matrisen till flera matriser.

5.4.1 Stickprovskontroll av PILOT-data

En kontroll, för att säkerställa att de angivna data på fraktsedlarna också var de data som återgavs i PILOT-databasens 4 985 stycken poster, utfördes i form av en stickprovskontroll. Stickprovskontrollen utfördes genom att 12 stycken slumpvis valda datum korresponderande med ett område, öst, väst eller mitt, togs fram ur PILOT-databasen, se bilaga 10. Det ledde till att ett urval på 466 stycken rader ur PILOT-databasen blev aktuella och det urvalet motsvarar ungefär nio procent av alla rader i PILOT-databasen. Data i de 466 stycken raderna jämfördes sedan med de data som var angivna på respektive fraktsedel. Denna jämförelse gav upphov till att tio stycken fel på tio olika rader upptäcktes. Det medför att felfrekvensen ligger på ungefär två procent vilket innebär att det finns ungefär 107 stycken fel i PILOT-databasen. Mängden fel har vägts mot att kontrollera hela PILOT-databasen, men med tanke på hur omfattande och tidskrävande detta arbete skulle vara och att endast två procent av posterna innehöll fel har detta inte varit aktuellt.

5.4.2 Imputering av data

Imputering av data har förekommit i de fall då data saknats. Med bakgrund mot leveransadresserna, vägnätet och geografin kompletterades PILOT-databasen i de fall data saknades. De data som imputerats på detta sätt är data som beskriver tiderna för ankomst samt lämnande av leveransadress samt turens sträcka. Även lossningsadresser har imputerats. Imputeringen av lossningsadresser har utförts med hjälp av data om lossningsadressen som redan funnits beskriven i databasen. Med det menas att om en post i databasen innehållit information om att en butik med ett visst namn har legat på till exempel Drottninggatan och har denna butik sedan inte haft någon känd lossningsadress på någon annan post i databasen har Drottninggatan använts.

5.4.3 Kontroll av leveransadresser

En kontroll över hur leveransadresserna var specificerade i PILOT-databasen utfördes. Den kontrollen gav upphov till att en butik kunde ha flera olika leveransadresser. Detta gällde främst de butiker som är lokaliserade i de stora gallerierna. En butik i en galleria kunde ha en angiven leveransadress till den gatuadress som huvudentrén låg på i några poster medan det i andra poster var angivet gatuadressen för gallerians lossningsplats. I vissa fall stod gallerians namn som lossningsadress. För att få kontroll över detta kontaktades en lastbilsförare (Anonym, 2004) som varit med i PILOT-projektet och med hjälp av honom kunde följande lossningsadresser fastslås, Nygatan 17 avser leveranser till lossningsplatsen på Göran Dyks gata, Nygatan 22 avser leveranser till lossningsplatsen på Köpmangränd och Stora Torget 5 avser leveranser till lossningsplatsen på Apotekaregatan 14. Anledningen till att olika lossningsadresser till samma företag varit angivna i PILOT-databasen är att lossningsadresserna på fraktsedlarna varierat. Lastbilsföraren (Anonym, 2004) som kontaktats ansåg att fenomenet med olika lossningsadresser till samma leveransadress kunde härröras till att det är olika personer inom företaget som beställer gods vilket leder till att olika lossningsadresser då kan uppges.

5.4.4 Beräkning av de vanligaste leveransadresserna

En beräkning över de vanligaste leveransadresserna har utförts. Som underlag för beräkningen ligger PILOT-data. Databasen sorterades efter område och gata, vilket medförde att mängden sändningar till respektive leveransadress kunde tas fram. Då alla gator var genomgångna sorterades de med flest antal sändningar ut. Det resulterade i att område väst och mitt innehåller sex stycken leveransadresser vardera medan område öst innehåller åtta stycken leveransadresser. Anledningen till att antalet leveransadresser i de olika områdena är så pass låga beror på att en begränsning på minst 42 stycken sändningar till en och samma leveransadress sattes upp. Motivet till att en begränsning tillämpas beror på att 42 stycken sändningar till en och samma leveransadress under de 42 arbetsdagar som PILOT-projektet varade, leder till att man genomsnittligt sett har minst en sändning per dag till den leveransadressen. Databasen ger annars information om att distributörerna har besökt 14, 27 respektive 31 stycken olika leveransadresser i område öst, mitt respektive väst. Till detta ska även läggas till att varje leveransadress kan ha leveranser till flera olika gatunummer på varje leveransadress. Denna mängd leveransadresser finns ingen möjlighet att senare modellera och därför har tidigare nämnda avgränsning utförts. Förenklingar har gjorts i form av att gatunamn med närliggande gatunummer räknats som samma leveransadress under förutsättning att den delen av gatan ligger inom samma begränsande område, öst, mitt eller väst. Hänsyn har även tagits till att en leveransplats kan ha två lossningsadresser. För resultat se tabell 4.

Tabell 4 Presentation av de vanligaste leveransadresserna fördelat på område. Siffrorna inom parentes anger antalet sändningar under PILOT-projektets 42 dagar.

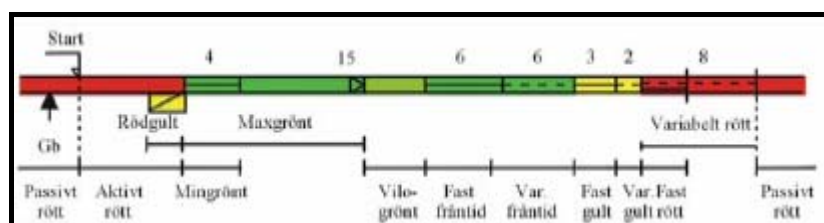
Öst	Mitt	Väst
Köpmangränd (1 463)	Guldsmedsgränd (42)	Apotekaregatan ² (53)
Nygatan (56)	Göran Dyks gata (744)	Apotekaregatan ³ (610)
Hamngatan (49)	Storgatan (68)	Nygatan (59)
Storgatan (65)	Stora Torget (49)	Tanneforsvägen (78)
Repslagaregatan (78)	Klostergatan (69)	Östgötagatan (51)
Snickaregatan (212)	S:t Larsgatan (165)	Drottninggatan (51)
S:t Larsgatan (59)	–	–
Åhlénskajen (58)	–	–

De framtagna leveransadresserna bearbetades ytterligare med hjälp av de trafikföreskrifter som beskriver lastzonernas lokalisering samt med den kunskap fältstudierna gav upphov till. Anledningen till att denna ytterligare bearbetning utfördes var för att avbildningen av verkligheten skulle bli så bra som möjligt när nätverket senare skulle modelleras. Det innebär att leveransadresserna jämfördes med platsen där kommunen uppgivit att lastzoner fanns samt med den kunskap fältstudierna gav om vart man egentligen stannade för att leverera godset.

5.4.5 Bearbetning av signalplaner

En signalplan över en korsning beskriver hur ljusregleringen för korsningen ser ut. I signalplanen finns olika fasbilder beskrivna. Varje fasbild beskriver de körfält som visar grönt ljussken i korsningen samtidigt. I anslutning med att de olika fasbilderna presenteras anges även de olika ljustiderna. Det är ljustiderna som blivit tolkade och bearbetade med avsikten att kunna implementeras i CONTRAM. De ljustider som ska anges i CONTRAM är minsta och maximala gröntiden samt tiden för intergreen. Intergreen är den tid som motsvaras av tiden från fasbildens början tills dess att första bilen i kön upptäcker den gröna signalen. Vanligtvis beräknas detta utifrån gultiden i föregående fas adderat med gul- och rödtiden. Vanligen ligger tiden för intergreen på 5–6 sekunder (Davidsson, m.fl., 2004).

För att kunna tyda de olika tecknens betydelse i signalplanen och därmed kunna ta fram de olika ljustiderna har *Vägars och gators utformning* (VV-publikation, 2004) använts, se figur 6.



Figur 6 Presentation av teckentolkningen i en signalplan (VV-publikation, 2004).

² Leveranser till denna adress avser leveranser jämnas med Apotekaregatan.

³ Leveranser till denna adress avser endast leveranser till Filbytergallerian.

Med hjälp av figur 6 har mingröntiden som implementeras i CONTRAM beräknats enligt mingröntiden definierad i fasbilden adderad med den fasta fråntiden definierad i fasbilden. På samma sätt har maxgröntiden som ska implementeras i CONTRAM beräknats som summan av maxgröntiden definierad i fasbilden och den fasta fråntiden definierad i fasbilden. Tiden för intergreen har bestämts av den tid som definierar gultiden i föregående fas adderat med gul- och rödtid i efterföljande fas. Intergreentiden har visat sig ligga på 7 sekunder för alla korsningar. Den maximala omloppstiden har beräknats utifrån maxtiden och intergreentiden adderat med motsvarande tider för varje fasbild.

För att försöka förklara ovanstående resonemang har korsningen Vasavägen och Gråbrödragatan använts som exempel. I bilaga 11 presenteras korsningens signalplan samt den tillhörande förklaringen i kartform. I bilaga 1 finns även en sammanställning över hur beräkningsproceduren utförts samt resultaten av dessa. Sammanställningen presenteras i en tabell i bilaga 11.

5.4.6 Bearbetning av slangmätningar

Av speciellt intresse för det här examensarbetet är hur trafikflödena varierar över tiden samt hur dess fordonssammansättning ser ut. Slangmätningarna skiljer på fordonskategorier på timnivå och bearbetas detta leder det till att trafikflödet för bilar och bussar/lastbilar kan bestämmas på timnivå. Då OD-matrisen visar reseefterfrågan på dygnsnivå kan slangmätningarna användas som hjälpmedel för att stycka upp reseefterfrågan i mindre delar. Bearbetningen av slangmätningarna har utförts enligt följande. Antalet dagar som slangmätningarna ligger ute på vägarna varierar mellan olika mätpunkter. För varje vardag som mätningarna har utförts har antalet bilar och bussar/lastbilar för varje timme summerats var för sig för att sedan divideras med antalet vardagar slangmätningen utförts under.

En slangmätning kan till exempel ha lagts ut någon gång under måndagsförmiddagen för att ha tagits in under fredagseftermiddagen, som är fallet med mätpunkten på Storgatan mellan parallellgatorna Läroverksgatan och Apotekaregatan. För utdrag av resultatet se bilaga 7. Medelvärde för trafikflödena har beräknats på fyra dagar, tisdag till fredag, under förmiddagstid för att sedan, då uppgifter om alla dagar funnits, basera medelvärdesräkningen på fem dagar, måndag till fredag. För eftermiddagstiden och kvällstiden har sedan en liknande beräkning av medelflödet som för förmiddagen utförts men med den skillnaden att de fyra dagarna måndag till torsdag använts istället. Bilar med boggisläp och de fordon som slangmätningssutrustningen inte kunde identifiera har försumrats. På grund av osäkerhet över antalet uppmätta motorcyklar har detta flöde uteslutits. Försök att få reda på varför antalet uppmätta motorcyklar varit så pass högt i vissa mätpunkter har utförts utan någon större framgång. En förklaring skulle dock kunna vara att till exempel cyklister blivit inräknade. Denna förklaring styrks av en diskussion med Rein Schandersson (2004), VTI. Schandersson menar att slangmätningssutrustningen är så pass känsliga att de kan känna av och beräkna antalet cyklister som passerar. Om slangmätningssutrustningen ska beräkna antalet cyklister bestäms av inställningen på en ventil. Antagligen har mätutrustningens ventil varit inställd på att räkna cyklister då slangmätningarna utfördes på Storgatan mellan parallellgatorna Västra vägen och Drottninggatan men inte på de övriga mätpunkterna. För att undvika någon form av snedfördelning som den osäkra motorcykeldatan kan ge upphov till så har all data ur motorcykelkolumnen exkluderats ur beräkningarna.

Sammanfattningsvis har alltså medelvardagstimflödet för fordonskategorierna bilar och bussar/lastbilar beräknats. Anledningen till att endast vardagar har tagits i hänseende är att reseefterfrågan under helger och vardagar skiljer sig åt samt att distributionstrafiken som avses i det här examensarbete endast förekommer under vardagar.

5.4.7 Bearbetning av bussinformation

En bearbetning av bussinformationen har utförts. Då övrig information var på timnivå behövde även busstrafiken vara uppdelad på detta sätt. Bearbetningen gick till så att antalet busspassager först halverades. Det beror på att slangmätningarna räknar antalet fordon per riktning och att informationen från Östgötra- trafikerna var angiven i båda riktningarna. Sedan delades antalet bussar ut jämnt fördelat mellan klockan 7 till 18 med undantag för tiderna mellan klockan 7.30 och 9 och mellan klockan 15.30 och 17.30 där bussantalet intensifierades, se tabell 5 för resultat.

Tabell 5 Presentation av antalet bussar i en riktning per timme mellan klockan 7 och 18 efter bearbetning.

Gata	Riktning		Antal bussar i en riktning på timnivå, kl. 7–18										
	2 st.	1 st.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Storgatan (Läroverksgatan och Apotekaregatan)	84	42	4	6	3	3	3	3	3	3	4	6	4
Vasavägen (Östgötagatan och Gråbrödragatan)	374	187	18	21	15	15	15	15	15	15	18	22	18
Storgatan (Västravägen och Drottning.)	86	43	4	7	3	3	3	3	3	3	4	6	4
Drottninggatan (Hamngatan och Repslagaregatan)	194	97	9	11	8	8	8	8	8	8	9	11	9

5.4.8 Bearbetning av OD-matrisen

Den information som bearbetningen av slangmätningarna och bussinformationen lett till kan nu användas för att få ett beräknat värde på antalet fordon som tillhör respektive fordonskategori. Det utfördes enligt följande metod. Den ursprungliga OD-matrisen från Linköpings kommun användes som grund och kombinerades med den bearbetade slangmätning- och bussinformationen, normaliserad samt tims- och fordonsklassindelad. Resultatet blev en OD-matris som innehöll timsuppdelat flöde för de tre fordonskategorierna, bilar, bussar och lastbilar mellan klockan 7 och 18. Denna OD-matris delades in i tre nya OD-matriser där reseefterfrågan för respektive fordonskategori representerades, för illustration se figuren i bilaga 12. Av figuren i bilaga 12 framgår det att OD-matrisen som beskriver reseefterfrågan för bil är färdigbearbetad och att OD-matriserna som beskriver reseefterfrågan för bussar och lastbilar behöver ytterligare bearbetning.

Ett utdrag ur OD-matrisen för reseefterfrågan för biltrafiken presenteras i bilaga 14.

Egentligen är inte timmarna före 9-tiden och efter 16-tiden så intressanta i detta examensarbete eftersom det är mellan klockan 10 och 15 som distributionen som avses i detta sammanhang vanligen utförs. Anledningen till att dessa tider ändå finns med har att göra med att fordonsrörelserna i ett nätverk beror av tidigare rörelser som därför måste byggas upp samt att bussinformationen var angiven från klockan 7 och framåt. Det krävs även att det finns efterföljande tidsperioder där tömning av nätverket sker.

Med den ovan beskrivna bearbetningen innebär det i praktiken att fordonsflödena endast kunde röra sig mellan de ursprungliga åtta zonerna i innerstaden. Det innebär att lastbilarna inte åker till några leveransadresser utan till parkeringshusen som de åtta zonerna representerar. För att avhjälpa detta delades reseefterfrågan för lastbilar till och från de ursprungliga zonerna upp på en eller flera nya zoner som motsvaras av olika leveransadresser. De ursprungliga zonerna motsvaras av nya zoner enligt bilaga 13. Uppdelningen i bilaga 13 är baserad på det faktum var de vanligaste leveransadresserna återfinns, enligt det tillvägagångssätt som presenterades i avsnitt 5.4.4. De leveransadresser som varit belägna i närheten av en ursprunglig zon har fått ta del av den zonens till- och frånflöde. När flödesuppdelningen utfördes togs även hänsyn till hur stor mängden sändningar till respektive leveransadress var.

För att underlätta reseefterfrågansindelningen av de nya leveranszonerna delades den OD-matris som beskrev reseefterfrågan för lastbilar in i fyra nya OD-matriser. De nya OD-matriserna beskriver reseefterfrågan för lastbilar utanför city, in till city, ut ur city samt i city. Denna indelning innebär att endast de tre senare OD-matriserna blir föremål för ett ersättande av ursprungliga zoner med nya leveranszoner. För illustration se figur i bilaga 12.

När uppdelningen av reseefterfrågan från de ursprungliga zonerna till de nya leveransadresszonerna för lastbil utförs medför det att ingen reseefterfrågan mellan de olika leveransadresserna inom respektive ursprunglig zon finns. Det beror på att det inte finns någon reseefterfrågan inom de ursprungliga zonerna. Enligt bilaga 13 ska lastbilsreseefterfrågan i den ursprungliga zon 1 delas upp på att motsvara de två nya leveransadresszonerna 130 och 139. Mellan zon 130 och 139 finns alltså ingen reseefterfrågan eftersom inget reseutbyte fanns inom zon 1.

Problemet med den OD-matris som beskriver reseefterfrågan för bussar är att bussflödet kommer vara utspritt över hela nätverket. För att avhjälpa detta problem kommer det bussflöde som här beräknats finnas i innerstaden att ersättas av ett bussflöde baserat på den bearbetade informationen från Bo Karlsson (2004) på Östgötatrafikerna som presenterades i tabell 3. I den nya OD-matrisen som beskriver reseefterfrågan för bussar i innerstaden kan bussarna kontrolleras så att de färdas där verklighetens busslinjer finns medan reseefterfrågan för bussar utanför city fortskrider att vara av den okontrollerade karaktären, för illustration av indelningen se figuren i bilaga 12. Busslinjernas sträckning har tagits fram från stomlinjenätets utformning i Linköping, figur 7, samt med ledning av hur busspassagerarna över slangmättningspunkterna tett sig. Utifrån denna information kunde sedan slutsatser om mängden bussar och hur de trafikerar innerstaden dras.



Figur 7 Presentation av stomlinjenätet i Linköpings city (Östgötatrafiken, 2004).

De beräkningar som utförts under detta avsnitt har lett fram till att reseefterfrågan för bilar, bussar och lastbilar mellan klockan 7 och 18 har tagits fram. Reseefterfrågan för bilar representeras i en OD-matris medan reseefterfrågan för bussar representeras av två olika OD-matriser. En OD-matris representerar all reseefterfrågan för bussar utanför city medan den andra representerar reseefterfrågan för bussar i city. Reseefterfrågan för lastbilar beskrivs så långt av fyra stycken OD-matriser som var och en beskriver efterfrågan utanför city, in till city, ut ur city samt i city. För illustration över de olika OD-matriserna hänvisas till figuren i bilaga 12.

Då intresset för lastbilsflödet som de distributionsföretag som medverkade i PILOT-projektet gav upphov till var högt, skapades en OD-matris baserad på vanligt distributionsförfarande från för- och efterstudier. Skapandet av denna OD-matris leder även till att reseefterfrågan mellan zoner från en och samma ursprungszon skapas.

5.4.9 OD-matris baserad på förstudie samt efterstudier

Innan PILOT-projektet startade utfördes en förstudie av ett distributionsbolag. Från den förstudien och från de efterstudier som utförts har data använts för att kunna sammanställa en reseefterfrågansmatris för den vanliga situationens reseefterfrågan i innercity. Det datamaterial som härstammar från förstudien är dock inte lika detaljerat som materialet från de båda efterstudierna. Det finns få tidsangivelser över ankomst till och avresor från leveransadresserna i förstudien. Det finns inte heller någon digital databas över förstudien.

Förstudien pågick under fem dagar och under dessa fem dagar kördes det 10 stycken turer till city. Det innebär att man i genomsnitt körde två turer per dag in till city och varje dag besöktes i genomsnitt 19 stycken leveransadresser.

Data från den efterstudie som utfördes i nära anslutning till PILOT-projektet är insamlad under nio dagar. Under dessa nio dagar utfördes 26 stycken turer till city. I genomsnitt körde distributionsföretaget i tre stycken turer per dag och genomsnittligt antal leveransadresser som besöktes var 19 stycken.

Data från den sista efterstudien som utfördes visar på att det i medeltal genomfördes 1,6 turer per dag och att 11 stycken leveransadresser genomsnittligen besöktes.

Mot bakgrund av de nyligen bearbetade beräkningarna kan nu en OD-matris som beskriver reseefterfrågan för lastbilar i innerstaden tas fram. Denna reseefterfrågan grundar sig på insamlad data som beskriver vanligaste leveransadress för första och sista leveransen per tur samt den genomsnittliga start- och sluttiden för distributionsturerna. Turordningen hos de leveransadresser som besöks mellan första och sista leverans är baserad på närheten till nyss besökta leveransadress. Tiden det tar att distribuera godset har uppskattats efter mängden sändningar som leveransadressen hade under PILOT med antagandet om att den storleksmässiga variationen på mängden sändningar till de olika leveransadresserna under PILOT-tiden jämfört med övrig tid inte avviker. En leveransadress med ett stort antal sändningar per dag har därför satts till att ha en längre leveranstid i OD-matrisen.

Den skapade OD-matrisen representerar hur reseefterfrågan (distributionen) ser ut när den utförs som vanligt av de tre PILOT-distributörerna, DHL, Posten och Schenker i city. Se bilaga 12 för illustration.

5.4.10 Bakgrundsmatris för lastbilar i innerstaden

En OD-matris över all reseefterfrågan för lastbilar i innercity samt en OD-matris som beskriver lastbilarnas reseefterfrågan i city före och efter PILOT innehas bland annat så långt. Dessa matriser kan nu användas för att skapa en tredje OD-matris som beskriver reseefterfrågan för de lastbilar i city som inte deltog i PILOT-projektet. Anledningen till att en sådan OD-matris behöver skapas är att den tillsammans med OD-matrisen baserad på förstudien samt efterstudien (avsnitt 5.4.9) ger upphov till en bättre jämförelsegrund då resultaten av de olika distributionssätten ska jämföras. Det beror på att alla OD-matriser som byggts upp från grunden innehåller heltal samt ett reseutbyte mellan de nya leveranszonerna medan OD-matriserna beräknade från ursprungsmatrisen saknar reseutbytet mellan de nya leveranszonerna samt att ursprungsmatrisen även innehåller decimaltal.

Bakgrundsmatrisen för reseefterfrågan för lastbilar i city har skapats på följande sätt. Den OD-matris som innehåller reseefterfrågan för alla lastbilar i city simulerades i den modell som byggts i CONTRAM och antalet fordonskilometrar som dessa lastbilar gav upphov till sparades. OD-matrisen baserad på för- och efterstudier till PILOT-projektet simulerades också och antalet fordonskilometrar sparades. Med hjälp av den här informationen kunde sedan OD-matrisen för bakgrundstrafiken beräknas. För beräkningsgång se bilaga 15. Anledningen till att fordonskilometer används för beräkning är att mängden fordonskilometrar som bakgrundsmatrisen och OD-matrisen baserad på för- och efterstudier ger upphov till ska vara ungefär lika med mängden fordonskilometrar som OD-matrisen som beskriver all reseefterfrågan för lastbilar i city ger upphov till. För illustration av OD-matris förfarandet se bilaga 12.

5.4.11 OD-matris baserad på PILOT-data

En OD-matris baserad på PILOT-data har skapats. Från PILOT-data togs information om hur antalet turer per område och distributör var fördelat samt det totala antalet distributionsturer under PILOT. Med hjälp av denna information kan det genomsnittliga antalet turer per område och dag samt antalet turer per åkeri och dag beräknas. Beräkningarna leder fram till de resultat som presenteras i tabell 6 respektive tabell 7.

Tabell 6 Presentation av det genomsnittliga antalet turer per område och dag.

	Mitt	Öst	Väst
Antal turer/område/dag	1,52	2,05	1,60

Tabell 7 Presentation av det genomsnittliga antalet turer per åkeri och dag.

	Distributionsföretag 1	Distributionsföretag 2	Distributionsföretag 3
Antal turer/åkeri/dag	1,65	1,3	2,22

Genom att jämföra de framräknade värdena i ovanstående tabeller kan slutsatser dras om vilket distributionsföretag som ska köra i vilket område i den samdistributionsmatris över PILOT som senare skapas. Det gör att distributionsföretag 3 levererar gods i område öst eftersom de framräknade värdena är mest ekvivalenta. Liknande resonemang leder till att distributionsföretag 1 levererar gods i område väst och slutligen att distributionsföretag 2 levererar godset i område mitt.

Mot bakgrund av beräkningarna ovan kan nu en OD-matris som beskriver reseefterfrågan för de samdistribuerade lastbilarna i innerstaden tas fram. Denna reseefterfrågan grundar sig på insamlad data som beskriver vanligaste leveransadress för första och sista leveransen samt den genomsnittliga start och sluttiden för distributionsturerna. Turordningen hos de leveransadresser som besöks mellan första och sista leverans är baserad på närheten till nyss besökta leveransadress. Tiden för distribution på en och samma leveransadress har uppskattats utifrån mängden sändningar till respektive leveransadress. En leveransadress med få sändningar, något större än 42 stycken sändningar under PILOT-projektet, har gett upphov till att en kortare distributionstid i OD-matrisen implementerats än vid de leveransadresser med flera hundra sändningar.

I bilaga 12 finns en illustration över den OD-matris utveckling som nu framskridit.

5.4.12 OD-matris för SAMLIC

Målet med SAMLIC är att allt styckegods till city ska samlas för samdistribution. För att en simulering över distributionen enligt SAMLIC ska kunna utföras behöver en OD-matris skapas. OD-matrisen har skapats i samråd med Olof Kånge (2004) upphovsmannen till förslaget om att införa samdistribution i Linköping. Till grund för OD-matrisen ligger även beräkningar utifrån PILOT-data samt från godsmängdsundersökningen. Data från PILOT-projektet gör gällande att det genomsnittligt sätt behövs 5 turer per dag för distribution där den genomsnittliga turen haft en vikt på 1,3 ton. I PILOT-projektet var DHL, Posten och Schenkers styckegods inkluderat men med distribution enligt SAMLIC är målet att allt

stycke gods ska samlas. Enligt Kånge kan stycke godsmängden från övriga distributörer stå för cirka 30 % av den totala mängden stycke gods. Med hjälp av godsmängdsundersökningen som genererade en godsmängd på i genomsnitt 17,5 ton per dag samt en uppskattning från Kånge om att 50 % av godsmängden är stycke gods kan vikten på övriga distributörers stycke gods beräknas, se bilaga 16. Vikten på övriga distributörers stycke gods beräknas till 2,6 ton. En bedömning av Kånge är att dryga ett ton av detta stycke gods tillhör ett av de stora distributionsföretagen som ingår i klassen övriga distributörer. Ansluter sig detta distributionsföretag till SAMLIC leder det till att en ny tur genereras. Detta resonemang leder fram till att en SAMLIC-matris bör grundas på det genomsnittliga antalet turer under PILOT, fem stycken, samt ytterligare en tur för att det stora distributionsföretagets godsmängd i klassen övrigt även ska kunna distribueras, vilket innebär 6 stycken turer per dag. Tre av turerna förläggs till förmiddagsdistribution medan de övriga turerna distribueras på eftermiddagen. Diskussion förekom om turerna kunde förläggas annorlunda men butikerna i city öppnar inte sin godsmottagning förrän klockan tio och för att minimera antalet faktiska distributionsfordon, som enligt detta mönster blir tre, valdes det här upplägget. Turernas ruttindelning skapades sedan med hjälp av Kånge kunskap och erfarenhet samt utifrån PILOT-data om mängden sändningar per leveransadress med hänsyn taget till att lastutrymmet ej får överskridas. En jämn tidsåtgång för varje tur eftersträvades även och denna uppskattade Kånge till att vara cirka två timmar. Tidsåtgången på varje leveransadress uppskattades från mängden sändningar under PILOT.

5.4.13 Bakgrundmatris för SAMLIC

Målet med SAMLIC är att samdistribuera allt stycke gods till city. Den godsmängd som inte innefattar stycke gods kommer alltså att distribueras som tidigare, vilket medför att en OD-matris som beskriver reseefterfrågan för dessa lastbilar behöver skapas. Det kan nämnas att den stycke gods distribution som avses i OD-matrisen för SAMLIC inte innefattar all stycke gods distribution eftersom det verkar allt för optimistiskt att tro att alla stycke gods leveranser ansluts till SAMLIC inom den närmsta framtiden. OD-matrisen för SAMLIC visar snarare på än mer stabil stycke gods distribution och den stycke gods distribution som inte ingår där ingår alltså i bakgrundsmatrisen för SAMLIC. Bakgrundsmatrisen för reseefterfrågan för lastbilar skapas på samma sätt som beskrevs i avsnitt 5.4.10, det vill säga med hjälp av beräkningar baserade på antalet fordonskilometrar som OD-matrisen för SAMLIC samt den OD-matris som beskriver all reseefterfrågan för lastbilar i innercity gav upphov till, se bilaga 17.

Bakgrundsmatrisen för SAMLIC är den OD-matris som får avsluta matris-skapandet och de olika matriserna som skapats illustreras i bilaga 12.

6 Simulering

Simuleringskapitlet inleds med ett delkapitel där kortfattad teori om CONTRAM presenteras. En introduktion till modelleringen ges i efterföljande delkapitel för att sedan behandlas specifikt i delkapitlet modellering i CONTRAM. Simuleringskapitlet innehåller även delkapitlen verifiering, kalibrering och validering.

6.1 Kortfattad teori om CONTRAM

CONTRAM står för Continuous Traffic Assignment Model. Det är ett dynamiskt trafiksimuleringsprogram för tidsdynamisk nätutläggning⁴ (Lundgren, m.fl., 2003) som utvecklades under slutet av 70-talet av UK Transport Research Laboratory (TRL). Utvecklingen av programmet har fortsatt och under början av 2000-talet släpptes programversion 8.

CONTRAM används för att modellera trafikflöden, köer, trängsel och förseningar på ett tidsberoende sätt. Programmet kan till exempel användas för att modellera hur en trafikincident påverkar trafikflödet (Lundgren, m.fl., 2003). CONTRAM är en dynamisk modell som kombinerar drag från mikrosimulering och makrosimulering, vilket innebär att CONTRAM tillhör kategorin mesomodeller (Taylor, 2003).

6.1.1 Indata

De indata som behövs för att CONTRAM ska kunna användas är en OD-matris och ett nätverk. I OD-matrisen definieras reseefterfrågan som antalet fordon per timme för varje tidsperiod och fordonsklass mellan en start- och slutpunkt. CONTRAM klarar av att hantera varierande reseefterfrågan om denna är specificerad för olika tidsperioder. Reseefterfrågan för olika fordonsklasser kan även den hanteras i de fall den blivit specificerad i OD-matrisen (Taylor, 2003).

Nätverket byggs upp av olika start- och slutpunkter representerade av zoner. En zon representerar den reseefterfrågan som finns i anslutning till zonens placering. Det vill säga att en zon till exempel kan representera reseefterfrågan för ett bostadsområde. Vägarna representeras i CONTRAM av länkar medan korsningar representeras av noder. Genom att bland annat specificera länkens längd och antalet körfält blir länken en korrekt avbild av vägen (Taylor, 2003).

6.1.2 Exekvering

Reseefterfrågan i mesomodeller delas in i paket. I CONTRAM kan paketen innehålla olika många fordon. Paketen får till en början en starttid tilldelad. Men eftersom starttiden kan påverkas av hur andra paket agerar utförs iterationer när programmet exekveras. En iteration kan ses som den dagliga erfarenheten en förare får som kör samma rutt. Under en iteration upptäcks hur nätverkets tillstånd utvecklas vilket medför att starttiden för paketen kan tidigare- eller senareläggas och vägvalet förändras varefter billigare vägalternativ upptäcks. I varje iteration följer nämligen varje paket den billigaste vägen som beräknas utifrån länkens längd, restid, kötid och eventuella vägavgifter (Taylor, 2003). Fördröjningar i olika korsningar beräknas i CONTRAM utifrån trafikmängder samt korsningens regleringsform (Tillander, 2003).

⁴ Beräkning av hur trafikfördelningen mellan olika länkar ser ut i nätverket.

6.1.3 Utdata

Resultaten av en utförd simulering strävar efter att ge en så komplett bild av trafiken i nätverket som möjligt (Taylor, 2003). Det finns tre verktyg i CONTRAM som används för att presentera resultaten av den beräkning som utfördes då programmet exekverats. De tre verktygen är länkanalys, vägvalsanalys samt analys av svängrörelser.

Länkanalys

Med hjälp av länkanalysverktyget kan en mängd olika resultat på länknivå presenteras. I de fall då OD-matrisen innehåller olika fordonsklasser och tidsperioder kan resultaten för specifika tidsintervall och/eller fordonsklasser presenteras. Exempel på resultat som kan presenteras på länknivå är totalt flöde, medelflöde, hastighet samt kölängder. Tilläggas bör att länkanalysverktyget även kan presentera länkars indata, till exempel länkens längd, hastighet samt antalet körfält (Tillander, 2003).

Vägvalsanalys

Vägvalsanalysverktyget beskriver vilka vägval som trafiken använder sig av då den förflyttar sig mellan två områden. Verktöget kan även användas för att visa från vilka områden som flödet som passerar en utvald länk härstammar från (Tillander, 2003).

Analys av svängrörelser

Med hjälp av verktyget för analys av svängrörelser kan antalet höger- och vänstersvängare samt mängden fordonsrörelser som färdas rakt fram i en nod studeras. Under förutsättning att olika fordonstyper och tidsperioder specificerats kan svängrörelserna under olika tidsperioder och för olika klasser undersökas (Tillander, 2003).

6.2 Modellering

Delkapitlet om modellering syftar till att beskriva bakgrunden till det modelleringsätt som ligger till grund för nätverksmodellen i CONTRAM.

6.2.1 Modellexempel

För att öka kunskapen i att modellera i programmet CONTRAM byggdes olika modellexempel. Först byggdes ett litet nätverk med tillhörande OD-matris. OD-matrisen innehöll endast ett fåtal reseefterfrågansandelar fördelade på en fordonskategori (bilar) under en kortare tidsperiod. Nätverket byggdes sedan ut med flera zoner och noder samtidigt som reseefterfrågan successivt förändrades. Olika förändringar i OD-matrisen som utfördes var till exempel att antalet tidsperioder ökades, antalet fordonsklasser ökades samt att reseefterfrågan varierades.

Inställningar för att få ut någon form av emissioner för olika fordonsklasser prövades. Undersökningar med att modellera särskilda rutter utfördes. Det som avses här med särskilda rutter är egentligen det som menas med verklighetens busslinje, mellan start- och slutstation följer bussen alltid samma väg. Det har även gjorts olika försök med att modellera länkar där endast en fordonskategori, lastbilar, tillåts passera en viss länk. Tack vare att modellexemplen varit så pass små har effekterna av ovan beskrivna förändringar kunnat studeras.

6.2.2 Modellförslag

Under arbetets gång, har olika förslag växt fram på hur modelleringsförfarandet av distributionsrutterna ska se ut. De uppslag som förekommit benämns som zoner respektive leveransvägar och presenteras nedan.

Zoner

Ett förslag har varit att representera varje leveransadress med en zon. Tillämpas detta tillvägagångssätt styr man lastbilarna från en lossningsadress till en annan. Problemet är att varje gång ett fordon kommer fram till en zon innebär det att slutmålet har nåtts. Så är inte fallet med distributionstrafik då denna inte nått sitt slutmål förrän alla leveranser levererats och fordonet är tillbaka på terminalen.

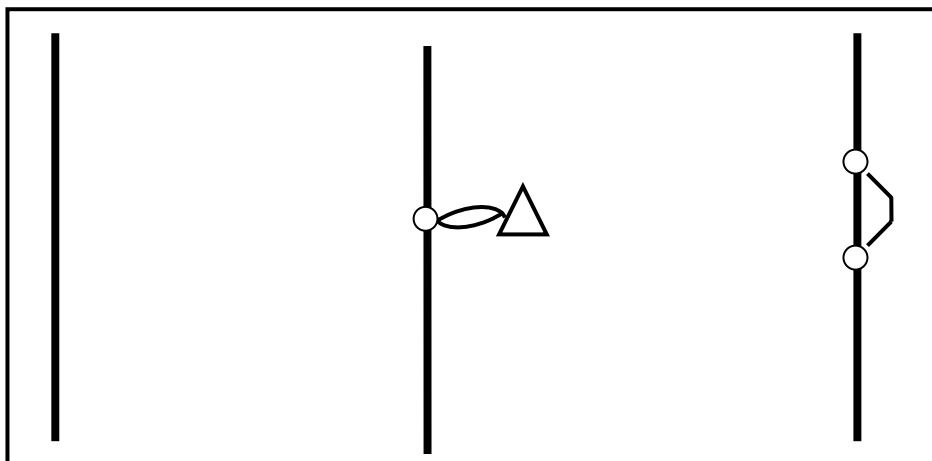
Används det här förslaget leder det till svårigheter att kontrollera antalet fordon i rörelse under olika tidsperioder. Om exempelvis en lastbil startar i slutet av en tidsperiod kommer den inte att nå fram till sin leveransadress (slutdestination) under samma period. Om då nästa lastbil, som egentligen i verkligheten är en och samma lastbil, men som då ses som en ny lastbil avgår tidigt i nästkommande tidsperiod från den här leveransadressen har inte någon form av leveranstid uppstått. Det leder till att det blir svårigheter att kontrollera leveranstidens åtgång. Men situationen kan även vara den omvända vilket leder till att längre leveranstider kan uppstå. Det leder till att sett över en längre tidsperiod, över dagen, ökas tillförlitlighet hos leveranstidens åtgång. För illustration över väg med zonrepresentation, se figur 8.

Leveransvägar

Ett annat förslag har varit att modellera särskilda vägar för leveranserna. Med det menas att en modellering av en specifik väg för varje lossningsadress utförs. Denna väg är endast avsedd för lastbilstrafik och genom att sätta en fast tid för passage av vägbiten kan en skenbar leveranstid uppnås. Det går dock inte att variera den skenbara leveranstiden. För illustration av en leveransväg se figur 8.

Rent praktiskt modelleras detta med hjälp av ett extra körfält för leveranserna. Med hjälp av verktyget "Diversion Route" läggs sedan den rutt ut som distributionsfordonen kör, från terminalen in till staden, runt i staden till leveransvägarna och sedan tillbaka till terminalen. Problemet med det här modelleringsförfarandet är att det blir svårt att kontrollera att endast några av de lastbilar som passerar på vägen använder leveransvägen och att det är "rätt" lastbilar som stannar för leverans.

Gemensamt för de båda modelleringsförfarandena är dock att den interaktion mellan bilar och distributionsfordon som i verkligheten fås då distributionsfordonen ska svänga ut på vägen kan tas hänsyn till. Distributionsfordonen kommer även att kunna påverka trafiken under flera olika tidsperioder vilket även är fallet med verklighetens distributionstrafik.

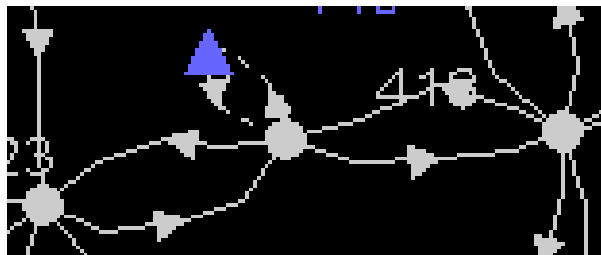


Figur 8 Illustration över de olika modellförslagen, till vänster en vanlig väg, i mitten väg med leveransadress representerat med en zon och till höger väg med leveransadress representerat av en specifik väg (leveransväg).

Det är zonindelningsförslaget som har använts som modelleringsmetod eftersom den metoden medför att en uppdelning från befintliga zoner till nya leveransadresser kunnat utföras på enklaste vis. Leveransvägsmetoden hade medfört svårigheter med att urskilja de lastbilar som faktiskt har ett ärende in till den specifika leveransadressen och därför varit i behov av att använda leveransvägen med de lastbilar som endast behövt använda leveransvägens huvudväg för passage. Att detta problem uppstår beror på att inga smidiga programmeringslösningar har varit tillämpliga samt att ingen animering kunnat studeras. Leveransvägsmetoden medför även att en fast leveranstid på alla lastbilar erhålls vilket inte blir realistiskt. Med zonindelningsförslaget kan däremot leveranstiderna i större utsträckning specificeras i OD-matrisen. I det fallet är det noggrannheten i tidsindelningen på reseefterfrågan i OD-matrisen som är den begränsande faktorn.

6.3 Modellering i CONTRAM

Nätverket som blivit bearbetat till CONTRAM-format har använts som grund. Detta nätverk har dock förfinats högst betydligt med avseende på vägar, zonindelningen samt noder med olika trafikregler. Förfiningsarbetet startade med att en mer detaljrik kartbild från telefonkatalogen (2004) implementerades som bakgrundskarta för innerstaden. Den ursprungliga bakgrundskartan var inte tillräckligt detaljerad för detta ändamål, se figur 5. Med stöd av den nya detaljerade kartbilderna kunde sedan viktiga vägvägsnitt (länkar), korsningar (noder) och leveransadresser (leveranszoner) läggas till. Leveranszoner har placerats ut med hänsyn till var lossningzonerna i innerstaden finns belägna samt den information som fältstudierna gav upphov till. För att distributionsfordonen ska kunna stanna vid leveranszonerna har noder implementerats på vägvägsnitten med leveranszoner. Detta trots att det i verkligheten inte finns några korsningar på dessa vägvägsnitt, för exempel på modelleringsförfarandet se figur 9.



Figur 9 Illustration över hur vägavsnittet på Storgatan mellan S:t Larsgatan och Klostergatan representeras i CONTRAM. De grå punkterna är noder, blå triangeln är en zon och sträcken däremellan är vägar där pilen anger vägens riktning.

Förfiningsarbetet innebär att nätverket över Linköpings city numera representeras av 28 stycken start- och målpunkter mot tidigare 8 stycken och att över 50 stycken vägavsnitt har lagts till. Det detaljerade nätverket möjliggör att distributionstrafiken kan åka till de viktigaste leveransadresserna för att leverera sitt gods.

Då nätverket var tillräckligt detaljerat startade arbetet med att bestämma vägavsnittens olika längder. För att bestämma längderna på länkarna användes kartan över innerstaden som finns beskriven i Cykelkarta (2002). Anledningen till att en karta utöver den implementerade bakgrundskartan användes var att skalan på bakgrundskartan saknades. För information om gator med enkelriktning och fordonsbegränsning användes kartan (Turistbolaget, 2004) i bilaga 9 tillsammans med information hämtad från en lastbilschaufför (Anonym, 2004). Chauffören (Anonym, 2004) har mångårig erfarenhet av distribution i Linköping är en av dem som utfört distributionen i PILOT-projektet. Informationen som lämnats berör hur olika vägavsnitt med fordonsrestriktioner vanligen trafikeras av distributionsfordonen.

I CONTRAM kan olika vägavsnittskategorier definieras. Först bestäms kategorinamnet och sedan vilken hastighet som ska vara gällande på vägavsnittet, alternativt kan tiden det tar att färdas på vägavsnittet anges. Vägavsnittets mättnadsflöde, kökapacitet samt antalet körfält ska även anges. De olika kategorierna kan sedan på ett smidigt sätt användas för att koda olika vägavsnitt. För innerstaden har tre olika vägavsnittskategorier skapats, se tabell 8.

Tabell 8 Vägavsnittskategorier som används för modellering av nätverket i innerstaden.

Kategorinamn	Hastighet	Mättnadsflöde	Kökapacitet	Antal körfält
30 km/h	30 km/h	1 600	0	1
50 km/h	50 km/h	1 600	0	1
Zone link	20 km/h	10 000	0	1

Mättnadsflödet för kategorierna 30 km/h och 50 km/h är hämtade från *Manual for CONTRAM and matrix modelling* av Davidsson, m.fl. (2004), medan mättnadsflödet för Zone link kategorin är hämtad från kursmaterialet i den doktorandkurs som gavs 2003 på KTH.

Korsningar modelleras i CONTRAM som noder. Noderna kan i sin tur modelleras som okontrollerade, lämna företräde eller signalreglerade korsningar.

6.3.1 Okontrollerade korsningar

När en nod modelleras som okontrollerad innebär det att noden i själva verket representerar en korsning där högerregeln gäller (White, 2002).

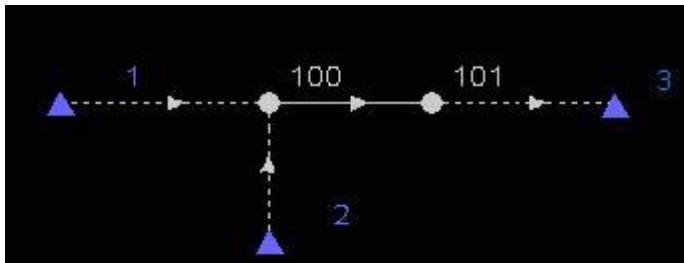
6.3.2 Korsningar med lämna företräde

En korsning modelleras med lämna företräde då korsningen i verkligheten regleras av väjningsplikt. Kapaciteten på länken med lämna företräde är alltså beroende av flödet på en eller flera andra kontrollerande länkar (Davidsson, m.fl., 2004). Kapaciteten på en länk med lämna företräde beräknas utifrån lutningen hos den kontrollerande länken samt dess flöde enligt den linjära formeln:

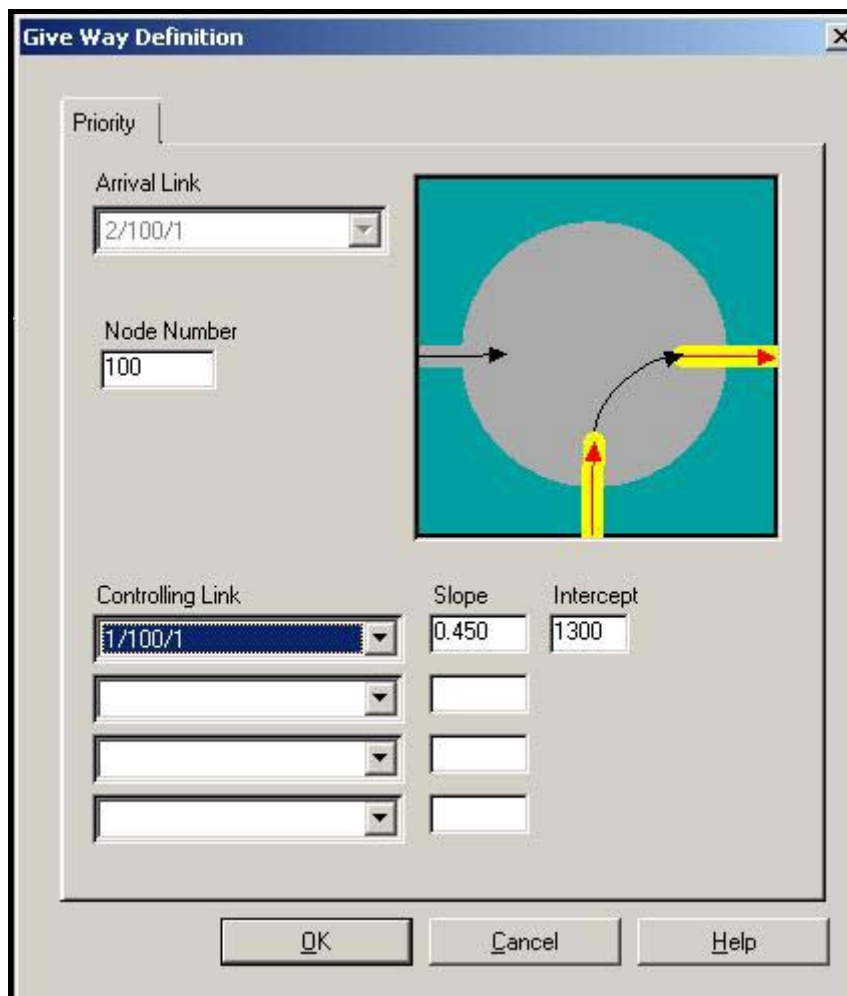
$$C = C_{\max} - f_1 * q_1 - f_2 * q_2 - f_3 * q_3 - f_4 * q_4$$

- där: C Kapaciteten hos länken med lämna företräde (pcu/h)
- C_{\max} Maximala kapaciteten hos länken med lämna företräde (pcu/h)
(anger kapaciteten utan något kontrollerande flöde)
- f_i Lutningen hos det kontrollerande flödet i ($i = 1, 2, 3, 4$) –
- q_i Flödet hos det kontrollerade flödet i ($i = 1, 2, 3, 4$) (pcu/h)

Maxkapaciteten, C_{\max} , och lutningen, f_i utläses sedan från figuren i bilaga 18 för respektive korsning. För att exemplifiera utläsningen av dessa värden kan exempelnätverket i figur 10 användas. Till nod 100 ansluter två vägar. Vägnummer 1, huvudvägen och vägnummer 2 som ska lämna företräde till fordonen på vägnummer 1. Modelleringen av denna korsning med lämna företräde blir då enligt figur 11 där värdena på C_{\max} och f_i är hämtade från bilaga 18.



Figur 10 Presentation av exempelnätverk.



Figur 11 Presentation över hur korsning i figur 10 modelleras i CONTRAM. Där C_{max} (Intercept) och f_i (Slope) är hämtade från figuren i bilaga 18.

6.3.3 Signalreglerade korsningar

CONTRAM kan efterlikna trafikstyrda trafiksignaler genom att en nod modelleras som en signalreglerad korsning med optimerad cykeltid och gröntidsfördelning. Den optimerade gröntidsfördelningen beräknas med hjälp av Webster/Cobbemethoden efter det att några gröntider för varje fasbild blivit angivet. Från trafiksignalsplanen hämtas sedan den maximala omloppstiden (Davidsson, m.fl., 2004). CONTRAM har även en funktion som medför att trafiksignalen optimeras för varje tidsindelning som OD-matrisen är indelad i. Denna funktion har använts.

Från de införskaffade signalplanerna har de minsta och maximala gröntiderna samt den maximala omloppstiden tagits fram för att sedan implementeras i CONTRAM. Totalt har 12 stycken signalreglerade korsningar implementerats.

6.3.4 Modellering av bussrutter i innerstaden

I CONTRAM finns ett verktyg, add fixed route, som medför att olika rutter kan modelleras. Verktyg har använts för att bussflödet i innerstaden ska kunna kontrolleras. De vägvagnsnummer som ingår i de verkliga bussarnas rutter har markerats med detta verktyg vilket lett till att olika rutter i CONTRAM skapats. Rutterna får olika nummer som sedan anges i OD-matrisen för bussar i innerstaden. Eftersom

endast innerstaden är av intresse har inte hela verklighetens bussrutt återgivits utan rutterna startar och slutar några länkar utanför det område som definierar innerstaden.

6.3.5 Fordonsparkens sammansättning

Tre stycken fordonskategorier, bilar, bussar och lastbilar har modellerats. För att simuleringen i CONTRAM ska generera avgasutsläpp har en fordonspark för de olika fordonskategorierna behövts sättas samman. Sammansättningen av fordonsparken för de olika fordonskategorierna presenteras i tabell 9.

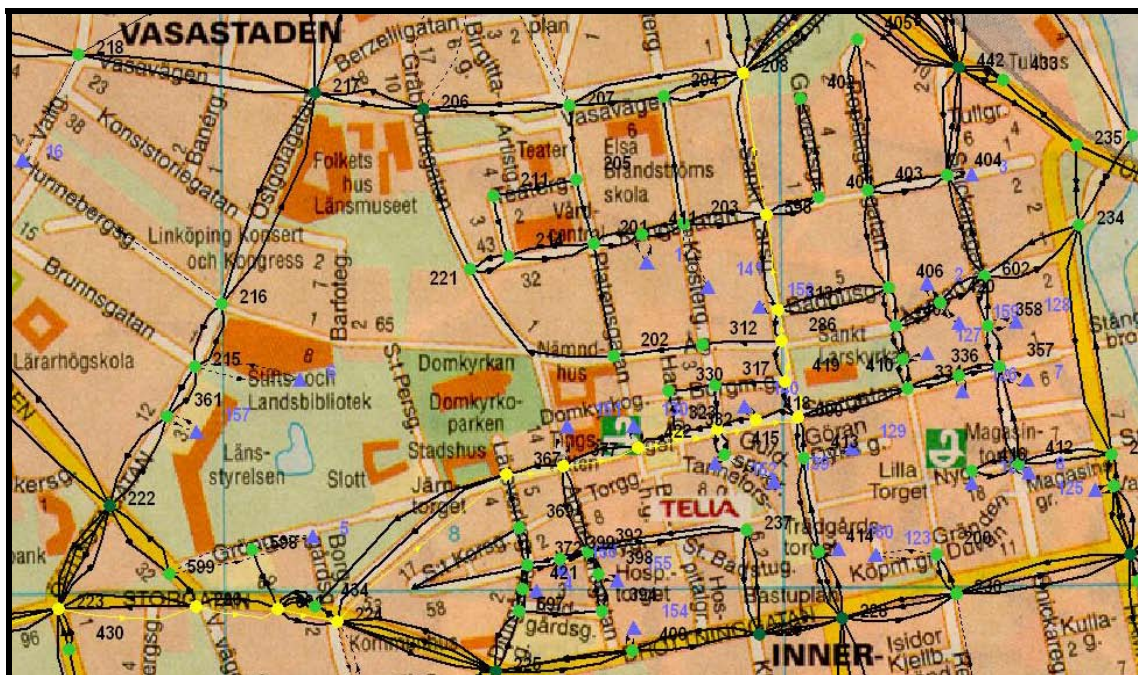
Tabell 9 Presentation över den fordonspark som använts vid simulering.

Fordonskategori	Sammansatt av	Procentuell fördelning
Bilar	Medium Car (pre 1985)	15
	Medium Car (1985–1990)	35
	Medium Car (Catalyst)	50
Bussar	Bus	100
Lastbilar	Large Diesel (up to 3.5t)	25
	OGV	75

I tabell 9 finns rubriken, ”sammansatt av”, den kolumnen presenterar fordonskategorier fördefinierade i CONTRAM. OGV står för ”other” goods vehicle och har en nominell vikt på 5 ton (Hammarström, 2003). Sammansättningen av fordonsparken saknar verklighetsförankring men eftersom det i det här projektet endast är intressant att se hur miljöutsläppen förändras med distributionsförändringen är detta inte av någon avgörande betydelse. Det är alltså inga absoluta siffror på miljöutsläppen som är av intresse utan endast förändringarna i miljöutsläpp och behålls samma fordonspark genom alla simuleringar med olika distributionsammansättningar kan denna förändring beräknas.

6.3.6 Modellen

De bearbetningar som presenterats i delkapitel 6.3, Modellering i CONTRAM, har lett fram till den nätverksmodell över innerstaden som presenteras i figur 12. Nätverket i figur 12 kan med fördel jämföras med det ursprungliga nätverket i figur 5.



Figur 12 Illustration av nätverksmodellen över Linköpings city. De svarta linjerna representerar vägar, de ljusgröna punkterna representerar korsningar med högerregeln eller väjningsplikt, mörkgröna punkter motsvarar korsningar med trafikljusreglering och de blåa trianglarna representerar leveransadresser (högre zonnummer än 8) och parkeringshus (lägre eller lika med zonnummer 8). Den gula sträckningen på till exempel Storgatan representerar en av de implementerade bussrutterna.

6.4 Verifiering

Verifieringsprocessen har pågått under hela modellbyggnadsfasen. Med jämna mellanrum har modellen provkörts vilket medfört att fel- och varningsmeddelanden genererats och åtgärdats under arbetets gång. Exempel på ett felmeddelande som har uppstått är:

Error – No feasible route to destination

Detta felmeddelande behandlar ett fel i nätverket som antingen kan bero på att en länk helt enkelt missats att modellerats eller att fordonsrestriktioner satts på ett sådant sätt att trafikflödet inte kan starta från eller anlända till sin bestämda destination.

Ett exempel på ett vanligt förekommande varningsmeddelande under modelleringsfasen är:

Warning – Zero capacity in all t/s on link 248/228/2

Detta varningsmeddelande specificerar att information om mättnadsflödet på en viss länk saknas.

I samband med implementeringen av trafiksignaler uppstod en mängd varningsmeddelanden. Mängden varningsmeddelanden växer med antalet iterationer som utförs under exekveringen. Varningsmeddelandenas karaktär varierar

dock kraftigt från att vara av mer allvarlig karaktär till att vara av mer informativ betydelse. Verifieringsarbetet har utgått från att i första hand eliminera de allvarligaste varningarna till att konstatera att det finns informativa varningar och att dessa inte går att åtgärda.

Ett exempel på en allvarlig varning som uppkommit är:

WARNING – Plan 228. overlaps another in t/s 1 (link 248/228/2)

Denna varning innebär att samma länk har grönt i två olika fasbilder. För varje korsning som denna varning blivit aktuell har fasbilderna förändrats. Förändringen har inneburit att en av fasbilderna med gröntid tagits bort. Den fasbild som tagits bort har blivit borttagen utifrån den gröntid som varit kortast men även utifrån var kollisionsrisken i verkligheten varit som störst.

Exempel på varningar med informativ karaktär som uppstått är:

**WARNING – Optimised Plan 231.06
Stage 3 cannot satisfy phase min/max in iteration 2**

**WARNING – Plan 231.06 arm 431/231/1
green 41.00 adjusted to 30.00 sec to avoid violating maximum in iteration 2**

Den första varningen informerar om att den optimerade trafiksignalsplanen för en nod, i detta fall 231 i time-slice 6, inte kan tillgodogöra den minsta eller största gröntiden för fasbild tre i iteration två. Av nästkommande varning ges information om att den implementerade gröntiden för en viss länk, i detta fall 431/231/1, har blivit justerad från 41 sekunder till 30 sekunder för att undvika att maxgröntiden överskrids.

På grund av att varningsmeddelanden ändå medför en viss form av osäkerhet i resultatet har ytterligare arbete än att endast konstatera varningsmeddelandenas informativa karaktär utförts. Det här verifieringssteget innebär att några av de gröntider som efter exekvering presenteras i resultatfilen har jämförts med de implementerade värdena för minsta och största gröntidslängd, se bilaga 1. Av denna verifieringskontroll kan det konstateras att alla optimerade gröntider ligger inom intervallet för de specificerade minsta och största gröntidslängderna, vilket alltså medför att varningsmeddelandena är av informativ karaktär.

Den slutliga versionen av modellen har vid provkörning med mindre reseefterfrågan hela 613 varningsmeddelanden fördelat på sex stycken iterationer. Ett varningsmeddelande om att Freezing packets is not recommended – for forward compability är även inräknat. Detta varningsmeddelande har medvetet inte försökt att åtgärdats med stöd från CONTRAM-manualen (White, 2002). I CONTRAM-manualen (White, 2002) står att freezing packets kan minska exekveringstiden eftersom denna inställning medför att rutter med stor sannolikhet att inte ändras inte beräknas på nytt i varje iteration. Med tanke på att modellen redan kräver nära fyra timmar för att exekvera med ett fåtal OD-matriser verkar det ändå rimligt att använda denna inställning. De övriga 612 varningsmeddelandena är alltså av den informativa karaktären som tidigare beskrivits.

Den exekvering som slutligen kördes för att fastställa modellens validitet krävde sju iterationer för att konvergera vilket tog nära fem timmar. Mängden varningsmeddelanden som genererades av denna körning var 742 stycken, där karaktären på dessa meddelanden var av den informativa karaktären.

6.5 Kalibrering

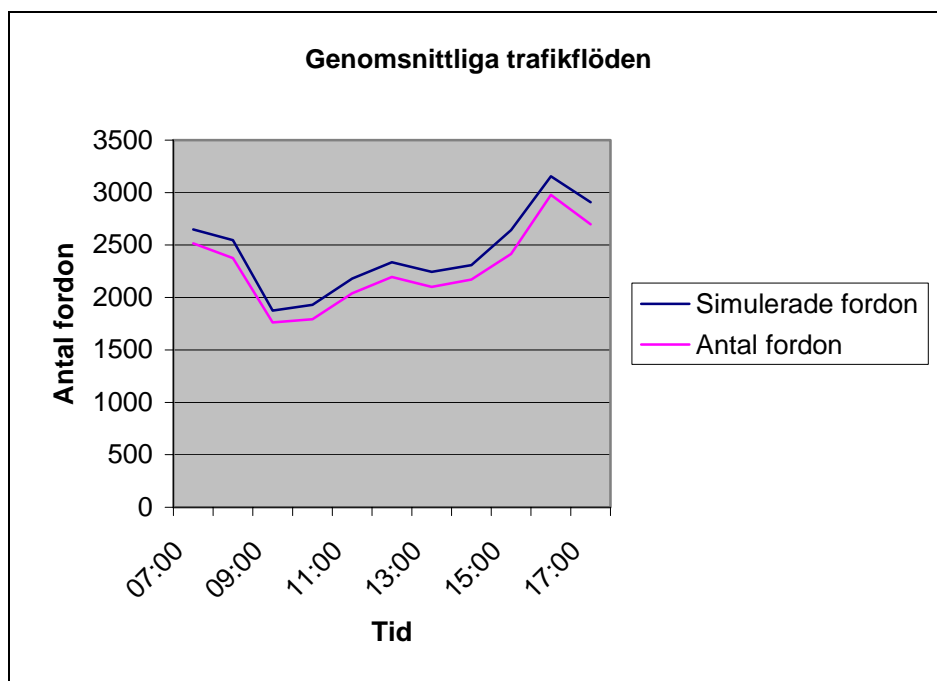
Modellen har kalibrerats under modellbyggets gång. I korsningar som regleras med hjälp av högerregeln eller av väjningsplikt har de parametrar som gäller för svenska förhållanden använts. Dessa parametrar har hämtats från Davidsson, m.fl. (2004). Från den manualen har även olika mättnadsflöden hämtats. Men för att modellen ska uppföra sig mer likt verkligheten har några länkars mättnadsflöden justerats. På en del länkar har mättnadsflödet ökat medan det på andra har minskats. Anledningen till ökningen av mättnadsflödet har varit att höja medelhastigheterna på aktuella länkar. På de länkar där mättnadsflödet minskades var avsikten att minska den simulerade medelhastigheten för att öka realismen hos modellen.

På de länkar som lagts till för att symbolisera olika körfält i samband med trafikljus uppstår väldigt låga medelhastigheter. Försök att justera dessa har utförts men utan någon större framgång. Anledningen till att detta inte går att åtgärda är antagligen att hastigheten på länken beräknas utifrån den fria hastigheten plus kötiden vid slutet av länken (Davidsson, m.fl., 2004). Längden på körfälten som modelleras i samband med trafikljusen är oftast väldigt korta och om kötiden då är lång i detta körfält leder det till att medelhastigheten blir låg.

Vid körning av modellen uppdagades det att antalet bilar på en del vägvagnsnitt var för högt. För att motverka att detta inträffar har svängstraff för bilar implementerats. Sätts svängstraffet tillräckligt högt leder det till att de bilar som har möjligheter att färdas på andra vägar gör detta eftersom de då vinner tid på att förändra resvägen.

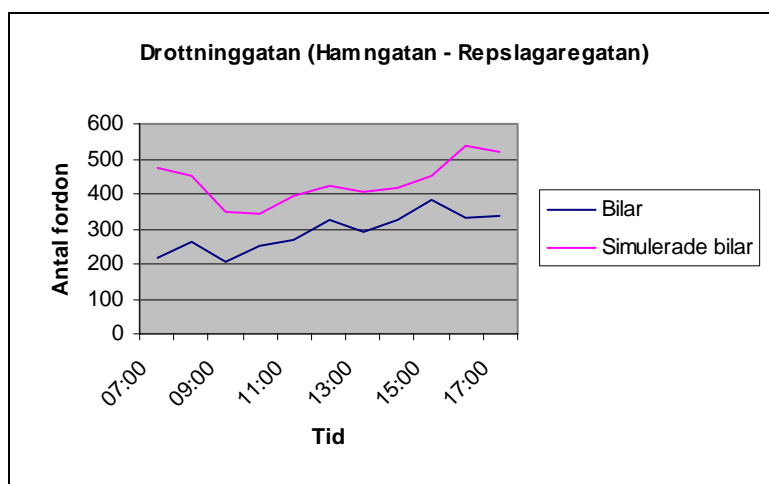
6.6 Validering

Valideringsprocessen har pågått kontinuerligt under arbetets gång. Arbetet med att validera modellen har gått hand i hand med kalibreringsarbetet. Med de förändringar som beskrevs i kalibreringsavsnittet och som implementerades i modellen har de simulerade genomsnittsflödena jämförts med de genomsnittliga flöden som slangmätningarna gav upphov till, se figur 6. Det bör även tilläggas att inte allt för stor vikt behöver läggas vid överensstämmelser för mängden flöden mellan klockan 7 och 8 eftersom denna tidsperiod mest modellerats för att trafik ska finnas i modellen då de för detta examensarbete intressanta trafikflödena startar senare. I samband med det kan det även nämnas att datakällan till figurerna i detta kapitel presenteras i bilaga 20. Av jämförelsen mellan de genomsnittliga trafikflödena kan det konstateras att mängden fordon som passerar de platser där slangmätningarna har ägt rum är fler i det simulerade fallet än vid slangmätningarna. De trender som finns i resandet under hela dagen enligt slangmätningarna får anses beskrivas väl av resandet i simuleringen. I bilaga 3 presenteras diagram över genomsnittliga trafikflöden uppdelade per fordonskategori. Av detta kan det konstateras att trenderna i resefterfrågan avbildas väl vid simuleringen och att mängden simulerade lastbilar är för hög jämfört med slangmätningarna.

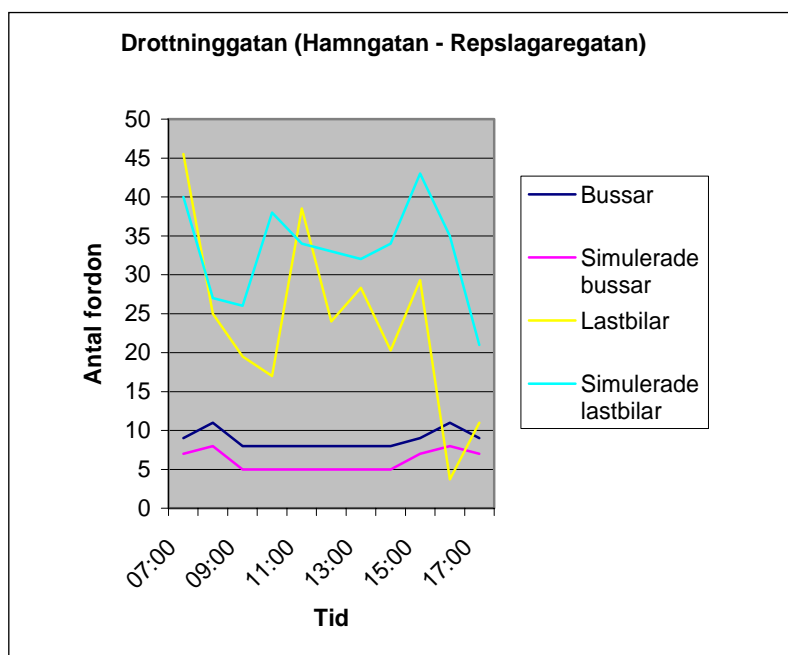


Figur 13 Diagram över genomsnittliga trafikflöden för bilar, bussar och lastbilar vid platserna för slangmätningarnas utförande.

En kontroll av hur flödet varierar på gatunivå mellan simuleringsresultatet och slangmätningen har även utförts. Av den kontroll som utfördes på Drottninggatan kan det åter igen konstateras att mängden simulerade fordon överskrider den mängd fordon som slangmätningarna uppmätt, se figur 14 och figur 15. Trenden i reseefterfrågan som finns i slangmätningarna efterföljs av de simulerade bilarna och bussarna medan det för lastbilarna är svårare att utröna trenden. I huvudsak finns det trendmässiga beteendet hos de simulerade lastbilarna men topparna och dalarna följer inte riktigt riktlinjerna från slangmätningarna.



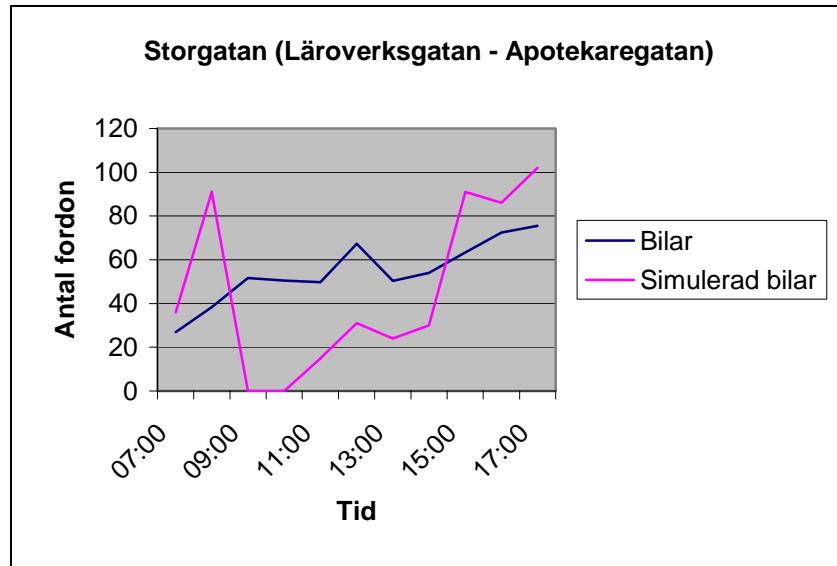
Figur 14 Diagram över det bilflöde som trafikerar vägvägsnittet mellan Hamngatan och Repslagaregatan på Drottninggatan mellan klockan 7 och 18.



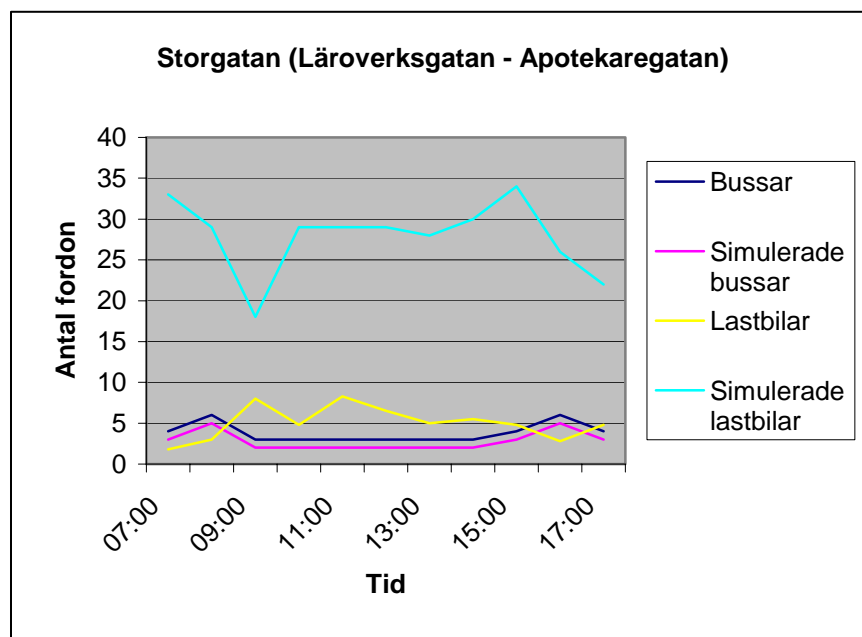
Figur 15 Diagram över de flöden av lastbilar och bussar som trafikerar vägavsnittet mellan Hamngatan och Repslagaregatan på Drottninggatan mellan klockan 7 och 18.

Ytterligare en kontroll av detta slag utfördes på Storgatan mellan Läroverksgatan och Apotekaregatan. Av denna kontroll kan det konstateras att det simulerade fordonsflödet för bilar mellan klockan 9 och 15 ligger under slangräkningsflödet och att det vid övriga tidpunkter är tvärtom, figur 16. En anledning till att flödet för de simulerade bilarna är högre innan klockan 9 och efter klockan 15 kan vara att för- respektive eftermiddagsmaxtimmen infaller. Det leder till mer trafik på de stora gatorna vilket antagligen medfört att några bilar tjänat på att passera genom city istället för att köra runt om som under övrig tid.

Bussflödet samt trenden för simuleringen och slangmätningen för detta vägavsnitt på Storgatan stämmer väl överens. Det simulerade lastbilsflödet ligger dock på en högre nivå än vad flödet från slangmätningarna anger, se figur 17.



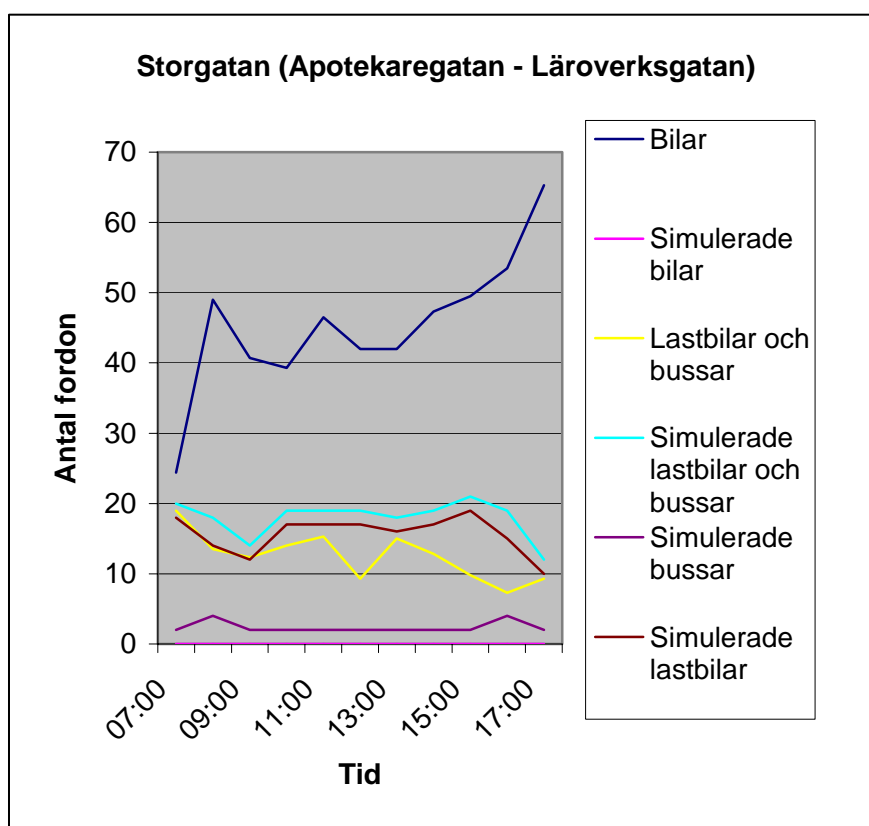
Figur 16 Diagram över bilflödet som trafikerar vägavsnittet Storgatan mellan Läroverksgatan och Apotekaregatan mellan klockan 7 och 18.



Figur 17 Diagram över de flöden av bussar och lastbilar som trafikerar vägavsnittet Storgatan mellan Läroverksgatan och Apotekaregatan mellan klockan 7 och 18.

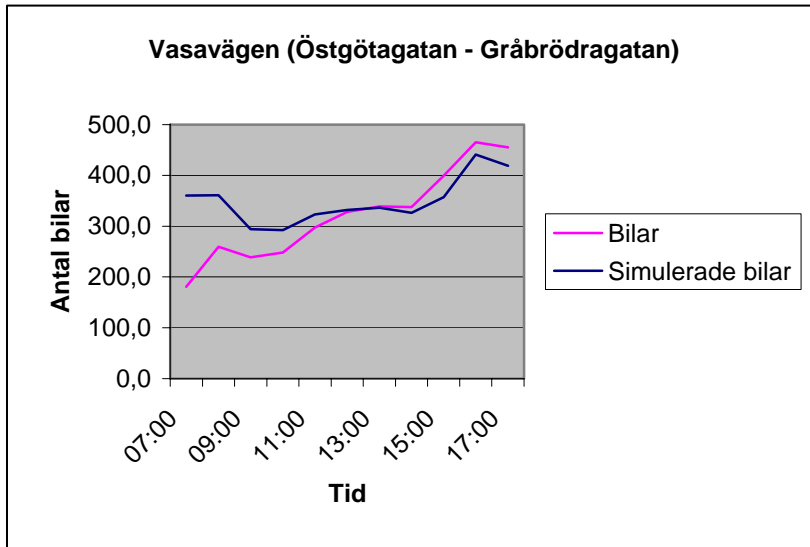
Modellen har även validerats mot data som inte använts för att beräkna någon form av fordonssammansättning. Dessa data är även hämtad från slangmätningar men användes inte medvetet i beräkningen av fordonssammansättningen just för att någon utomstående data skulle finnas för validering av modellen. Dessa data från slangmätningarna har blivit bearbetade på samma sätt som de datauppgifter som använts till beräkningen av fordonssammansättningen med det undantaget att ingen uppdelning av bussar och lastbilar utförts, se bilaga 22. Det är vägavsnitten på Storgatan mellan Apotekaregatan och Läroverksgatan (riktning mot Apotekaregatan) och Vasavägen mellan Östgötagatan och Gråbrödragatan (rikt-

ning mot Östgötagatan) som inte varit med i beräkningen av fordonssammansättningen. Kontrollen av trafikflöden på vägningsnittet Storgatan medför att inga simulerade bilar färdas där men att det enligt slangmätningarna finns en resefterfrågan för bilar. Anledningen till att detta uppstår kan vara att detta vägningsnitt inte erbjuder någon bra framkomlighet till de för bilarna attraktiva zonerna, de zoner som beskriver parkeringshusen. Men jämförs mängden simulerade lastbilar och bussar med slangmätningarna kan det konstateras att dessa stämmer väldigt bra överens vad det gäller både mängd och trend, se figur 18.

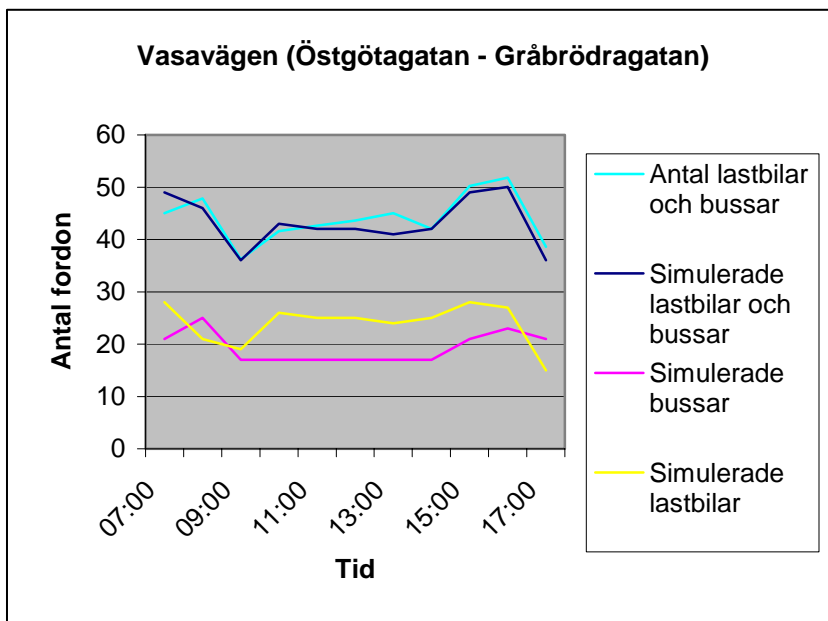


Figur 18 Diagrammet illustrerar trafikflödena för simulerade respektive slanguppmätta fordon, bilar, bussar och lastbilar som trafikerar vägningsnittet Storgatan mellan Läroverksgatan och Apotekaregatan mellan klockan 7 och 18.

Trafikflödena kontrollerades även för vägningsnittet mellan Östgötagatan och Gråbrödragatan på Vasavägen, se figur 19. Denna kontroll medförde ett konstaterande om att trafikflödena hos den simulerade och slanguppmätta biltrafiken stämde bra överens. En notering om att flödet för de slanguppmätta bilarna överskrider de simulerade bilarna under eftermiddagstimmarna är dock värt att göra. Även det trendmässiga förfarandet av resefterfrågan för biltrafiken stämde bra överens. Vid kontroll av trafikflödena för simulerade bussar och lastbilar respektive trafikflödena för slanguppmätta bussar och lastbilar kan det konstateras att såväl storleken hos flödena som trenden i flödet har en hög korrelation, se figur 20.



Figur 19 Diagram som illustrerar trafikflödena för simulerade respektive slanguppmätta bilar som trafikerar vägavsnittet Vasavägen mellan Östgötagatan och Gråbrödragatan mellan klockan 7 och 18.



Figur 20 Diagram över de simulerade respektive slanguppmätta lastbils- och bussflöden som trafikerar vägavsnittet Vasavägen mellan Östgötagatan och Gråbrödragatan mellan klockan 7 och 18.

Med bakgrund mot den valideringen som utförts och det resonemang som förts bedöms modellen som valid för sitt syfte. Modellen bedöms alltså generera helt godtagbara simuleringsvärden och med tanke på att slangmätningarna i sig är förenade med en viss form av osäkerhet kan inte variationerna i trafikflödena och trenderna som förekommer bedömas som tillräckligt stora för att påverka validiteten hos modellen. Det kan även tilläggas att simuleringsmodellen visats upp för inblandade aktörer i projektet under arbetets gång. Uppvisandet av modellen har inte föranlett några större synpunkter. Den färdiga modellen har även visats upp explicit för Kånge. Han hade inga direkta synpunkter på modellen vilket sammantaget ökar trovärdigheten och därmed validiteten hos modellen.

7 Resultatanalys

Kapitlet resultatanalys inleds med ett delkapitel där förutsättningarna för ett utförande av analysen tas upp. I nästkommande delkapitel presenteras en kortare analys av vanlig distribution kontra distribution enligt PILOT. En mer djupgående analys enligt uppdragsgivarens riktlinjer utförs i nästkommande delkapitel mellan vanlig distribution kontra distribution enligt SAMLIC. Andra delkapitel som ryms inom det här kapitlet är resultat och felkällor.

7.1 Förutsättningar för utförandet av analysen

För att en analys av de olika distributionsuppläggen ska kunna utföras har ett MATLAB-program skapats. MATLAB-programmet gör det möjligt att beräkna skillnader i till exempel flöde mellan olika distributionsupplägg.

De resultat, till exempel flödesresultat, som en körning av CONTRAM enligt ett visst distributionsupplägg ger upphov till, exporteras till en fil. MATLAB-programmet läser in filen, beräknar skillnaderna mellan de olika distributionsuppläggen och genererar en fil i CONTRAM-format innehållande de beräknade skillnaderna, se bilaga 23. Denna fil läses sedan in i CONTRAM med hjälp av en importfunktion vilket medför att skillnaderna kan visualiseras med hjälp av länkanalysverktyget. Då importerad data över flera tidsperioder ska visualiseras samtidigt visar CONTRAM dock felaktiga resultat. CONTRAM visar att skillnaden i två olika distributionssätt på en länk är -1 i lastbilsflöde under en tidsperiod och under nästkommande tidsperiod visas motsvarande flödesskillnad även den vara -1. Då dessa tidsperioders skillnader i lastbilsflöde ska visualiseras tillsammans i CONTRAM visas en flödesskillnad som är positiv för nyligen nämnda länk vilket saknar logik. En genomgång av data visar inte heller på att positiva flöden skulle kunna genereras då tidsperioderna på detta sätt slås samman. Anledningen till att resultaten blir felaktiga är okänd men kan bero på att CONTRAM inte kan hantera en summering av till exempel flöden i olika tidsperioder för en importerad fil.

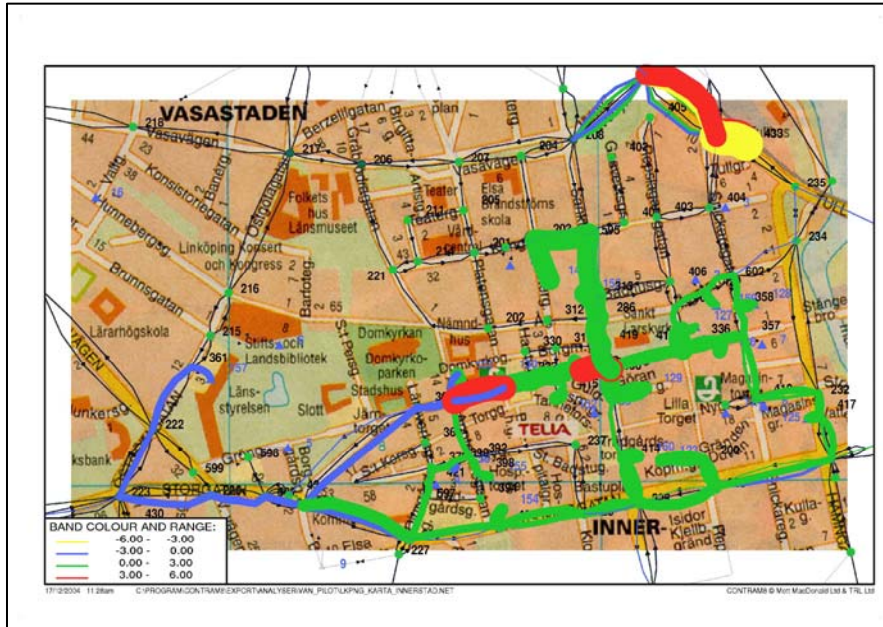
För att kunna visa på skillnaderna med samdistribution för flera tidsperioder samtidigt har tidigare nämnda MATLAB-program bearbetats ytterligare. Programmet utför numera även summeringar av skillnader i till exempel flödet under flera tidsperioder. De tidsperioder som summeras är dem mellan klockan 10 och 15 vilket motsvarar de tider då den största delen av distributionen äger rum. MATLAB-programmet som summerar skillnaderna över olika tidsperioder presenteras i bilaga 24.

Läsaren bör observera att beräknade skillnader i MATLAB-programmet beräknas genom subtraktion mellan vanlig distribution och distribution enligt någon form av samlastningsprincip. Det leder till att en inte fullt så logisk struktur på CONTRAM-utskriften visas. Men CONTRAM-utskriften ska tolkas enligt principen att de intervall som innehåller negativa tal i "band colour and range"-rutan (nere till vänster i de olika figurerna) motsvarar en ökning medan positiva tal motsvarar en minskning.

Det bör även poängteras att en annan planering av distributionsturer skulle medföra andra simuleringsresultat. Den planering av distributionsturer som ligger till grund för simuleringsresultaten av PILOT har tagits fram med stöd från PILOT-databasen medan grunden för simuleringsresultaten för SAMLIC-distributionen har tagits fram i samarbete med Olof Kånge (2004), där hans mångåriga erfarenhet varit den avgörande faktorn.

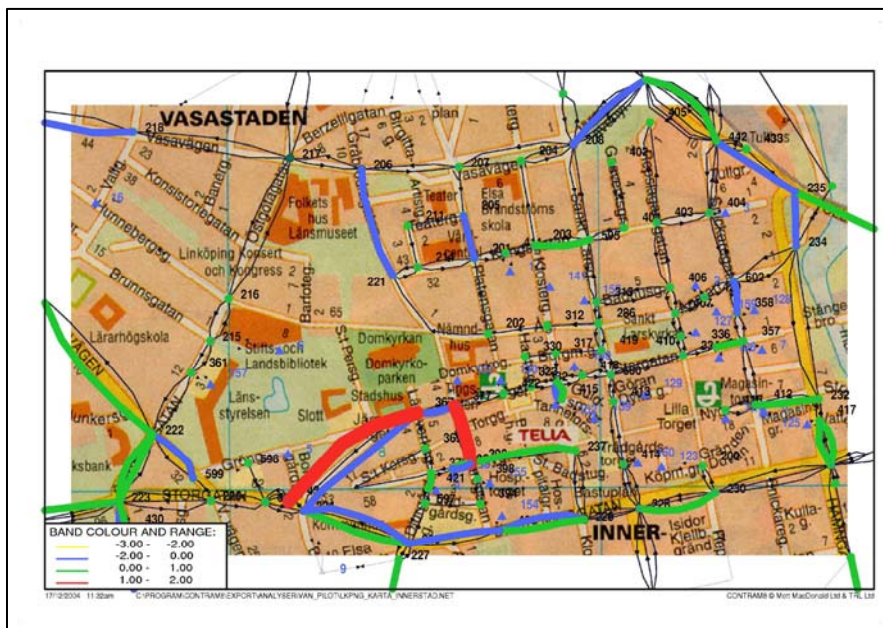
7.2 Vanlig distribution kontra distribution enligt PILOT

En analys av skillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt PILOT visar på att det finns möjlighet att kraftigt reducera lastbilsflödet i Linköpings innerstad, se figur 21. Från figuren kan det konstateras att lastbilsflödet reduceras utmed S:t Larsgatan, Drottninggatan samt utmed stora delar av Storgatan.



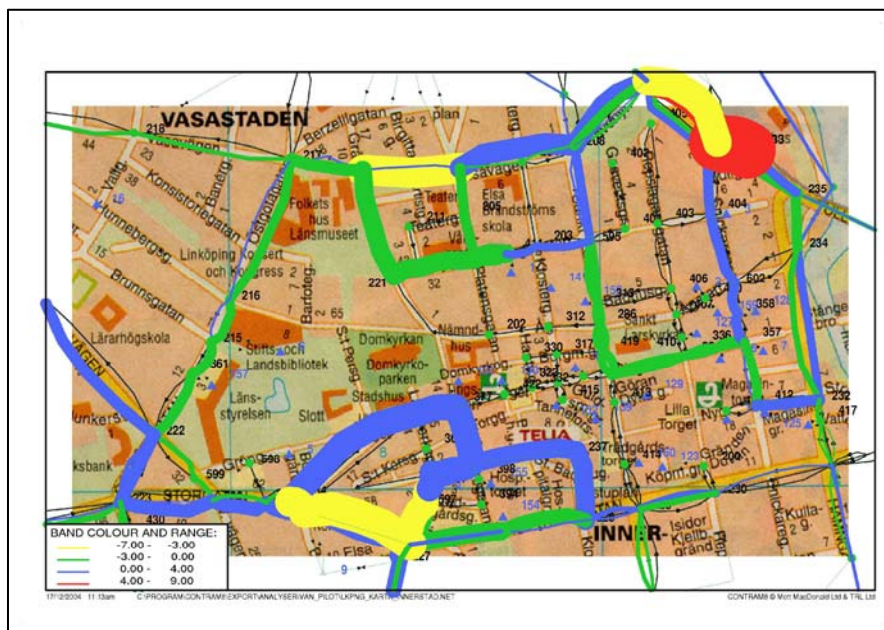
Figur 21 Presentation över skillnaderna i lastbilsflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt PILOT mellan klockan 10 och 15.

Den kraftiga reduktionen av lastbilsflödet borde även leda till en kraftig reduktion av antalet fordonskilometrar i innerstaden vilket inte alltid uppfylls fullt ut, se figur 22.



Figur 22 Presentation av skillnaderna i fordonskilometer för vanlig distribution och distribution enligt PILOT mellan klockan 10 och 15.

Anledningen till detta är att både bilar, bussar och lastbilar ger upphov till skillnaderna i fordonskilometrar. Eftersom lastbilsflödet reduceras och bussflödet är lika för de båda distributionsfallen har en förändring i bilflödet inträffat då resultaten i de nyligen presenterade figurerna inte överrensstämmer. För att exemplifiera detta påstående kan vägavsnittet på S:t Larsgatan mellan Kungsgatan och Storgatan användas. Enligt simuleringsresultaten av lastbilsflödet sker här en reduktion av ungefär tre stycken lastbilsflöden medan antalet fordonskilometer på samma avsnitt inte förändras. Det borde då innebära att det sker en ökning av bilflödet på det här vägavsnittet med ungefär tre stycken flödesdelar. Skillnaderna i bilflödet mellan vanlig distribution och distribution enligt PILOT presenteras i figur 23, där framgår det att bilflödet på det aktuella vägavsnittet på S:t Larsgatan ökats med ungefär tre stycken flödesdelar. Av det här exemplet kan det konstateras att en minskning i lastbilsflöde ibland uppdagas av bilflödet och då utnyttjas eftersom det då ger den billigaste väglösningen. Det medför att om en kraftigare reducering av fordonsflödet i de inre delarna av city eftersträvas blir samdistributionen ett sätt att minska lastbilsflödet medan någon form av fordonsbegränsningsåtgärd behöver implementeras för att reducera bilflödet.



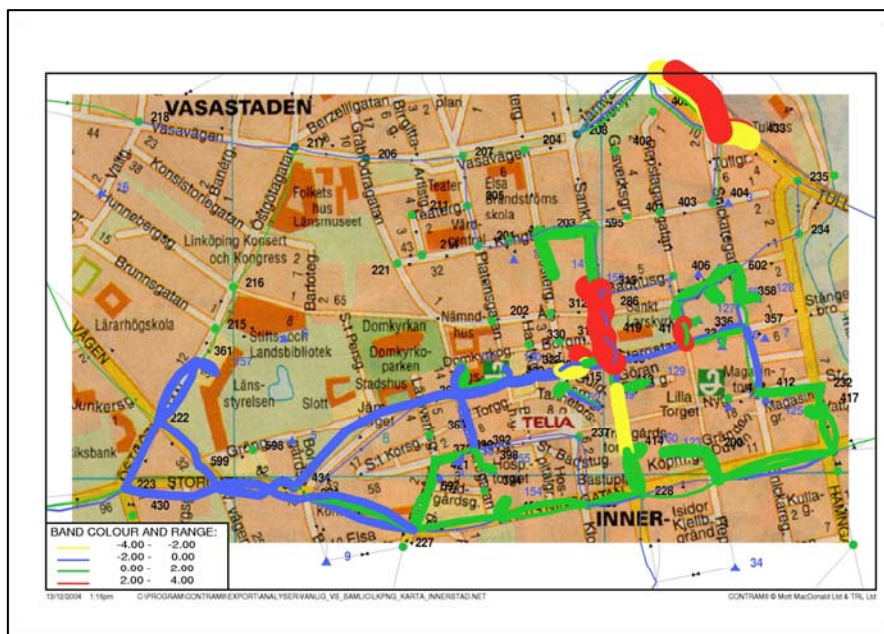
Figur 23 Presentation över skillnaderna i bilflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt PILOT mellan klockan 10 och 15.

7.3 Vanlig distribution kontra distribution enligt SAMLIC

En analys av skillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC visar på att samdistribution ger upphov till positiva trafikeffekter. Skillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC kommer att analyseras utifrån de i syftet specificerade hastighet-, flöde- och emissionsaspekterna samt ur förändringen av fordonskilometer. Utöver dessa aspekter kommer även ytterligare trafikeffekter att tas upp som till exempel tidsskillnader.

7.3.1 Flödesskillnader för lastbilar

Med samdistribution minskar antalet lastbilspassager generellt i de centrala delarna av city, se figur 24. Minskningen av lastbilsflödet återfinns främst utmed och i anslutning till Drottninggatan och S:t Larsgatan. Av figuren att döma kan det även konstateras att lastbilsflödet ökar på vissa platser. Lastbilsflödet ökar främst utmed Storgatan och ökningen kan förklaras med att distributionen utförs i de inre delarna av city först, från öster till väster, där Storgatan till stor del används för förflyttning mellan olika leveransadresser. Genom att följa lastbilsflödets ökning utmed Storgatan kan det konstateras att det är så distributionen fungerar eftersom ökningen hos lastbilsflödet leder fram till den västligaste leveransadressen på Östgötagatan. Ökningen är sedan densamma för lastbilsflödet från leveransadressen men med den skillnaden att lastbilsflödet främst fortsätter utmed Drottninggatan.



Figur 24 Presentation av flödesskillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC för lastbilar mellan klockan 10 och 15.

Det minskade lastbilsflödet på S:t Larsgatan ger positiva effekter på busstrafiken eftersom bussarna då ges mera utrymme. Enligt figuren över stomlinjenätet, se figur 7, passerar ett stort antal busslinjer city via S:t Larsgatan.

Enligt remissupplagan av *Trafiknätsanalys för Linköping*, som Teknik- och samhällsbyggnadsnämnden utförde under slutet av år 2003, skedde flera polisrapporterade olyckor under åren 1999–2000 utmed S:t Larsgatan inom det område i city som definierats i detta projekt. Samdistribution leder till minskat lastbilsflöde utmed S:t Larsgatan, vilket bidrar till minskad sannolikhet för olyckor där lastbilar är inblandade eftersom sannolikheten att mötet mellan människa och lastbil minskas med minskat lastbilsflöde. Värt att notera från denna remissupplaga är att andelen sjukhusrapporterade olyckor är bra mycket högre än de polisrapporterade olyckorna.

I *Trafiknätsanalysen för Linköping*, (Teknik- och samhällsbyggnadsnämnden, 2003) presenteras även en karta över beräknade trafikbullernivåer uppmätta i

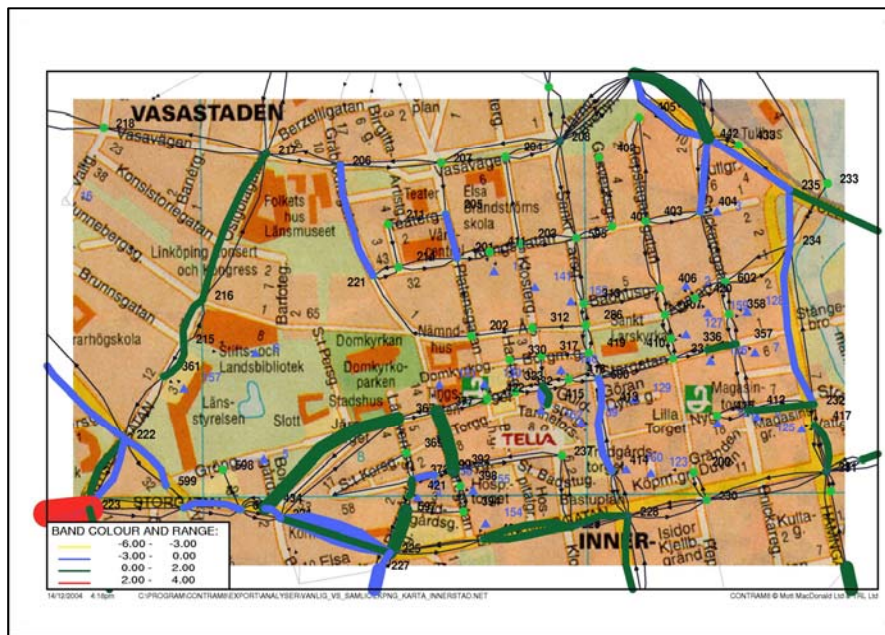
dB(A)⁵ vid bostäders fasader. Utifrån den klassindelning som utförts för trafikbullernivån kan det konstateras att bullernivån på S:t Larsgatan överstiger 65 dB(A). Riksdagen har satt ett långsiktigt planeringsmål om att riktvärdet för befintlig miljö ska ligga på 55 dB(A). En minskning i lastbilsflödet skulle kunna hjälpa till att sänka bullernivåerna från trafiken.

I verkligheten finns det flera filer mellan olika korsningar och dessa har modellerats med flera länkar. Det här modelleringsförfarandet leder till att en länk kan vara föremål för en ökning av fordonsflödet medan den angränsande länken, den andra filen, visar på en minskning av fordonsflödet. Sammantaget ger detta att flödet på vägavsnittet sammanlagt, inte är föremål för den faktiska ökning eller minskning som varje enskild länk resulterar i, utan att en viktning av dessa resultat måste göras för att få fram det faktiska resultatet av fordonsflödesförändringen på vägavsnittet. Ett exempel på där detta inträffar är på Drottninggatan mellan nod 224 och 227 i västlig riktning, se figur 24. Sammantaget kan det alltså konstateras att skillnaderna i lastbilsflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC inte ger upphov till någon förändring i lastbilsflöde på detta vägavsnitt.

7.3.2 Skillnader i fordonskilometer

Fordonsflödena i city ger i sin tur upphov till mängden fordonskilometer i innerstaden. Skillnaderna i fordonskilometer mellan vanlig distribution och samdistribution enligt SAMLIC presenteras i figur 25. Vid jämförelse av figur 24 och figur 25 framgår det att variationerna i lastbilsflödet inte återspeglas av skillnaderna i fordonskilometer. Det beror på att alla fordonsflöden från bilar, bussar och lastbilar ger upphov till skillnaderna i fordonskilometer i figur 25 medan endast skillnaderna i lastbilflöde presenterades i figur 24. Av detta kan det konstateras att där lastbilsflödet, trots införande av samdistribution, har ökat så har mängden fordonskilometer som alla transportflöden gett upphov till generellt sett minskat i de centrala delarna av city. Det beror på att bilflödet på dessa platser minskar vilket innebär att vägvalet, billigaste vägen, för en del bilar blir ett annat.

⁵ dB(A) anger en standardiserad mätmetod där värdet schablonmässigt korrigerats för örats med frekvensens varierande känslighet (Nationalencyklopedin, 1998).



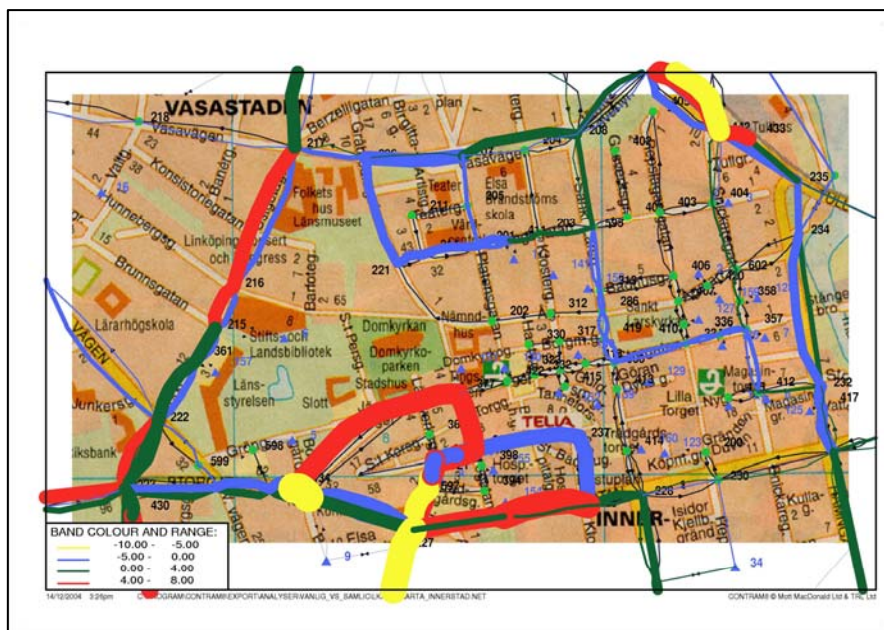
Figur 25 Presentation av skillnaderna i fordonskilometer mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC mellan klockan 10 till 15.

I figur 26 presenteras de skillnader i bilflöde som distributionsförändringen gett upphov till. Det kan utifrån denna figur konstateras att minskningen i lastbilsflödet på en del av S:t Larsgatan upptäcks vilket medför att bilflödet ökar på det här vägvägsnittet. Det finns dock ett problem med denna ökning som kan följas utmed delar av S:t Larsgatan in på Storgatan och slutligen ner på Snickaregatan. Problemet består i att skillnaderna i tillflöden till dessa vägvägsnitt generellt sett verkar minska och frågan är då hur detta kan resultera i en flödesökning. Ett svar på den frågan, skulle kunna vara att de ursprungliga zonerna som motsvarar ett parkeringshus, som finns inom området, och att förändringen i distributionssystemet leder till att tidpunkten för en ankomst eller avgång från parkeringshuset förändras som därmed leder till en ökning av bilflödet. Problemet med denna förklaring är att bilflödet till och från parkeringshusen fortfarande är de samma och det enda som kan ha förändrats är vägvägen till och från parkeringshuset. Det här resonemanget gav inte någon direkt helhetsförklaring och ett annat sätt att försöka analysera detta på är att gå in i korsningarna och försöka göra en detaljanalys om hur olika svängrörelser skulle kunna se ut⁶. Det här tillvägagångssättet har använts för korsningen mitt på S:t Larsgatan och analysen grundar sig i att det på varje vägvägsnitt till och från korsningen anländer bilflöde med positiva respektive negativa egenskaper. Svängrörelserna utförs sedan med hänsyn taget till bilflödets egenskaper vilket leder till att det finns en förklaring till varför bilflödet ökar på S:t Larsgatan. De bilflöden med positiva egenskaper är fler än dem med negativa egenskaper på detta vägvägsnitt. En bilflödesdel med positiv egenskap och en med negativ egenskap tar ut varandra. Ökningen i bilflödet fortskrider sedan till Snickaregatan. Tillämpas en liknande förklaring om bilflödets olika egenskaper i korsningen på Snickaregatan verkar resultaten mera

⁶ Inläsningen av filer från MATLAB-programmet medför att inga definierade analysverktyg kan användas i CONTRAM.

trovärdiga än tidigare, där det vid en första anblick mer liknade att det tillkommit bilflöde och att denna ökning ”sväljs” av parkeringshusen. Att parkeringshusen skulle ”svälja” ökningen är orimligt. Det beror på att reseefterfrågan för bilar är lika i de olika distributionsfallen och endast vägvalen till målpunkterna samt ankomst- och avresetiderna i någon mån kan skiljas åt.

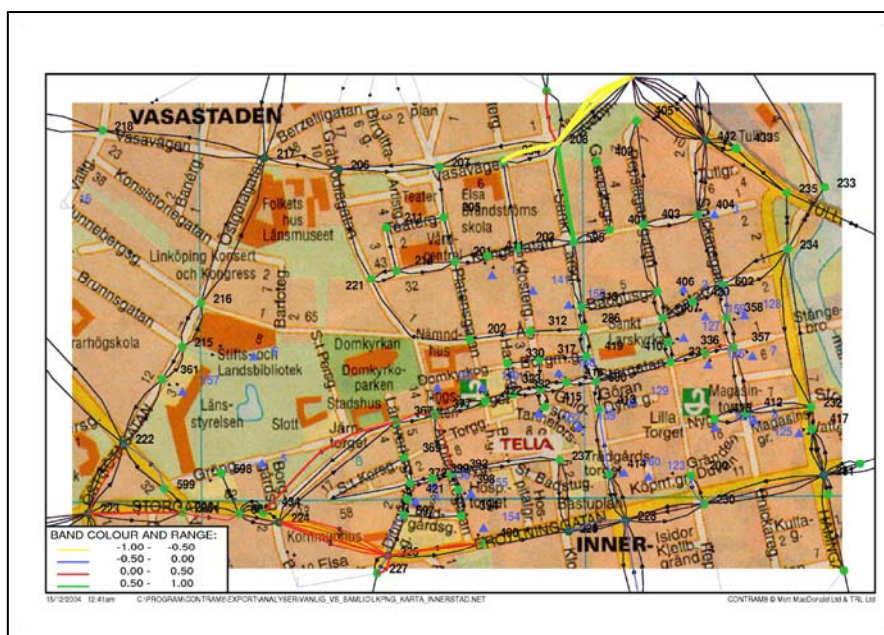
Det tidigare resonemanget kring lastbils- och bilflödena samt resultatet i fordonskilometer förutsätter dock att bussflödet mellan klockan 10 och 15 är lika men detta antagande behöver knappast verifieras då bussarna i city endast kan färdas på de för ändamålet inlagda bussrutterna. De gröna och röda linjerna i figur 25 visar var förändringen i distributionssystemet gett upphov till en faktisk minskning av mängden fordonskilometer.



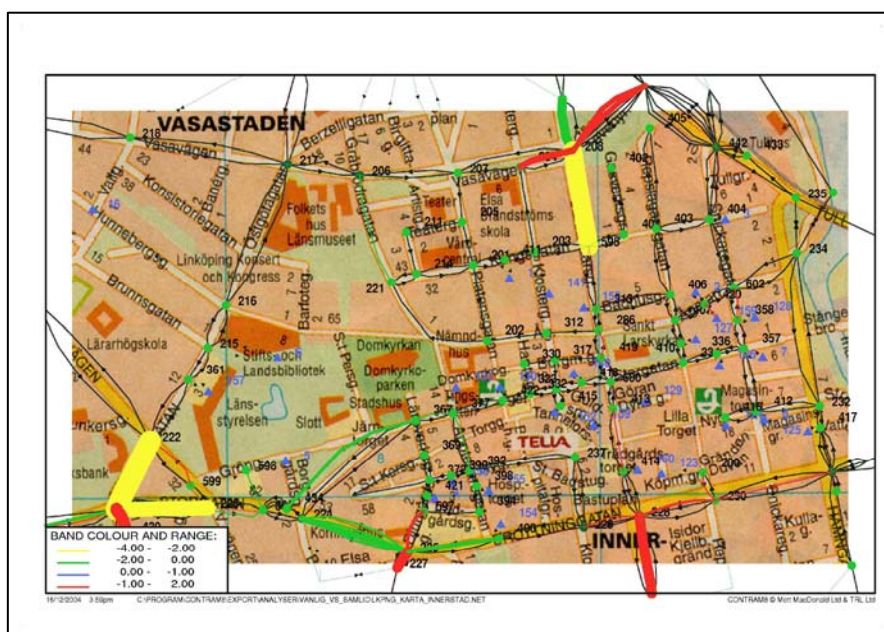
Figur 26 Presentation av skillnaderna i bilflöde mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC mellan klockan 10 och 15.

7.3.3 Skillnader i hastighet

Förändringen i distributionssystemet leder även till skillnader i hastighet och tidsåtgång på länkarna. De länkar där trafikflödet ökat förväntas skillnaderna i hastighet och tidsåtgång avspeglas så som lägre hastigheter och därmed ökad tidsåtgång medan länkar med minskad trafik väntas avspeglas med högre hastigheter och minskad tidsåtgång. Resultaten presenteras i figur 27 och figur 28 och är alltså en direkt följd av flödesförändringarna som vanlig distribution jämfört med distribution enligt SAMLIC-systemet ger upphov till. Av figurerna att döma kan det konstateras att de förväntade resultaten till största delen infrias. De delar där de förväntade resultaten inte infrias ligger i nära anslutning till trafikljusen. Trafikljus påverkar hastigheter och restider på ankommande länkar vilket antagligen bidrar till att de förväntade resultaten inte infrias.

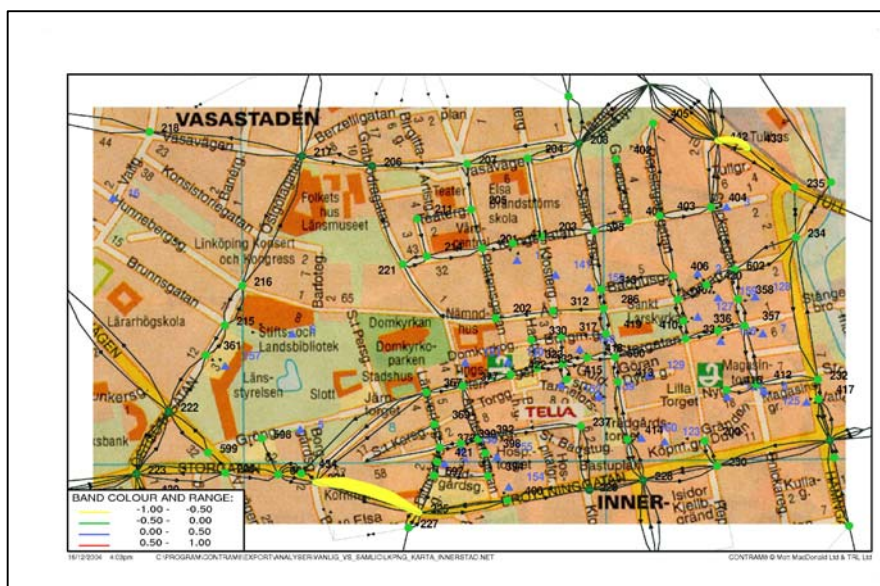


Figur 27 Presentation över hastighetsförändringarna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC mellan klockan 10 och 15.



Figur 28 Presentation över tidsskillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC mellan klockan 10 och 15.

Nära förknippat med tids- och hastighetsskillnaderna är även de köskillnader som uppkommer mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC. Skillnaderna i kö mellan dessa båda distributionssätt är inte så mycket att orda om. Enligt figur 29 uppstår endast en ökning av köandet med cirka ett fordon på två stycken länkar av hela innerstadens nätverk.



Figur 29 Presentation över köskillnaderna mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC mellan klockan 10 och 15.

7.3.4 Emissionsskillnader

Resonemanget för emissionsutsläppen som trafiken ger upphov till lyder på ungefär samma sätt som för skillnaderna i hastighet och tidsåtgång, avvikelserna här är dock att förflyttningen av lastbilar från de inre områdena märks av eftersom emissioner karakteristiska för lastbilar förflyttas. I en del fall förväntas det dock att skillnaderna i emissionerna ska vara tydligare som till exempel i fallet för partikelutsläppen från lastbilar, se bilaga 25. Anledningen till att en del förväntningar inte alltid förverkligas härrör till alla de faktorer som ingår i de komplexa formler som emissionsutsläppen beräknas utifrån i CONTRAM. Olika emissioner⁷ för lastbilar presenteras i bilaga 26. Som tidigare nämnts medför förändringen av lastbilars distributionsupplägg även skillnader för bilflödet. Dessa skillnader medför även förändringar i emissionsutsläppen för bilar. Skillnaderna i emissionsutsläpp för bilar presenteras i bilaga 27.

7.3.5 Reflektion

Vid en analys där simuleringsresultaten mellan vanlig distribution kontra distribution enligt PILOT och vanlig distribution kontra distribution enligt SAMLIC jämförs förefaller det som om att trafikeffekterna av samdistributionen enligt PILOT blir störst. Det vore mer rimligt om samarbete mellan fler parter (SAMLIC) än tre (PILOT) gav upphov till större effekter. Men det finns osäkerhet i det tillvägagångssätt som använts för att ta fram de data som är karakteristiska för själva PILOT- och SAMLIC-matrisen. Under rådande förhållanden kan det i alla fall konstateras att trafikeffekterna av samdistributionen för PILOT jämfört med vanlig distribution och SAMLIC jämfört med vanlig distribution generellt inträffar i samma områden men att storleken på förändringen inte alltid överrens-

⁷ I *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar* kan bland annat information fås om vilka hälsoeffekter olika emissioner har samt dess inverkan på vegetationen.
http://www.vv.se/filer/publikationer/2001_128-1.pdf

stämmer. Det kan fastslås att det viktiga trots allt är att trafikeffekter av samdistributionen finns samt till vilka områden dessa trafikeffekter kan lokaliseras och inte den kvantitativa förändringen. Om den kvantitativa förändringen hade varit i fokus skulle en mikrosimuleringsmodell behövt skapas där varje enskilt fordon kan följas minutiöst och inte ett program av mesokaraktär som CONTRAM är, där fordon symboliseras av paket.

7.4 Resultat

Analyserna av distribution som vanligt jämfört med distribution enligt PILOT och SAMLIC visar på att det finns fördelar med samdistribution. För de distributionslastbilar som kvarstår och på grund av sina leveranser måste åka i de inre delarna av city kommer framkomligheten att bli bättre eftersom lastbilsflödet minskar med samdistribution. Minskat lastbilsflöde i city bidrar även till att samverkan mellan människor och lastbilsfordon minskar centralt vilket kan leda till färre olyckor. Minskat lastbilsflöde leder troligen till att city även upplevs attraktivare av allmänheten. Ytterligare en effekt som samdistributionen medför är att emissionsutsläppen för lastbil reduceras.

Eftersträvas en faktisk reduktion av allt fordonsflöde i city behöver samdistributionen kompletteras med andra åtgärder. Exempel på andra åtgärder att införa är att förbjuda fordonstrafik eller att införa hastighetsdämpande åtgärder genom ren förändring av skyltad hastighet eller genom förändrad vägmiljö. En kombination av dessa åtgärder skulle även kunna införas där några vägavsnitt blir skyltade med fordonstrafikförbudet och några vägavsnitt åtgärdas med hastighetsdämpande åtgärder. Det beror på att analyserna visar på att det för en del vägavsnitt med reducerat lastbilsflöde sker en ökning av bilflödet och då har ingen faktisk reduktion av fordonsflödena inträffat.

Samdistribution leder även till en positiv förändring av total leveranstid, restid och antalet stopp det vill säga en positiv förändring av transporteffekterna. Den totala leveranstidsbesparingen blir 14 %, restidsbesparingen blir 26 % och stoppbesparingen blir 31 %.

Sammanfattningsvis kan det fastslås att samdistribution av stycke gods till Linköpings city genererar positiva transport- och trafikeffekter.

7.5 Felkällor

I det här delkapitlet följer en presentation av de felkällor som finns. Delkapitlet är indelat i olika avsnitt där felkällor för respektive avsnitt behandlas.

7.5.1 PILOT-databasen

I samband med insamling av data uppstår fel och så är även fallet med insamlingen av PILOT-data. I PILOT-projektet har tre olika distributionsföretag deltagit och vart och ett av distributionsföretagen har haft minst en chaufför inblandad. Chaufförerna har sedan sin egen syn på hur tider såsom ankomst, avgång och väntetid ska registreras. Det medför att registreringen även utförts på olika sätt. I chaufförernas redan pressade arbetsdag blev denna registrering ytterligare ett arbetsmoment att utföra och under de fältstudier som examensarbetarna utförde uppdagades det att dessa tider ibland blev uppskattade och ditskrivna i efterhand.

Efter avklarad tur lämnade sedan chaufförerna över sina registreringar till en person vars uppgift var att sammanställa informationen i en databas. Det medför

att ytterligare en person tolkat informationen innan examensarbetarna tagit del av den.

I flera av databasens poster fanns onormalt stora restider mellan olika leveransadresser registrerade. Dessa värden har justerats då belägg finns från originalregistreringen eller om uppenbara fel funnits. Med uppenbara fel avses restider där sannolikheten är hög att lunch förekommit. Kvar i databasen finns poster med relativt höga restider eftersom det inte funnits belägg att ändra dessa. Anledningen till att de höga restiderna finns där kan vara att gods distribuerats innanför och sedan utanför det område som definierar city för att sedan distribueras innanför området igen. Då distributionsförfarandet utförs på det här sättet medför det även större svårigheter för chaufförerna att komma ihåg vilka stopp som är innanför området och att en registrering av de olika tiderna ska ske. Det här förfarandet medför en ökad risk för uppskattade tidsangivelser.

7.5.2 Slangmätningar

Slangmätningarna är även en källa till osäkerhet. Tidigare i rapporten har osäkerheten med motorcyklar vidrörts men vid bearbetningen av slangmätningdata uppdagades det att skillnaderna i mängden bilar mellan olika vardagar vid samma klockslag kunde variera avsevärt. Ett exempel på detta är hämtat från slangmätningen av bilflödet på vägavsnittet mellan Hamngatan och Repslagaregatan på Drottninggatan mellan klockan 9 och 10 för måndag till fredag. Bilflödet ser då ut enligt följande, 413, 316, 317, 295 och 331 stycken. Anledningen till denna variation i reseefterfrågan för biltrafiken under veckan är svår att sia om då reseefterfrågan för biltrafiken är beroende av en mängd olika faktorer så som rådande väderförhållanden, tillgång på olika transportmedel och aktiviteter att utföra under resterande dag för den enskilde individen.

Utöver dessa faktorer som påverkar resandet finns även begivenheter som påverkar reseefterfrågan som till exempel olika mässutställningar, skollov eller sportevenemang. Enligt Elinor Josefsson, trafikingenjör på Linköpings kommun, tas det ingen hänsyn till olika begivenheter då slangmätningssutrustningen läggs ut på vägavsnitten. Det leder till att slangmätningensresultaten innehåller ett mått av osäkerhet men det är det bästa vi har att tillgå och det är dessa resultat vi planerar efter (Josefsson, 2004).

Ett sätt att försöka minska den osäkerhet som slangmätningarna är förenade med är att själv uppsöka de platser som slangmätningarna var belägna på och utföra manuella fordonsberäkningar. Denna metod har inte tillämpats på grund av att resultaten från slangmätningarna bedöms som tillräckligt tillförlitliga av kommunen att planera sin verksamhet efter samt av tidsmässiga skäl. Ytterligare en anledning att en sådan kontroll inte utförts är att den ursprungliga OD-matrisen i sig även är förenad med osäkerhet (mer om detta i avsnitt 7.5.3). Det medför att en osäkerhet alltid kommer att finnas även om det finns en kunskap om ett exakt antal fordonspassager utmed ett vägavsnitt.

7.5.3 Nätverk och OD-matris

Det ursprungliga nätverket avbildade hela Linköpings stad och OD-matrisen beskrev reseefterfrågan för alla motorfordon över hela staden under hela dygnet en så kallad dygnsmatris. Reseefterfrågan i den ursprungliga OD-matrisen är även uppbyggd av att reseefterfrågan mellan två zoner, X och Y, är samma som för reseefterfrågan mellan Y och X. Det här förhållandet verkar rimligt för en dygns-

matris men inte så troligt för en timsuppdelad OD-matris där de viktiga timmarna för distribution av styckegods avses. Denna egenskap från den ursprungliga OD-matrisen finns alltså med i de OD-matriser som är baserade på den ursprungliga OD-matrisen.

Det kan även tilläggas att det finns en senare version av nätverket och OD-matrisen att tillgå. Denna version fanns dock inte i CONTRAM-format, men vid en undersökning av denna ansågs det inte nödvändigt att byta till den senare versionen med tanke på att inga flödesskillnader i OD-relationerna och inga uppdateringar av nätverket för centrum samt dess närmaste omnejd fanns. Allt merarbete det skulle medföra att utföra den då nödvändiga omvandlingen mellan de olika programformaten talade även för att det tillgängliga nätverket och för att OD-matrisen i CONTRAM-format skulle användas. Det kan poängteras att nätverket ändå bara använts som grundstomme eftersom ett omfattande arbete lagts ner på att förfina nätverket då det ursprungligen var för grovt.

Den grova indelningen av nätverket och av OD-matrisen var allt för stor för att det skulle finnas en möjlighet att uppfylla syftet med examensarbetet. Tillvägagångssättet med att fördela reseefterfrågan från den ursprungliga OD-matrisen mellan nya OD-matriser som beskriver reseefterfrågan för olika fordonskategorier medför dock en stor osäkerhetsfaktor. Osäkerhetsfaktorn ligger i hur bra det ursprungliga nätverket och OD-matrisen beskriver verkligheten med tanke på att det inte är den senaste versionen samt att frågor som hur reseefterfrågan i OD-matrisen tagits fram inte har besvarats fullt ut. Troligen härstammar OD-matrisens reseefterfrågan från olika resvaneundersökningar som sedan uppdaterats med data från olika slangmätningar likt beskrivningen i avsnitt 4.2.1. En resvaneundersökning är i sin tur förknippad med ett visst mått av osäkerhet. Det finns en viss risk att personer som fyller i enkäten inte gör det helt sanningsenligt. De kan ha insett att svarar de att de inte trafikerar vägen tillräckligt ofta, kan det leda till att vägavsnitten inte prioriteras trots alla dessa hålor i asfalten som behöver ordnas till för en behagligare bilfärd när de väl trafikerar vägavsnitten. Dessutom beror osäkerheten på att slangmätningarna även är förenade med olika fel, se avsnitt 7.5.2. De OD-matriser som beskriver reseefterfrågan för PILOT- respektive SAMLIC-distribution innehåller även de osäkerheter. SAMLIC-matrisen innehåller till exempel uppskattad reseefterfrågan, visserligen av en väl insatt person men måste ändå klassas som en osäkerhetsfaktor.

Med de data som har funnits att tillgå blir den finaste fördelningen av reseefterfrågan på timnivå och med de osäkerhetskällor som finns kan det knappast bli aktuellt att försöka skapa en finare fördelning av reseefterfrågan. Det medför att det normala distributionsbeteendet, där lastbilen anländer till en lossningsplats och inte åker till nästa lossningsplats förrän lossningen på den första platsen är avslutad, inte kan garanteras eftersom nätutläggningen i CONTRAM utförs genom att reseefterfrågan läggs ut med hänsyn taget till all reseefterfrågan i nätverket.

7.5.4 Simuleringsfelkällor

Verkligheten kan inte modelleras exakt. Med en modell försöker man dock uppnå en så bra avbild av verkligheten som möjligt. Modellen i det här fallet innehåller förenklingar som medför en del felaktigheter. Det finns till exempel mer faktiska leveransadresser än de som använts i simuleringsmodellen samt att ljussignalerna i verkligheten är signalprioriterade för bussar och beroende av storleken på

fordonsflödet på de anländande vägarna, så kallad trafikstyrda signaler. Ytterligare en simuleringsfelkälla är att CONTRAM:s inbyggda modeller för beräkning av olika utsläppshalter vanligtvis inte brukar användas i Sverige. Det beror på att dessa inte blivit kalibrerade efter de svenska förhållandena.

7.5.5 Reflektion

Mot bakgrund av vad som kunnat läsas i delkapitel, 7.5, framgår det att det finns felkällor. Det medför att man inte kan förvänta sig att ett införande av samdistribution får exakt de konsekvenser som beskrivs i något av delkapitlen 7.2 och 7.3. De delar som troligen kommer stämma bäst överrens om samdistributionen införs är antagligen trenderna med minskning respektive ökning av trafikflödena samt de konsekvenser denna minskning eller ökning ger upphov till. De kvantitativa skillnaderna är svåra att säga något om just på grund av de felkällor som finns.

8 Diskussion och avslutande kommentarer

CONTRAM innehåller inte något gränssnitt, interface, som stödjer en implementering av, för inriktningen av arbetet, viktiga metoder som programmet inte självt innehåller. Det betyder att CONTRAM inte innehåller något application programming interface, AIP, vilket har medfört svårigheter med att bland annat utföra den djupgående analysen av indata som beskrevs i Chengs tredje steg i delkapitel 4.2. Med en annan programvara än CONTRAM skulle en djupare analys av indata kunna utföras. Ett exempel på en sådan programvara är AIMSUN/2. AIMSUN/2 är ett mikrosimuleringsprogram med ett stödjande API som ger möjlighet att styra programmet via metoder skrivna i programmeringsspråket C++. Då det tidigare pekades på hur AIMSUN/2 skulle medföra att en djupare analys av indata skulle kunna utföras bör det exemplifieras. I AIMSUN/2 finns det stöd för att för varje, eller i alla fall de viktigaste leveransadresserna, kunna ta fram fördelningskurvor för tidsåtgången vid en leveransadress och sedan tilldela ett slumpantal, en slumpetid, från denna fördelning till det distributionsfordon som anländer till leveransadressen. Slumptiden avgör sedan hur länge distributionsfordonet får vänta tills godset lämnats. PILOT-databasen med dess cirka 5 000 poster, motsvarande 42 stycken arbetsdagar, ger här en god grund för fördelningarna samtidigt som det finns data från för- och efterstudier som kan beskriva dessa fördelningskurvor.

I CONTRAM och den tidsindelning som var möjlig att utföra här kan det endast bestämmas att ett distributionsfordon ska avgå mellan till exempel klockan 14 och 15. När fordonet sedan avgår bestämmer CONTRAM själv med hänsyn taget till övriga flöden i nätverket när det är dags att skicka iväg flödespaketet. Det här uppträdandet medför svårigheter att kontrollera vad som sker i nätverket. Det kan inträffa att det som i verkligheten är en distributionstur där tre lossningsplatser ska besökas i tur och ordning under en timma i CONTRAM, simuleras som att tre lastbilar samtidigt rör sig till de tre olika lossningsplatserna, eftersom det är bäst med hänsyn taget till övriga flöden i nätverket. Då varje fordonsrörelse i nätverket påverkar andra fordonsrörelser är detta förfarande inte så angenämt. Det kan ändå tänkas att eftersom principen för OD-matriserna hela tiden är upplagda efter samma mönster tar detta i slutändan ut varandra. Med ovanstående resonemang i åtanke är det lätt att inse att mikrosimuleringsförfarandet med olika fördelningskurvor över lossningstiden på de olika lossningsplatserna leder till en bättre avspeglning av verkligheten vad det gäller distributionsförfarandet men även de verkliga variationerna i lossningstid. Variationerna i lossningstid är beroende av olika faktorer såsom godsstorlek och väntetider på grund av köbildning då flera distributörer lossar samtidigt. Det finns även en möjlighet att basera fördelningskurvorna på data som beskriver olika säsongsvariationer om intresse finns att undersöka sådana samband istället för att som i detta fall få resultatet i någon form av statisk medeldistributionsdag.

Med mikrosimulering ges den fördelaktiga möjligheten att enstaka fordon kan följas samt en möjlighet att kunna manipulera dem. Möjligheten att följa enstaka fordon för då med sig den effekten att total distributionstid, restid och tiden för lossning kan särskiljas. Fordonen skulle kunna manipuleras utefter de kunskaper som förvärvades under fältstudierna, till exempel hur lossningszoner användes av felparkerade bilar och hur distributionsfordonen stannade utmed gatan och på sina ställen med två hjul uppe på trottoaren eller cykelbanan. Dessa typer av problem kan inte tas upp i en mesomodell som CONTRAM eftersom enskilda fordon ej

modelleras. Men dessa problem finns och de orsakar problem i trafikrytmen för motordrivna fordon, gångare och cyklister. Med en mikrosimuleringsmodell finns även möjligheten att visa upp själva simuleringsanimeringen. Det kan resultera i en ökad förståelse för de problem som finns hos olika beslutsfattare som då lättare kan påverka att en förändring äger rum. Nackdelen med mikrosimulering är dock den tidsmässiga aspekten. Om det varit aktuellt att utföra en mikrosimulering över samdistribution inom ramen för ett examensarbete skulle det medföra att det redan fanns ett befintligt mikrosimuleringsnätverk över Linköping.

Att utsläppshalterna av miljöfarliga ämnen reduceras i innerstaden är viktigt för att olika uppsatta miljömål ska kunna hållas. Det är först då man uppnått tillräckligt goda nivåer på utsläppen som det blir tillåtet att till exempel utföra flera byggnationer inom city. Med anledning av de utsläppshalter som är aktuella i Linköpings innerstad har ett resonemang om införande av olika typer av miljözoner förts inom Linköpings kommun. Detta resonemang ligger i väntan på SAMLIC-projektets införande på is och man hoppas att projektet ska klara av att hålla utsläppshalterna av miljöfarliga ämnen från distributionstrafiken på en lägre nivå utan inblandning av kommunala beslut (Möte, 2004).

Resultaten från simuleringarna visar också på att man med hjälp av samdistribution kan få en positiv förändring av emissionsutsläppen. Det bör lyftas fram att simuleringsresultaten av emissionsutsläppen för distributionslastbilarna är baserade på dieseldrivning. På längre sikt när SAMLIC införlivats är det meningen att de dieseldrivna distributionsfordonen som är knutna till SAMLIC ska bytas ut mot biogasdrivna lastfordon. Biogasdrivna fordon är i fokus för den miljömässiga riktlinje som Linköpings kommun håller och redan nu drivs stadsbussarna och flera av kommunens tjänstebilar av biogas (Möte, 2004). Med biogasdrivna lastfordon hoppas man kunna nå en ännu större positiv förändring av utsläppshalterna av miljöfarliga ämnen orsakade av distributionstrafiken. Anledningen till att ett SAMLIC med biogasdrivna distributionslastbilar inte har simulerats beror på att CONTRAM inte innehåller några modeller för denna beräkning då emissionsfaktorer för biogasfordon saknas. Det kan för övrigt nämnas att de modeller för beräkning av utsläppshalter som CONTRAM använder normalt sätt inte används i Sverige eftersom de inte är kalibrerade för svenska förhållanden.

I Sverige används till exempel EVA-modellen (Vägverket, 2001) för beräkning av olika utsläppshalter. Mot bakgrund av detta kan man fråga sig hur resultaten från de olika modellerna ter sig vid en jämförelse. Enligt den utredning om CONTRAM:s avgasberäkning som utförts av Hammarström (2003) påvisas en del brister och med anledning av detta skulle det, om möjligt, vara intressant att använda den nätutläggning som CONTRAM ger upphov till i ett annat program med andra modeller för avgasberäkningar som till exempel EVA-modellen. Att utföra ett sådant arbete ryms inte inom ramen för detta examensarbete men skulle vara en intressant vidareutveckling av det arbete som utförts.

Andra intressanta aspekter på en vidareutveckling av arbetet är som tidigare nämnts att bygga en mikrosimuleringsmodell men även att använda den befintliga modellen som nu skapats och utföra olika förändringar i nätverket. Byggs en mikrosimuleringsmodell skulle det vara intressant att jämföra resultaten av den statistiska modelleringen med resultaten från mikrosimuleringsmodellen beträffande total distributionstid och restid. Nätverket i den befintliga modellen skulle till exempel kunna förändras genom att införa strängare fordons- och/eller hastighetsrestriktioner. Nära till hands ligger dock att utföra en simulering för att

se konsekvenserna av den föreslagna hastighetssänkningen till 30 km/h för hela innerstadsområdet inklusive stora delar av Drottninggatan som presenteras i *Trafiknätsanalys för Linköping* (Teknik- och samhällsbyggnadsnämnden, 2003). I ett större perspektiv skulle nätverket kunna förändras så att det beskriver förslag på framtida förändringar i vägnätet. Simuleras sedan detta skulle simuleringsresultaten kunna användas som beslutsunderlag för vilken vägnätsförändring som trendmässigt sätt, bäst överrensstämmer med den förändring av till exempel fordonsflödet man vill uppnå. Utöver förändringarna i nätverket kan även olika förändringar i reseefterfrågan utföras. Reseefterfrågan kan till exempel beräknas med hjälp av olika prognoser så att de beskriver framtida efterfrågan. Det finns inget som hindrar att simuleringar utförs som kombinationer av nätverks- och reseefterfråganförändringar.

I det stora hela kan det konstateras att intresset för samdistribution av gods är stort och att flera olika samdistributionsprojekt initierats inte bara i Sverige utan även i övriga världen. Resultaten från dessa studier liksom även från det här projektet pekar på att det finns vinster som till exempel färre transportfordon i omlopp och därmed minskad miljöförstöring, färre antal leveransstopp under en distributionstur samt större godsvolym vid leveransstoppet med samdistribution. Emissionsresultaten från de simuleringar som utförts i den här studien visar på att en reduktion av emissionsutsläppen sker vid samdistribution något som inte helt klart kunde visas i den studie som utfördes över Borlänge, Gagnef och Sätters samdistribution av livsmedel. I SAMTRA-projektet som utfördes i Uppsala uppdagades det att samdistributionen resulterade i färre fordon samt minskat antal leveransstopp. Körsträckan minskade även i SAMTRA-projektet. Minskad körsträcka med samdistribution uppdagades även av de inblandade leverantörerna i Linnøområdet i Göteborg. Den här studien visar på att en reduktion av antalet stopp, stoppbesparing, på 31 % och en körsträckebesparing på 26 %. Trots vinsterna med samdistributionen har flera samdistributionsprojekt fått läggas ner och en bidragande orsak till detta har varit de svårigheter som tillkommer vid implementeringsfasen av den långsiktiga samdistributionen. Svårigheter som måste lösas för att en långsiktig samdistribution mellan olika distributionsföretag ska kunna utföras är att man enas om vilka avropskriterier som ska användas gentemot kund, betalningsstrategier mot kund och mellan distributionsföretagen, försäkringsfrågor, ansvarsfördelning samt frågor rörande fördelningen av vinsterna. Ytterligare en viktig aspekt är att alla distributionsföretag, stora som små, ska kunna delta i samdistributionen så att det inte blir ett samfund endast för några få premierade distributionsföretag vilket skulle kunna leda till en begränsad konkurrenssituation. Inom SAMLIC-projektet har ovanstående och liknande frågor diskuterats med inblandade och berörda parter vilket mynnat ut i ett beslut om att ta hjälp från en utomstående konsult under våren 2005. På så sätt hoppas man kunna finna lösningar till problemen innan den långsiktiga samdistributionen i Linköping initieras.

9 Referenslista

Litteraturreferenser

- Archer, Jeffery (2003). **Föreläsning i kursen Trafiksimulering med mesomodeller 5p, Mikrosimulering**, 25–28 november och 9–12 december 2003.
- Banks, Jerry & Carson, John.S.II & Nelson, Barry L (1998). **Discrete – Event System Simulation** Prentice Hall.
- Bång, Karl-Lennart (2003). **Overview of modeling techniques**. Kursmaterial i kursen Trafiksimulering med mesomodeller 5p 25–28 november och 9–12 december 2003⁸. (Karl-Lennart Bång är professor vid Kungliga Tekniska Högskolan Avdelningen för Trafik och logistik).
- Cykelkarta (2002). Kommunlantmäteriet, Linköping
- Davidsson, Fredrik & Aakre, Arvid & Refsnes, Henki & Taylor, Nicholas (2004). **Manual for CONTRAM and MATRIX Modelling** projektnummer AL 80 B96:9964.
- Eriksson, Jan & Svensson, Tomas (2003). **Samordnad varudistribution i städer – konferensbidrag**. VTI notat 54-2003. Linköping 2003.
- Fors, Tobias & Fredholm, Olof (2005). **Effektivare transporter med samdistribution**, LiTH-ITN-KTS-EX--05/001--SE, Linköpings tekniska högskola.
- Hammarström, Ulf (2003). **CONTRAM 8, avgasberäkning VTI**.
- Holmberg, Bengt & Hydén, Christer (1996). **Trafiken i samhället. Grunder för planering och utformning**. Studentlitteratur.
- Kelton, David & Sadowski, Randall & Sadowski, Deborah (2002). **Simulation with Arena** McGraw-Hill.
- Ljung, Lennart & Glad, Torkel (1991). **Modellbygge och simulering**. Studentlitteratur.
- Lundgren, Jan (2003a). **Trafikinformatik TNK057**. Föreläsning 2003-10-28.
- Lundgren, Jan (2003b). **Trafikinformatik TNK057**. Föreläsning 2003-11-12.
- Lundgren, Jan (2003c). **Kursmaterial TNK057**. Trafikinformatik del 1.
- Lundgren, Jan och Peterson, Anders (2003). **Dynamisk nätutläggning (Contram). Trafikinformatik TNK057**. Laboration 2003-11-12.
- Malmberg, Jenny (2001). **DIALOG En tidning från Linköpings kommun**. Nr 4 2001.
- Matstoms, Pontus (2004). **Trafiksimulering TNK082**. Föreläsning 1, 2004-01-19
- Nationalencyklopedin (1998). CD-ROM v 2.0 Bokförlaget Bra Böcker AB.
- Taylor, Nicholas (2003). **Networks and Spatial Economics 3** kapitlet om "The CONTRAM Dynamic Traffic Assignment Model" sidorna 297–322.
- Teknik- och samhällsbyggnadsnämnden (2003). **Trafiknätsanalys för Linköping**. Remissupplaga 2003-11-19.
- Telefonkatalogen (2004). Bakgrundskarta.
- TFK – Institutet för transportforskning (2001). **Miljöeffekter av samordnad livsmedelsdistribution i Borlänge, Gagnef och Säter**. Vägverket Publ. 2001:12
- Tillander, Tage (2003). Scandiaconsult CONTRAM kurs KTH november-december 2003⁹.

⁸ Material hämtat från en doktorandkurs given av KTH under år 2003.

⁹ Material hämtat från en doktorandkurs given av KTH under år 2003.

- VTI (2003). **VTI i ord och siffror för 2003** – utdrag ur årsredovisning för Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- White, Chris & MacDonald, Mott & Gordon, Andrew & Finney, Sean & Sharpe, Tony & Taylor, Nicholas (2002). **CONTRAM8 user manual**.

Elektroniska referenser

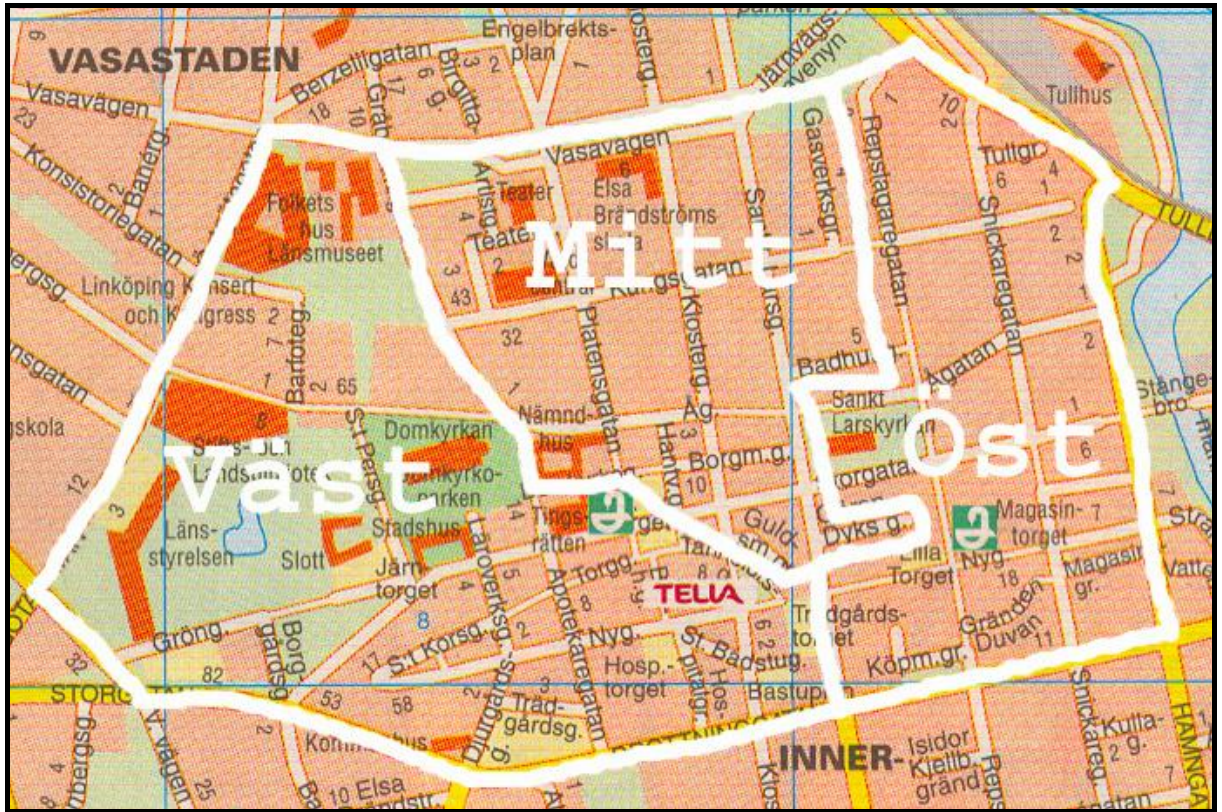
- BESTUFS – Best Urban Freight Solutions (2004). Project co-ordinator: PTV Planung Transport Verkehr AG (DE) <http://www.bestufs.net/contents.html> (2004-10-04).
- Cheng, Russel (2002). *Panel on current issues in simulation input modelling* <https://www.ida.liu.se/~TDDB75/index.html> (2004-08-26).
- Eriksson, Jan (2004a). http://www.vti.se/samlic/nyhetsbrev/samlic_vtiartikel.htm (2004-08-25).
- Eriksson, Jan (2004b). <http://www.vti.se/samlic/projektledning/projektdeltagare.htm> (2004-08-25).
- Eriksson, Jan (2004c). <http://www.vti.se/samlic/projektfinansiering.htm> (2004-08-25).
- Eriksson, Jan (2004d). [http://www.vti.se/samlic/pilot-filer/281,17,Bild 17](http://www.vti.se/samlic/pilot-filer/281,17,Bild%2017) (2004-08-25).
- IDA (2004) Shannon, R.E. *Systems simulation: The art and science 1975* [https://www.ida.liu.se/~TDDB75/Forelasningsanteckningar/tddb75_2004_lect 1.pdf](https://www.ida.liu.se/~TDDB75/Forelasningsanteckningar/tddb75_2004_lect1.pdf) (2004-08-30).
- Law, Averill och McComas, Michael (2001). *How to build valid and credible simulation models* <https://www.ida.liu.se/~TDDB75/index.html> (2004-08-26).
- Leemis, Lawrence (2001). *Input modeling techniques for discrete-event simulations* <https://www.ida.liu.se/~TDDB75/index.html> (2004-08-26).
- Ljungberg, David., Gebresenbet, Girma och Eriksson, Henrietta (2002). *SAMTRA-samordning av godstransporter* Publ 2002:45 http://www.bt.slu.se/lt_old/Rapporter/Ra249/Report249.pdf (2004-10-04).
- Pettersson, Mona (1999). *Innerstadens varudistribution – förutsättningar för en samordnad distribution* Chalmers Tekniska Högskola http://ugis2.arch.chalmers.se/jocke/stadtrafik/dokument/1999_Pettersson_Innerstadens_varudistribution-forutsattningar_for_en_samordnad_distribution.pdf (2004-10-04).
- Steins, Krisjanis (2004). Simuleringsprojekt TDDB75 Föreläsning 5 <https://www.ida.liu.se/~TDDB75/index.html> (2004-08-26).
- Turistbolaget (2004). http://www.turistbolaget.se/linkguiden/linkguidensvensk/sidor/linkoping_10_21_screen.pdf (2004-10-15).
- VV-publikation (2004). *Vägars och gators utformning (VGU) 2004:80* kapitlet om Trafiksignaler <http://www.vv.se/filer/publikationer/05%20Styrteknik.pdf> (2004-12-02).
- VTI (2004). <http://www.vti.se/omvti/omvti.asp> (2004-08-24).
- Vägverket (2001). VV Publ. nr 2001:128 http://www.vv.se/filer/publikationer/2001_128-2.pdf.
- Östgotatrafiken (2004). <http://www.ostgotatrafiken.se/FrameDefault.asp?toStartPage=true&startpageID=1818>(2004-11-08).

Muntliga referenser

- Anonym (2004). Lastbilschaufför, diskussion kring gällande lossningsadresser samt hur olika vägavsnitt med skyltad fordonsbegränsning verkligen trafikeras (2004-10-21).
- Hägg, Magdalena (2004). Linköpings kommun, information kring lastplatsers lokalisering i Linköpings city (2004-09-21).
- Ivung, Kjell (2004). Linköpings kommun, signalplaner (2004-10-29).
- Josefsson, Elinor (2004). Trafikingenjör Linköpings kommun (2004-09-21).
- Karlsson, Bo (2004). Östgötatrafiken, förfrågan om busstidtabeller, (2004-10-20)¹⁰.
- Kånge, Olof (2004). Alltransport, diskussion om upplägget av OD-matrisen för SAMLIC, (2004-12-02).
- Möte (2004). Närvarande på mötet var bland annat Jan Eriksson, Olof Kånge, Helena Kock Åström, Marianne Cedervall, Örjan Engström, Tobias Fors, Olof Fredholm och Anna-Maria Lång (2004-11-16).
- Schandersson, Rein (2004). Forskningsledare VTI, diskussion kring slangmätningstrustningens registrerande av motorcyklar och cyklar, (2004-09-27).

¹⁰ Datum anger när informationen överlämnades.

Presentation av områdesindelningen



Uppgifter om turen

Datum:
Bilnummer:
<input type="checkbox"/> dagens första tur <input type="checkbox"/> dagens andra tur

Mätarställning vid första lastplatsen:
Mätarställning vid sista lastplatsen:
Alternativ till mätarställningarna - total körsträcka mellan första och sista lastplatsen:

Rast mellan klockan:	och
Rastplats:	

Rast mellan klockan:	och
Rastplats:	

Uppgifterna vi efterfrågar är viktiga för datorsimuleringar av turen. Total körsträcka behövs för att upptäcka fel i simuleringarna (t ex att någon trafikrestriktion saknas i datormodellen). Uppgifterna om rast behövs för att dessa ska kunna läggas in i modellen på samma sätt som för övriga stopp.

Uppgifter om skador, saknat gods mm...
<input type="checkbox"/> inget sådant har inträffat <input type="checkbox"/> skada noterad

Denna blankett lämnas efter turen till Birger

Presentation av ett utdrag ur databasen

Datum	Område	Tur	Väntat	Ankomst	Lämnat	Akeri	Mottagare	Lossningsadress	Nr	Kolli	Vikt
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Posten	JC	Nygatan	22	13	
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Schenker	Kicks Kosmetik	Nygatan	22	1	1
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Posten	Scorett	Nygatan	22	1	
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Schenker	Scorett	Nygatan	22	13	126
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	DHL	Sisters	Nygatan	22	1	3
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Schenker	Sportmagasinet	Nygatan	22	1	4
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Schenker	Sportmagasinet	Nygatan	22	1	4
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Schenker	Sportmagasinet	Nygatan	22	1	2
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Schenker	Wear it	Nygatan	22	4	24
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	DHL	Wedins	Nygatan	22	1	2
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	DHL	Wedins	Nygatan	22	1	2
2004-05-10	Öst	1	5	10:30	11:50	Posten	Wedins	Nygatan	22	16	
2004-05-10	Öst	1		12:00	12:05	Schenker	Hälsokraft	S:t Larsgatan	31	8	81
2004-05-10	Öst	1		12:15	13:15						
2004-05-10	Öst	2		14:00	14:05	Posten	Åqvist Data	Ågatan	18	1	
2004-05-10	Öst	2		14:00	14:05	Posten	Åqvist Data	Ågatan	18	5	
2004-05-10	Öst	2		14:10	14:15	DHL	Föreningsparbank	Ågatan	27	1	123
2004-05-10	Mitt	1		10:57	11:10	Schenker	Försäkringskassan	Klostergatan	19	2	10
2004-05-10	Mitt	1		10:57	11:10	Schenker	Försäkringskassan	Klostergatan	19	1	14

Presentation av formel samt beräkningsgång för statistisk modellering

Formel:

1) Stoptid = α + antalet kunder vid stoppet * β

2) Totaltid = antal stopp * (medelrestid till stoppet + α + medelantal kunder vid stoppet * β)

Formlerna är framtagna av Jan Eriksson(handledare), VTI för projektets ändamål.

Beräkningsgång:

Stoptid och antalet kunder vid stoppet beräknades utifrån PILOT-data. Med hjälp av linjär regressionsanalys skattades sedan α och β , formel 1. Sedan användes formel 2 för att ta reda på totaltiden. Totaltiden för ej samdistribution baseras på PILOT-data och på efterstudiedata, vilket medför att man kan jämföra totaltiden mellan de olika distributionssätten.

Samdistribution

$$\alpha = 2.13057$$

$$\beta = 4.739941$$

$$\sum \text{Stopp} = 119$$

$$\sum \text{Restid} = 304$$

$$\sum \text{Kunder} = 302$$

$$\text{Medelrestid till stopp: } \frac{304}{119}$$

$$\text{Antal kunder i medeltal vid stopp: } \frac{302}{119}$$

$$\text{Total tid: } 119 * \left(\frac{304}{119} + 2.13057 + \frac{302}{119} * 4.739941 \right) = 1989 \text{ minuter}$$

EJ Samdistribution

$$\alpha = 2.13057$$

$$\beta = 4.739941$$

$$\Sigma \text{Stopp} = 169 \quad \Sigma \text{Stopp} = 70; \quad \text{Efterstudie}$$

$$\Sigma \text{Restid} = \text{Saknas} \quad \Sigma \text{Restid} = 294; \quad \text{Efterstudie}$$

$$\Sigma \text{Kunder} = 302$$

$$\text{Medelrestid till stopp: } \frac{294}{70}$$

$$\text{Antal kunder i medeltal vid stopp: } \frac{302}{169}$$

$$\text{Total tid: } 169 * \left(\frac{294}{70} + 2.13057 + \frac{302}{169} * 4.739941 \right) = 2501 \text{ minuter}$$

Sammanställning

Samdistribution		Ej samdistribution		Efterstudie	
Vecka	9	Vecka	9		
Kunder	302	Kunder	302	Kunder	–
Restid	304	Restid	–	Restid	294
Stopp	119	Stopp	169	Stopp	70

Skattade parametrar

α	2,1
β	4,7

Total tidsåtgång

Vecka	9
Samdistribution (min)	1 989
Ej samdistribution (min)	2 501
Tidsbesparing (%)	20

Restid

Beräkning av restid för ej samdistribution: $169 * \frac{294}{70} \approx 710 \text{ min}$

Beräkning av restidsbesparingen: $1 - \left(\frac{304}{710} \right) \approx 57 \%$

Restidsbesparing (%)	57
-----------------------------	----

Sammanställning av statistisk modellering 2

Samdistribution

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kunder	371	292	272	362	370	349	307	288	301
Restid	475	397	320	419	385	395	407	413	309
Stopp	149	109	102	133	137	112	115	105	119

Ej samdistribution

Efterstudier

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9			1	2
Kunder	371	292	272	362	370	349	307	288	301		Kunder	-	-
Restid	-	-	-	-	-	-	-	-	-		Restid	248	131
Stopp	208	156	136	193	191	178	173	158	168		Stopp	78	46

Skattade parametrar

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	2,5	4,6	4,3	4,8	3,6	6,6	2,6	3,2	4,9
β	4,8	3,9	3,5	3,7	4,1	2,7	4,5	4,7	3,7

Total tidsåtgång

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Samdistribution (min)	2 633	2 071	1 706	2 457	2 408	2 067	2 103	2 116	2 004		
Ej samdistribution (min)	2 934	2 363	1 942	2 909	2 796	2 646	2 369	2 349	2 446		
Tidsbesparing (%)	10,3	12,3	12,2	15,5	13,9	21,9	11,2	9,9	18,1	Medel:	14

Restid

Formel för beräkning av restid för ej samdistribution:

$$\text{Restid}_{\text{ej samdistribution}} = \text{antal stopp för respektive vecka} \times \left(\frac{\sum \text{restider från efterstudierna}}{\sum \text{antal stopp från efterstudie}} \right)$$

Exempel:

$$\text{Restid}_{\text{ej samdistribution, vecka 1}}: 208 \times \left(\frac{248 + 131}{78 + 46} \right) = 636$$

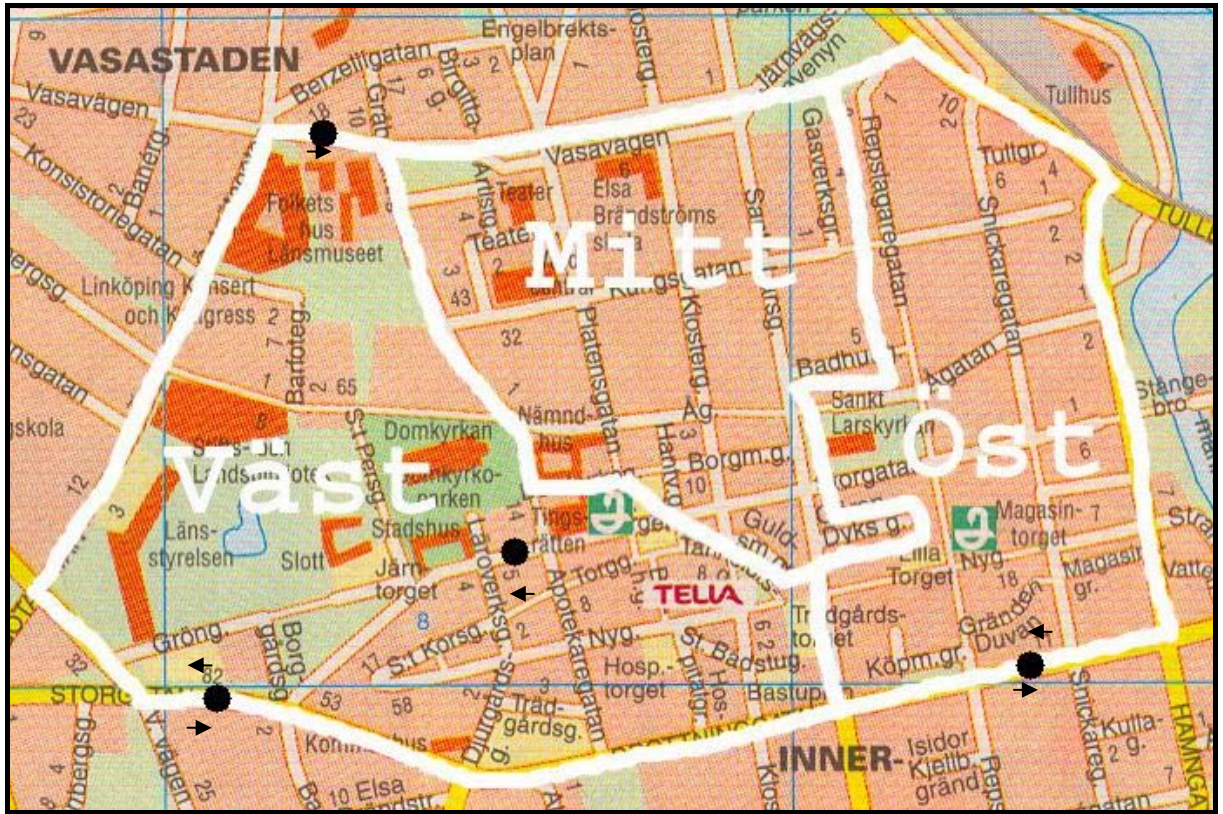
Restid

Vecka	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Samdistribution (min)	475	397	320	419	385	395	407	413	309		
Ej samdistribution (min)	636	477	416	590	584	544	529	483	513		
Restidsbesparing (%)	25,3	16,7	23,0	29,0	34,1	27,4	23,0	14,5	39,8	Medel:	26

Stopp

Samdistribution (antal)	149	109	102	133	137	112	115	105	119		
Ej samdistribution (antal)	208	156	136	193	191	178	173	158	168		
Stoppbesparing (%)	28,4	30,1	25,0	31,1	28,3	37,1	33,5	33,5	29,2	Medel:	31

Presentation över var slangmätningarna ägt rum



Pilarna illustrerar i vilken riktning mätningarna utförts.

Utdrag från resultaten av slangmätningen på Storgatan

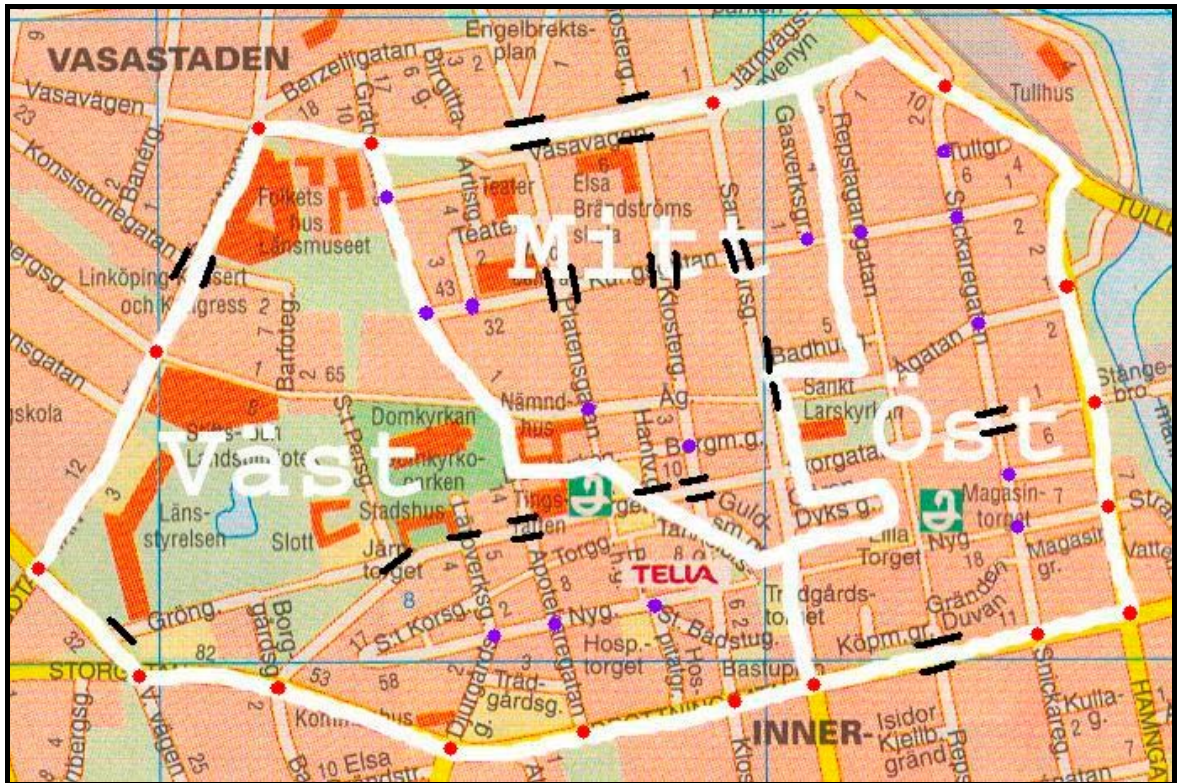
Antal fordon per timme och fordonsklass

Mätpunktsnr: 7.23 Gatutyp: Lokalgata
Adress: Storgatan Skyldad hast: 50
Del: Läroverksgatan-Apotekaregatan

Mätvecka: 9843 Körriktning: 1 mot Läroverksgatan
Mätdatum: 1998-10-19
Mättdag: Måndag

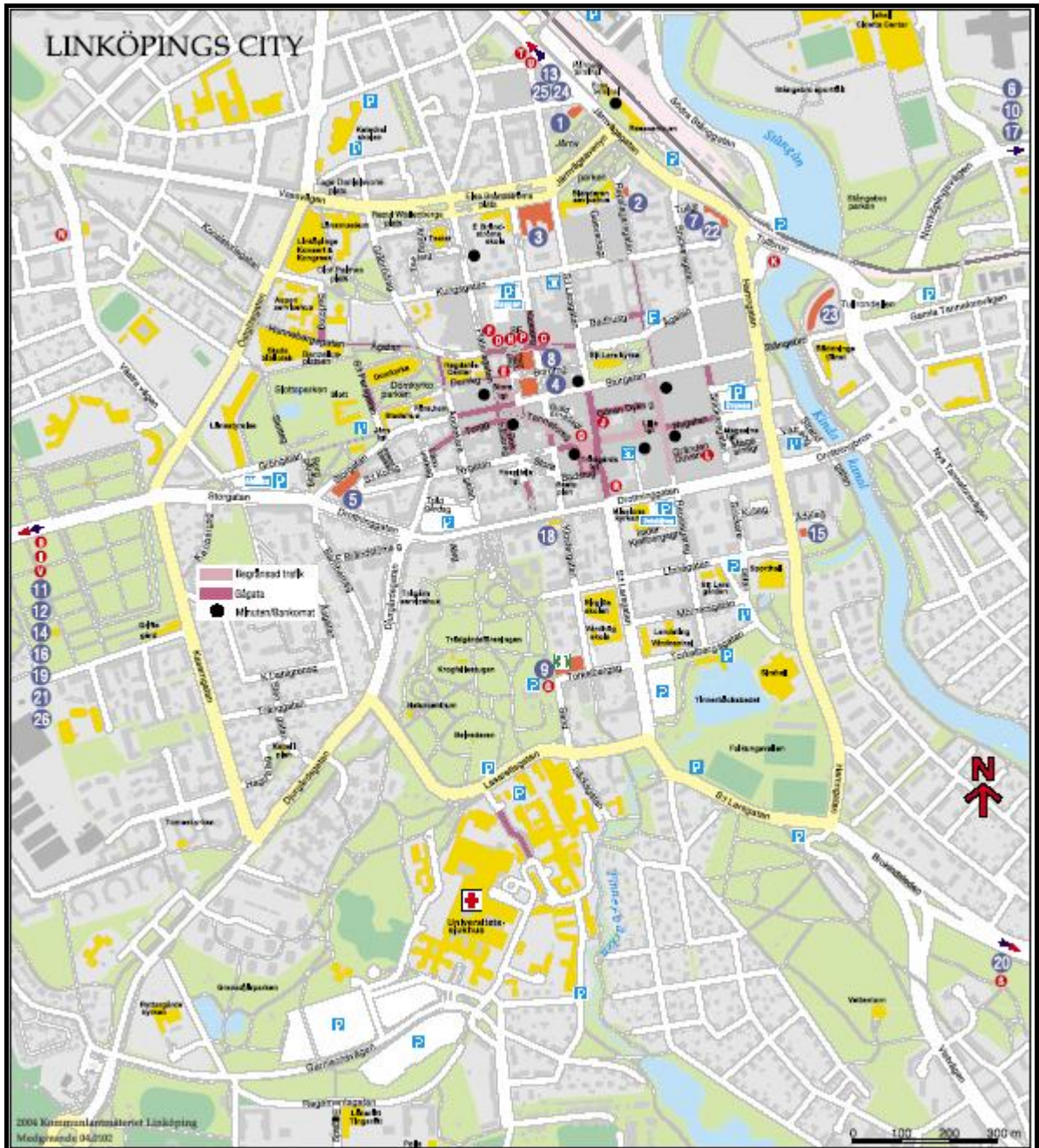
Timme	MC	P20	P21	P22	L20	L21	L22	L23	L24	L30	L31	L32	L33	L34	X	Summa
00 - 01	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
01 - 02	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
02 - 03	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
03 - 04	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
04 - 05	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
05 - 06	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
06 - 07	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
07 - 08	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
08 - 09	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
09 - 10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10 - 11	0	51	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
11 - 12	0	57	0	0	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
12 - 13	0	67	0	0	6	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	82
13 - 14	0	48	0	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	56
14 - 15	0	49	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
15 - 16	0	69	1	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
16 - 17	0	58	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
17 - 18	1	76	1	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87

Presentation av olika korsningstyper i Linköpings city



- Röd prick – signalreglerad korsning
- Lila prick – korsning reglerad med högerregeln
- Svarta streck – väjningsplikt för gatan med strecket

Presentation av kartan som använts för att modellera enkelriktning samt fordonsbegränsning

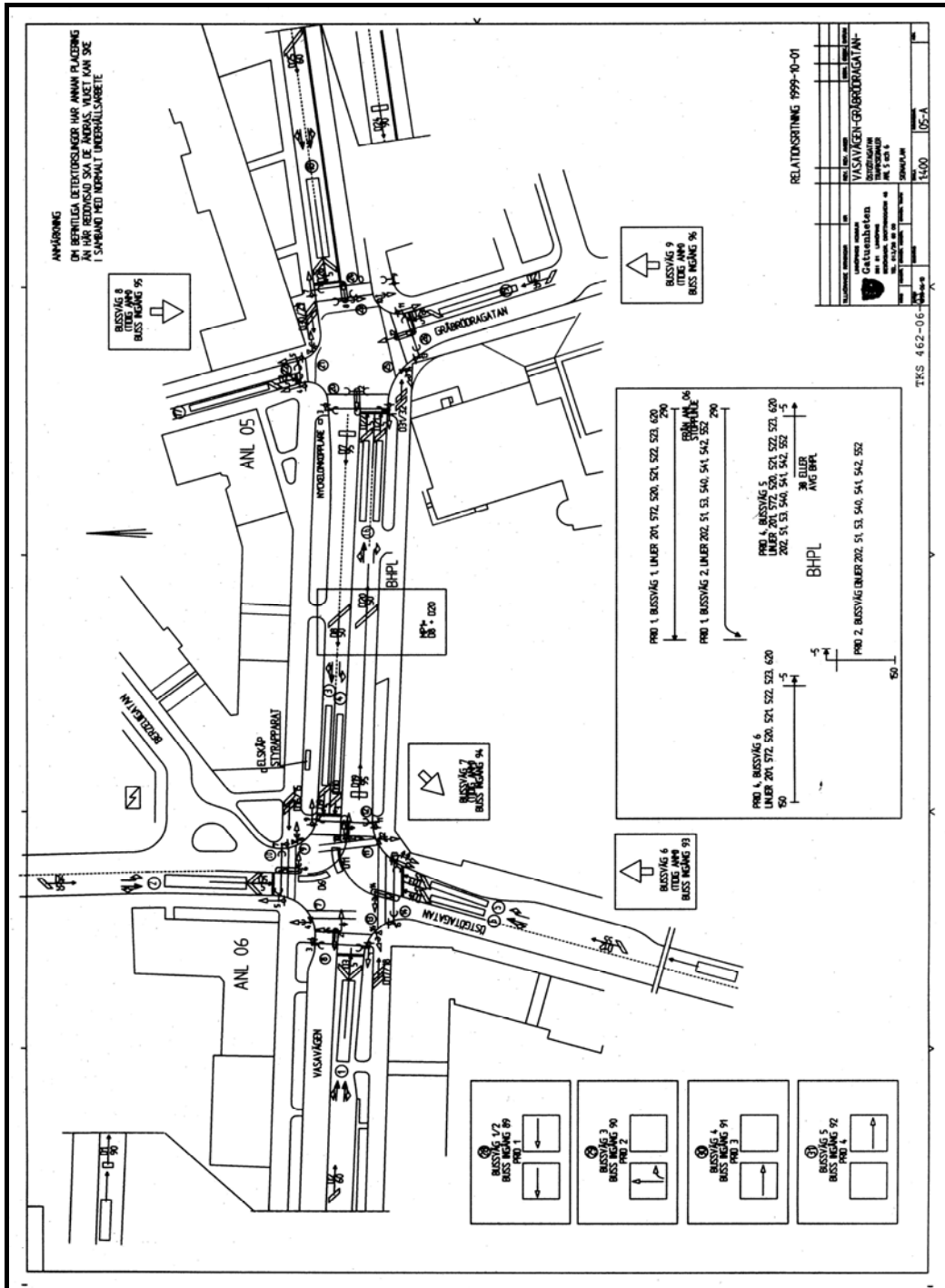


OBS. Vid fältstudien konstaterades det att begränsad fordonstrafik motsvarar den mörkt rosa färgmarkeringen och gågata motsvaras av ljusrosa markering.

Stickprovskontroll av PILOT-databasen

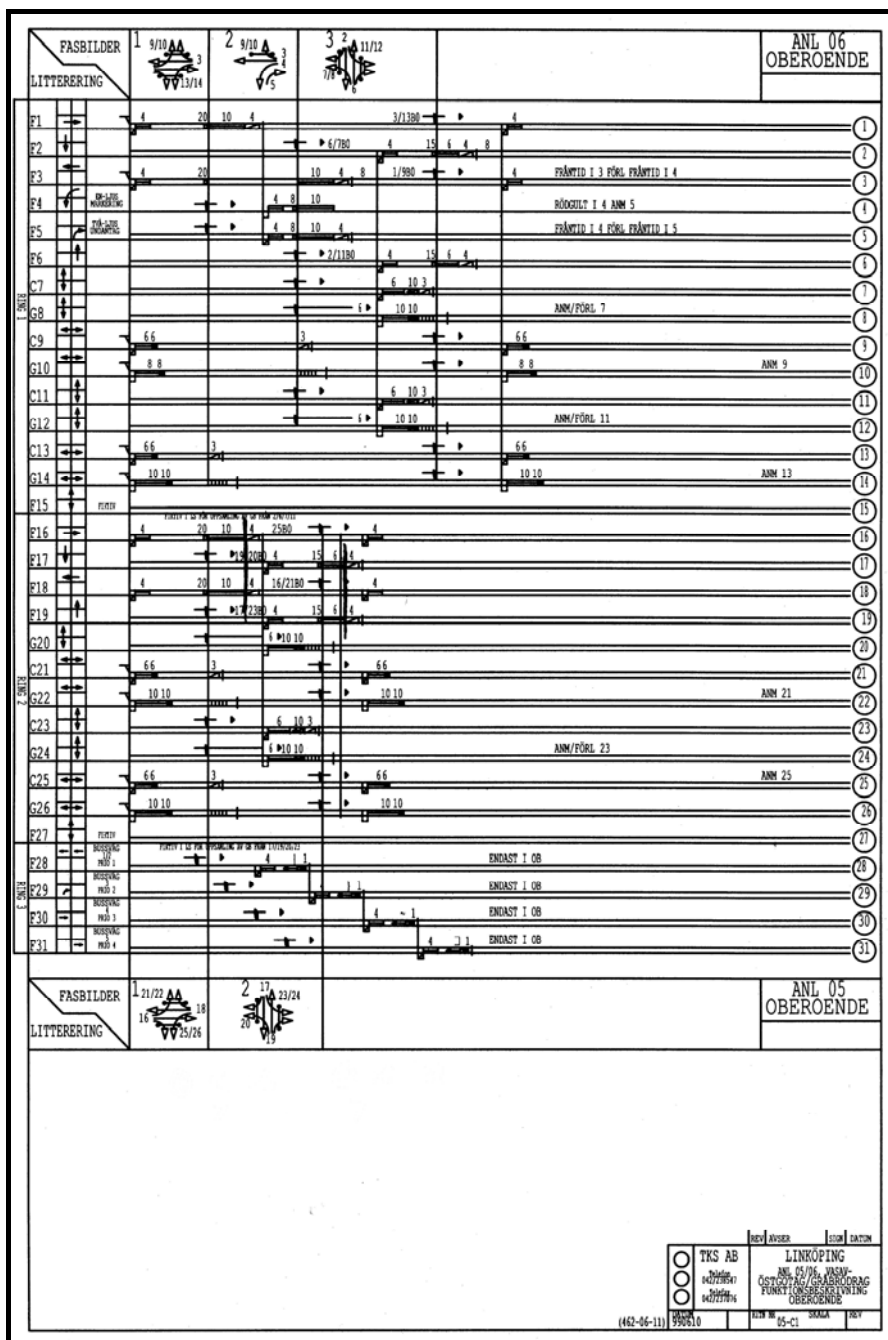
Datum	Område	Antal rader
2004-03-29	Öst	44
2004-03-29	Öst	44
2004-03-31	Mitt	40
2004-04-01	Väst	32
2004-04-13	Öst	52
2004-04-23	Öst	73
2004-04-28	Mitt	32
2004-05-05	Väst	37
2004-05-07	Väst	21
2004-05-13	Öst	41
2004-05-24	Mitt	20
2004-05-24	Öst	42
2004-05-28	Väst	32
		Summa: 466 rader

Presentation av kartförklaring samt signalplan för korsningen Vasavägen och Gråbrödragatan



Kartförklaring där anläggning 05 beskriver korsningen Vasavägen och Gråbrödragatan.

Bilaga 11
Sid 2 (2)

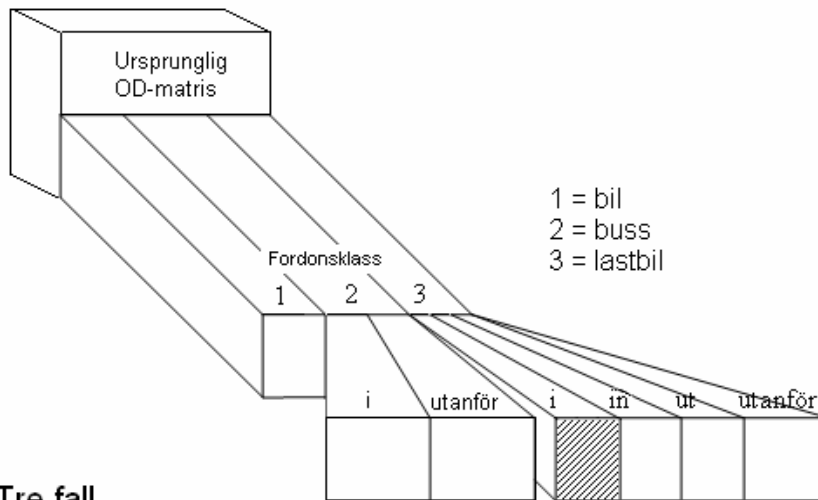


Signalplan för korsningen Vasavägen och Gråbrödragatan.

	Min grön (s)	Max grön (s)	Intergreen (s)
Fas 1	4 + 10 = 14	20 + 10 = 30	4 + 3 = 7
Fas 2	4 + 6 = 10	15 + 6 = 21	4 + 3 = 7
Max omloppstid		30+7+21+7 = 65	

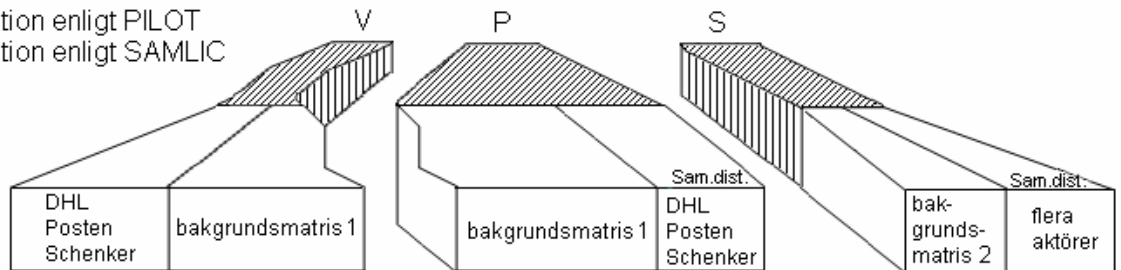
Tabell för sammanställning av beräkningsgång och resultat för de tidsangivelser som implementeras i CONTRAM vid signalreglerade korsningar. Tidsangivelserna avser korsningen Vasavägen och Gråbrödragatan (anläggning 05).

Illustration över de principiella relationerna mellan de olika OD-matriserna



Tre fall

- V = vanlig distribution
- P = distribution enligt PILOT
- S = distribution enligt SAMLIC



Tabell över korrelationen mellan ursprungliga och nya zoner

Gammal zon	Adress	Antal sändningar	Ny zon	Område
1	Stora Torget	49	130	Mitt
	Guldsmedsgränd	42	139	Mitt
2	Klostergatan	69	141	Mitt
	S:t Larsgatan	165	158	Mitt
	Göran Dyksgata (ink. Nygatan 17 eftersom G är lastplats)	744	129	Mitt
	Storgatan	68	140	Mitt
3	Snickaregatan	212	128	Öst
7	Storgatan	65	126	Öst
	Repslagaregatan	78	127	Öst
	Åhlenskajen (hörnet rep)	58	159	Öst
8	Nygatan	56	124	Öst
	S:t Larsgatan placering trädgårdstorget	59	160	Öst
	Köpmangränd (inkl. Nygatan 22 eftersom K är lastplats)	1 463	123	Öst
	Hamngatan	49	125	Öst
4	Nygatan	59	156	Väst
	Apotekaregatan (inkl. stora torget eftersom A är lastplats)	610	151	Väst
	Apotekaregatan	53	155	Väst
	Drottninggatan	51	154	Väst
5	Tanneforsvägen	78	152	Väst
6	Östgötagatan	51	157	Väst

Utdrag ur den OD-matris som beskriver reseefterfrågan för bilar

O	D	C	R	S	P	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
2	1	1	0	1	0	9,17	8,69	6,43	6,37	7,36	7,99	7,64	7,87	8,74	11	10,2	0
3	1	1	0	1	0	2,88	2,73	2,02	2	2,31	2,51	2,4	2,47	2,75	3,47	3,2	0
4	1	1	0	1	0	9,86	9,35	6,93	6,85	7,92	8,59	8,22	8,47	9,41	11,9	10,9	0
5	1	1	0	1	0	1,4	1,32	0,98	0,97	1,12	1,22	1,16	1,2	1,33	1,68	1,55	0
6	1	1	0	1	0	1,92	1,82	1,35	1,33	1,54	1,67	1,6	1,65	1,83	2,31	2,13	0
7	1	1	0	1	0	3,14	2,98	2,21	2,18	2,52	2,74	2,62	2,7	3	3,78	3,49	0
8	1	1	0	1	0	7,24	6,87	5,09	5,03	5,82	6,31	6,04	6,22	6,91	8,73	8,04	0
9	1	1	0	1	0	2,71	2,56	1,9	1,88	2,17	2,36	2,26	2,32	2,58	3,26	3	0
10	1	1	0	1	0	5,32	5,05	3,74	3,7	4,27	4,64	4,44	4,57	5,08	6,41	5,91	0
11	1	1	0	1	0	3,14	2,98	2,21	2,18	2,52	2,74	2,62	2,7	3	3,78	3,49	0
12	1	1	0	1	0	3,32	3,14	2,33	2,3	2,66	2,89	2,76	2,85	3,16	3,99	3,68	0
13	1	1	0	1	0	3,93	3,72	2,76	2,73	3,15	3,42	3,27	3,37	3,75	4,73	4,36	0
14	1	1	0	1	0	3,23	3,06	2,27	2,24	2,59	2,81	2,69	2,77	3,08	3,89	3,58	0
15	1	1	0	1	0	1,66	1,57	1,16	1,15	1,33	1,45	1,38	1,42	1,58	2	1,84	0
16	1	1	0	1	0	2,44	2,32	1,72	1,7	1,96	2,13	2,04	2,1	2,33	2,94	2,71	0
17	1	1	0	1	0	3,06	2,9	2,14	2,12	2,45	2,66	2,55	2,62	2,91	3,68	3,39	0
18	1	1	0	1	0	5,94	5,63	4,17	4,12	4,77	5,17	4,95	5,1	5,66	7,15	6,58	0
19	1	1	0	1	0	4,63	4,39	3,25	3,21	3,71	4,03	3,86	3,97	4,41	5,57	5,13	0
20	1	1	0	1	0	5,94	5,63	4,17	4,12	4,77	5,17	4,95	5,1	5,66	7,15	6,58	0
21	1	1	0	1	0	2,79	2,65	1,96	1,94	2,24	2,43	2,33	2,4	2,66	3,36	3,1	0
22	1	1	0	1	0	2,44	2,32	1,72	1,7	1,96	2,13	2,04	2,1	2,33	2,94	2,71	0
23	1	1	0	1	0	3,4	3,23	2,39	2,36	2,73	2,97	2,84	2,92	3,25	4,1	3,78	0
24	1	1	0	1	0	2,36	2,23	1,65	1,64	1,89	2,05	1,96	2,02	2,25	2,84	2,61	0
25	1	1	0	1	0	5,24	4,96	3,68	3,64	4,2	4,56	4,37	4,5	4,99	6,31	5,81	0
26	1	1	0	1	0	1,57	1,49	1,1	1,09	1,26	1,37	1,31	1,35	1,5	1,89	1,74	0
27	1	1	0	1	0	1,48	1,41	1,04	1,03	1,19	1,29	1,24	1,27	1,42	1,79	1,65	0
28	1	1	0	1	0	0,5	0,47	0,35	0,35	0,4	0,43	0,41	0,43	0,47	0,6	0,55	0
29	1	1	0	1	0	2,61	2,47	1,83	1,81	2,1	2,27	2,17	2,24	2,49	3,14	2,89	0
30	1	1	0	1	0	2,04	1,94	1,43	1,42	1,64	1,78	1,7	1,75	1,95	2,46	2,27	0
31	1	1	0	1	0	0,68	0,65	0,48	0,47	0,55	0,59	0,57	0,58	0,65	0,82	0,76	0
32	1	1	0	1	0	0,61	0,58	0,43	0,42	0,49	0,53	0,51	0,52	0,58	0,74	0,68	0
33	1	1	0	1	0	2,44	2,32	1,72	1,7	1,96	2,13	2,04	2,1	2,33	2,94	2,71	0
...

Förklaring:

Origin (O) – anger startzon

Dest. (D) – destination – anger målzon

Class (C) – anger fordonskategori där:

1 = bilar

2 = bussar

3 = lastbilar

Route (R) – anger om fördefinierad rutt finns (bussrutter anges exempelvis här)

Start (S) – anges ett annat värde än 1 används reseefterfrågan för det värdets tidsperiod för resterande tidsperioder

Packet (P) – en nolla i detta fält anger att CONTRAM självt beräknar paketstorleken

Presentation av beräkningsgången vid framtagandet av OD-matrisen som beskriver bakgrundstrafiken för lastbilar i innerstaden

Simulering av OD-matrisen som innehåller reseefterfrågan för alla lastbilar i innerstaden, ROD18.dem, gav upphov till 65,53 fordonskilometrar.

Simuleringen av OD-matrisen baserad på för- och efterstudierna genererade 13,11 fordonskilometrar.

Bakgrundstrafiken för lastbilar beskrivs av: $((65,53-13,11)/65,53) \times \text{ROD18}$

Där ROD18 är reseefterfrågan för alla lastbilar i innerstaden.

Beräkning av styckegods

$17,5 \times 0,5 = 8,75$ ton per dag

$0,3 \times 8,75 = 2,6$ ton för övriga distributörer

Kontroll:

5 turer under PILOT med i genomsnitt 1,3 ton ger 6,5 ton distribuerad styckegodsmängd per dag

$6,5 + 2,6 = 9,1$ ton styckegods distribueras per dag ($9,1 \approx 8,75$ så OK)

Från godsmängdsundersökningen beräknades den genomsnittliga godsmängden per dag till 17,5 ton.

Presentation av beräkningsgången vid framtagandet av OD-matrisen som beskriver bakgrundstrafiken för lastbilar i SAMLIC

Simulering av OD-matrisen som innehåller resefterfrågan för alla lastbilar i innerstaden, ROD18.dem, gav upphov till 65,55 fordonskilometrar.

Simuleringen av OD-matrisen som beskriver distribution enligt SAMLIC genererade 4,91 fordonskilometrar.

Bakgrundstrafiken för lastbilar beskrivs av: $((65,55-4,91)/65,55) \times \text{ROD18}$

Där ROD18 är resefterfrågan för alla lastbilar i innerstaden.

Presentation av de data som används vid korsningsmodellering av lämna företräde i CONTRAM

				D										
				1 300	1 000	850								
				R	S	L	A-C	B-C						
				↙	↓	↘	↓	↓						
				-	-	-	0,500	-	0,600	-	↖	R	UCtrl	C
D-C	⇒	0,450	0,550	0,600	0,500	<i>0,700</i>	0,650	-	-	-	←	S	UCtrl	
				-	0,550	0,600	-	<i>0,600</i>	0,600	-	↙	L	1 100	
				B-D	⇒	0,550	0,550	-	-	0,550	0,550	⇐	D-B	
A	1 100	L	↗	-	0,600	0,600	-	0,600	0,550	-				
	UCtrl	S	→	-	0,650	0,700	<i>0,500</i>	0,600	0,550	<i>0,450</i>	⇐	B-A		
	UCtrl	R	↘	-	0,600	-	<i>0,500</i>	-	-	-				
				↑	↑		↖	↑	↗					
				D-A	C-A		L	S	R	⇐ Turning movement				
							850	1 000	1 300	⇐ Max capacity C _{max}				
							B			⇐ Entry number				

Legend:

- A-C is the main road. For a three-arm junction (A-B-C) only the numbers in *italics* will be used.
- The numbers in the middle represent the gradients (f) for conflicts between different turning movements; B-A means traffic from entry B which is in conflict with entry A, i.e. first letter (B) has to yield to last letter (A).
- The max capacity C_{max} is shown for each turning movement

Verifiering av varningsmeddelanden med informativ karaktär

Ankommande länk till nod 236	Optimerat resultat för gröntiden	Implementerad gröntid	
		Minsta tid	Största tid
208/236/1	10	10	26
208/236/2	10	10	26
208/236/3	10	10	26
254/236/1	14	14	28
254/236/2	14	14	28
442/236/1	10	10	26
442/236/2	10	10	26
442/236/3	28	14	28

Denna kontroll visar att den optimerade gröntiden ligger i intervallet för den implementerade gröntiden.

Presentation av de data som gett upphov till diagrammen i delkapitlet, Validering

Storgatan(Västra vägen – Drottninggatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	827,8	516,8	364,2	377,8	441,8	465,2	451,2	482	516,8	687,6	602,6
Simulerade bilar	366	351	298	291	320	340	328	336	351	379	394
Lastbilar och Bussar	67	64,2	40,4	85,2	47,4	73,8	50,2	61	66,6	83,4	36,2
Antal bussar	4	7	3	3	3	3	3	3	4	6	4
Simulerade bussar	9	12	7	7	7	7	7	7	9	12	8
Antal lastbilar	63	57,2	37,4	82,2	44,4	70,8	47,2	58	62,6	77,4	32,2
Simulerade lastbilar	48	36	32	48	45	44	43	45	50	41	26

Storgatan(Västra vägen – Drottninggatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	382,8	435,4	306,6	328,8	400,8	442	426,6	415	465,4	593,8	564,8
Simulerade bilar	465	442	324	322	379	412	395	404	449	601	537
Lastbilar och Bussar	23,6	24,4	26,2	26,4	24	26,6	26,6	25,6	26,8	16,8	12,4
Antal bussar	4	7	3	3	3	3	3	3	4	6	4
Simulerade bussar	11	15	9	9	9	9	9	9	11	15	11
Antal lastbilar	19,6	17,4	23,2	23,4	21	23,6	23,6	22,6	22,8	10,8	8,4
Simulerade lastbilar	62	45	38	57	55	55	53	56	63	52	34

Storgatan(Läroverksgatan – Apotekaregatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	27	38	52	51	50	67	50	54	63	73	76
Simulerade bilar	36	91	0	0	15	31	24	30	91	86	102
Lastbilar och Bussar	6	9	11	8	11	10	8	9	9	9	9
Antal bussar	4	6	3	3	3	3	3	3	4	6	4
Simulerade bussar	3	5	2	2	2	2	2	2	3	5	3
Antal lastbilar	2	3	8	5	8	7	5	6	5	3	5
Simulerade lastbilar	33	29	18	29	29	29	28	30	34	26	22

Drottninggatan(Hamngatan – Repslagaregatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	216,5	264,5	204	250,5	271	328	291,3	326,7	383	329,3	339,7
Simulerade bilar	475	452	348	342	392	424	408	419	452	537	522
Lastbilar och Bussar	54,5	36	27,5	25	46,5	32	36,3	28,3	38,3	14,7	20
Antal bussar	9	11	8	8	8	8	8	8	9	11	9
Simulerade bussar	7	8	5	5	5	5	5	5	7	8	7
Antal lastbilar	45,5	25	19,5	17	38,5	24	28,3	20,3	29,3	3,7	11
Simulerade lastbilar	40	27	26	38	34	33	32	34	43	35	21

Bilaga 20
Sid 2 (2)

Drottninggatan(Hamngata – Repslagaregatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	439,7	455,7	352,3	259,5	319,5	344,7	337	337,7	382	611,3	492,7
Simulerade bilar	567	504	353	347	404	432	414	425	526	669	607
Lastbilar och Bussar	39,3	39,3	29,3	35,5	36,5	31	39,7	46	58,3	68	50
Antal bussar	9	11	8	8	8	8	8	8	9	11	9
Simulerade bussar	7	9	5	5	5	5	5	5	7	9	7
Antal lastbilar	30,3	28,3	21,3	27,5	28,5	23	31,7	38	49,3	57	41
Simulerade lastbilar	30	17	20	30	27	26	25	27	31	25	11

Vasavägen(Östgötagatan – Gråbrödragatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	407,6	470,8	337	331,6	364,8	358,2	361,8	362	384,4	477,2	477,4
Simulerade bilar	423	443	342	340	395	423	409	417	448	593	546
Lastbilar och Bussar	26,4	21,4	13,4	15,4	25,4	16,4	22	23,6	22	15,2	16,8
Antal bussar	18	21	15	15	15	15	15	15	18	22	18
Simulerade bussar	22	27	19	18	18	18	18	18	22	24	23
Antal lastbilar	8,4	0,4	-1,6	0,4	10,4	1,4	7	8,6	4	-6,8	-1,2
Simulerade lastbilar	45	33	29	41	41	40	39	41	46	38	26

		07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	Antal bilar	2 301	2 182	1 616	1 599	1 848	2 005	1 918	1 977	2 195	2 772	2 553
	Genomsnitt	384	364	269	266	308	334	320	330	366	462	425
	Simulerade bilar	2332	2283	1665	1642	1905	2062	1978	2031	2317	2865	2708
	Genomsnitt	389	381	278	274	318	344	330	339	386	478	451
Bussar	Antal bussar	48	63	40	40	40	40	40	40	48	62	48
	Genomsnitt	8,0	10,5	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	8,0	10,3	8,0
	Simulerade bussar	59	76	47	46	46	46	46	46	59	73	59
	Genomsnitt	10	13	8	8	8	8	8	8	10	12	10
Lastbilar	Antal lastbilar	169	131	108	155	151	149	143	153	173	145	96
	Genomsnitt	28	22	18	26	25	25	24	26	29	24	16
	Simulerade lastbilar	258	187	163	243	231	227	220	233	267	217	140
	Genomsnitt	43	31	27	41	39	38	37	39	45	36	23
Antal simulerade fordon		2 649	2 546	1 875	1 931	2 182	2 335	2 244	2 310	2 643	3 155	2 907
Antal fordon:		2 518	2 376	1 764	1 794	2 039	2 195	2 101	2 170	2 416	2 979	2 697

Diagram över genomsnittligt flöde i innerstaden uppdelat på bilar samt bussar och lastbilar

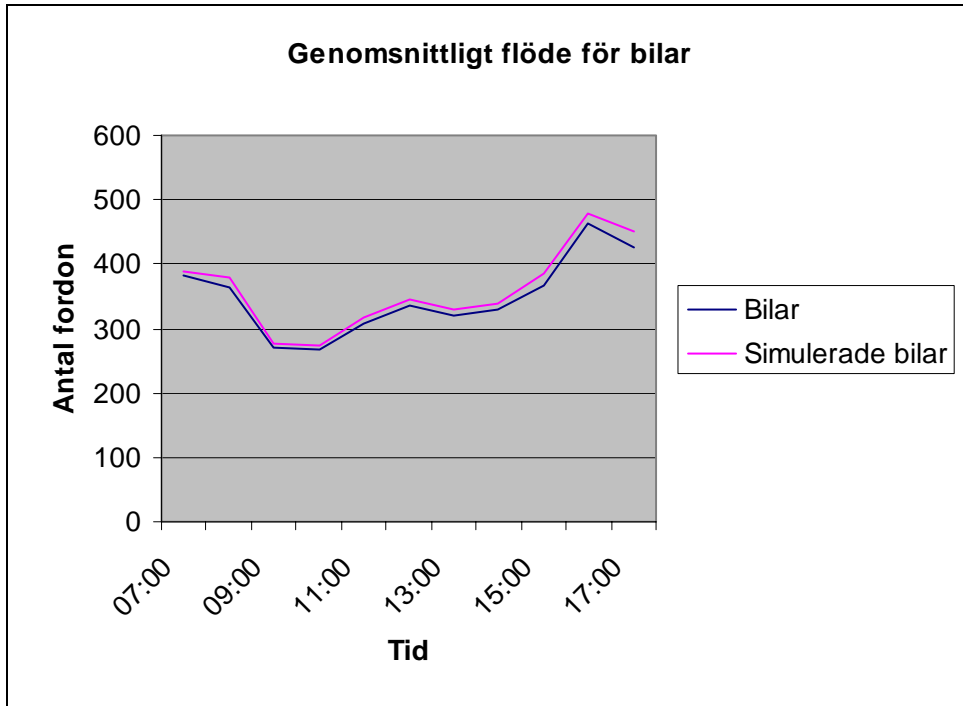


Diagram över det genomsnittliga flödet för bilar.

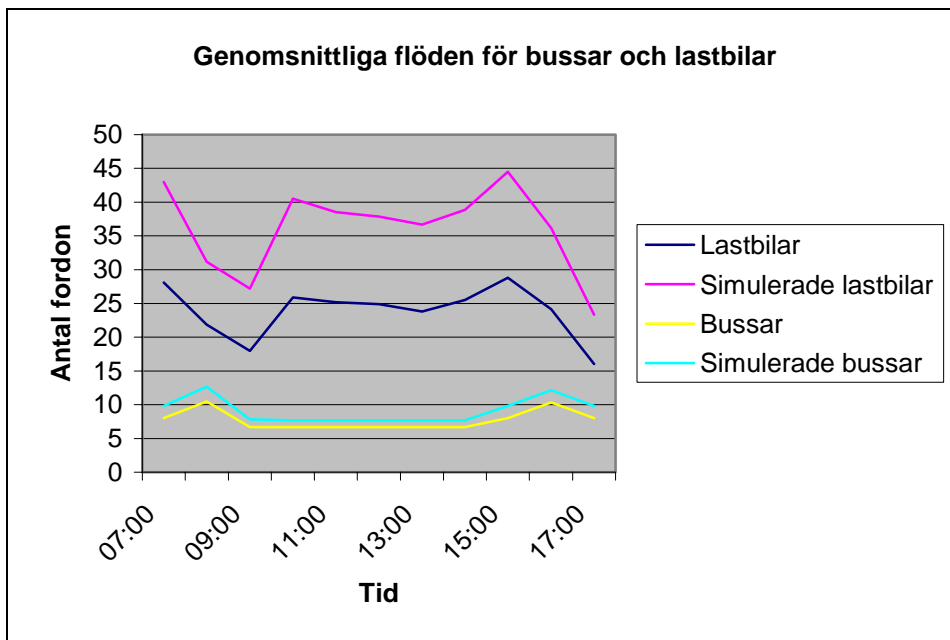


Diagram över genomsnittliga flöden för bussar och lastbilar.

Presentation av explicit valideringsdata

Slangmätningar för valideringsändamål

Vasavägen(Östgötagatan – Gråbrödragatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	181,0	259,2	238,6	248,0	297,0	327,9	338,7	337,6	399,2	465,3	455,1
Simulerade bilar	360	361	294	292	323	332	336	326	357	441	419
Lastbilar och Bussar	45	47,8	36,2	41,6	42,6	43,6	45	42	50,2	51,8	38,6
Simulerade bussar	21	25	17	17	17	17	17	17	21	23	21
Simulerade lastbilar	28	21	19	26	25	25	24	25	28	27	15
Simulerade bussar och lastbilar	49	46	36	43	42	42	41	42	49	50	36

Storgatan(Läroverksgatan – Apotekaregatan)

Tid	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Bilar	24,4	49	40,7	39,3	46,5	42	42	47,3	49,5	53,5	65,3
Simulerade bilar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lastbilar och Bussar	19	13,5	12,3	14	15,3	9,3	15	12,8	9,8	7,3	9,3
Simulerade bussar	2	4	2	2	2	2	2	2	2	4	2
Simulerade lastbilar	18	14	12	17	17	17	16	17	19	15	10
Simulerade bussar och lastbilar	20	18	14	19	19	19	18	19	21	19	12

Presentation av skapat MATLAB-program, version 1

```
%beräkningar
[link_v, class_v, ts_v, flow_v] = textread('vanlig_totalt_flöde_m.txt','%s
%u %u %f'); %läser in textfilen och sparar kolumnvis
[link_p, class_p, ts_p, flow_p] = textread('pilot_totalt_flöde_m.txt','%s
%u %u %f');
skillnad=(flow_v)-(flow_p); % beräkning av skillnaden av flödet i de båda
fallen
vanlig = zeros(length(flow_v),4); %sätter att 4:e kolumnen av vanlig är
lika lång som kolumnen med flödet och innehåller nollor

vanlig={link_v, class_v, ts_v, skillnad}; %spara alla kolumner i vanlig

fid = fopen('vanlig_pilot_flöde.out','w'); %öppnar en fil att skriva till
vilket krävs för att fprintf ska kunna användas

fprintf(fid,'%s\n','*flödesskillnad_v/p'); %dessa tre rader måste vara med
för att CONTRAM ska kunna läsa in filen
fprintf(fid,'%s\n','*');
fprintf(fid,'%s\n','*');

for i = 1:length(flow_v) %for loop som går igenom varje element som sedan
skrivs till filen

fprintf(fid,'%s\t%u\t%u\t%f\n',vanlig{1,1}{i,1},vanlig{1,2}(i,1),vanlig{1,3
}(i,1),vanlig{1,4}(i,1));
end

fclose(fid); %stänger filen
```

Kursiv text – översättning av vad programkoden på raden eller närstående rader utför

Fet text – markerar den text som ska ändras då olika skillnader ska beräknas

Presentation av skapat MATLAB-program, version 2

```
%beräkningar
[link_v, class_v, ts_v, flow_v] = textread('vanlig_totalt_flöde_m.txt','%s
%u %u %f'); %läser in textfilen och sparar kolumnvis
[link_p, class_p, ts_p, flow_p] = textread('samlic_totalt_flöde_m.txt','%s
%u %u %f');
skillnad=(flow_v)-(flow_p); % beräkning av skillnaden av flödet i de båda
fallen
vanlig = zeros(length(flow_v),4); %sätter att 4:e kolumnen av vanlig är
lika lång som kolumnen med flödet och innehåller nollor

s = zeros(length(ts_v),1); %s fylls på med nollor

i=1; %startvärde sätts till ett
for i = 1:12:length(ts_v) %för alla i från 1 till längden av ts_v med en
steglängd av 12 ska...
    for j = i+3:i+7 %...alla j mellan 4 och 8 sparas undan på respektive
plats
        j;
        s(i)=skillnad(j)+ s(i);
    end
end

vanlig={link_v, class_v, ts_v, s}; %spara alla kolumner i vanlig

plot(skillnad);

fid = fopen('vanlig_samlic_totalt_flöde_1015.out','w'); %öppnar en fil att
skriva till vilket krävs för att fprintf ska kunna användas

fprintf(fid,'%s\n','*flödes_skillnader_1015_v/s'); %dessa tre rader måste
vara med för att CONTRAM ska kunna läsa in filen
fprintf(fid,'%s\n','*');
fprintf(fid,'%s\n','*');

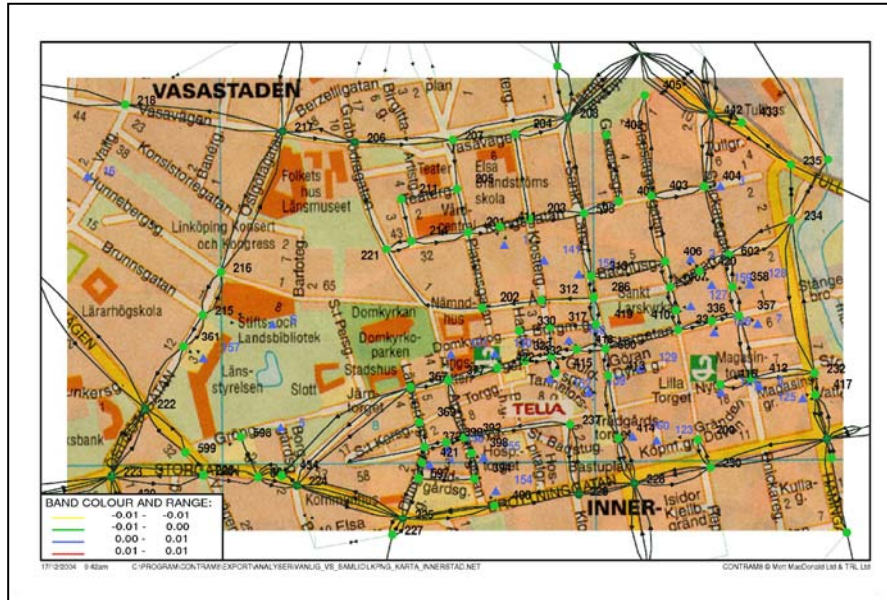
for a = 1:length(flow_v) %for loop som går igenom varje element som sedan
skrivs till filen

fprintf(fid,'%s\t%u\t%u\t%f\n',vanlig{1,1}{a,1},vanlig{1,2}(a,1),vanlig{1,3}
(a,1),vanlig{1,4}(a,1));
end

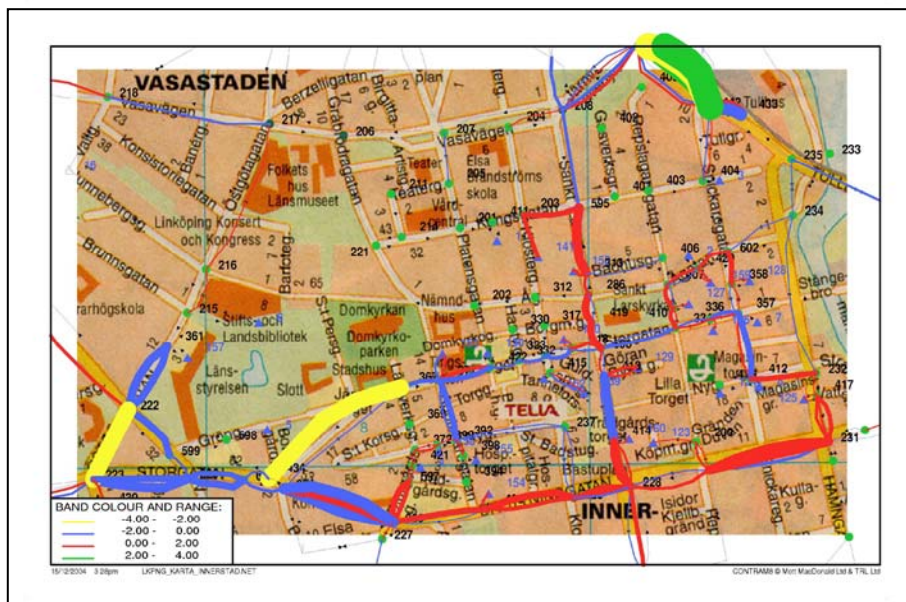
fclose(fid); %stänger filen
```

Kursiv text – översättning av vad programkoden på raden eller närstående rader utför
Fet text – markerar den text som ska ändras då olika skillnader ska beräknas

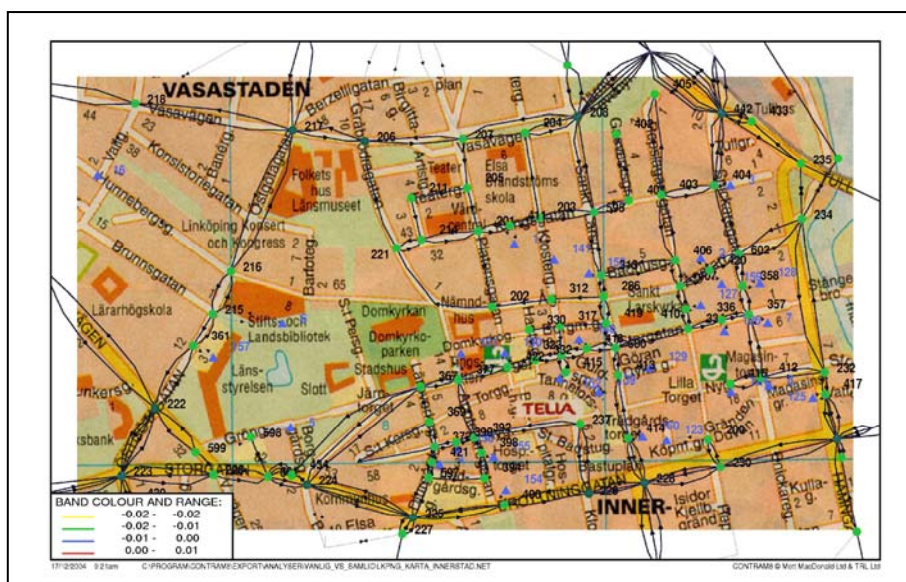
Presentation av skillnaderna i partikelutsläpp mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC för lastbilar, klockan 10 till 15



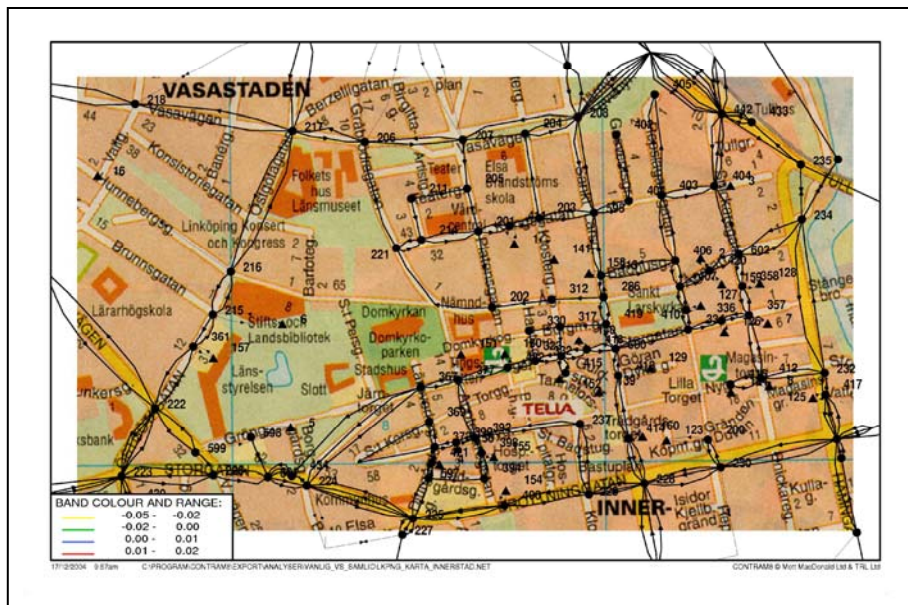
Presentation av emissionskillnaderna för lastbilar mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC



Figuren beskriver emissionskillnaderna i CO₂ för lastbilar mellan de olika distributionsystemen, klockan 10 till 15.

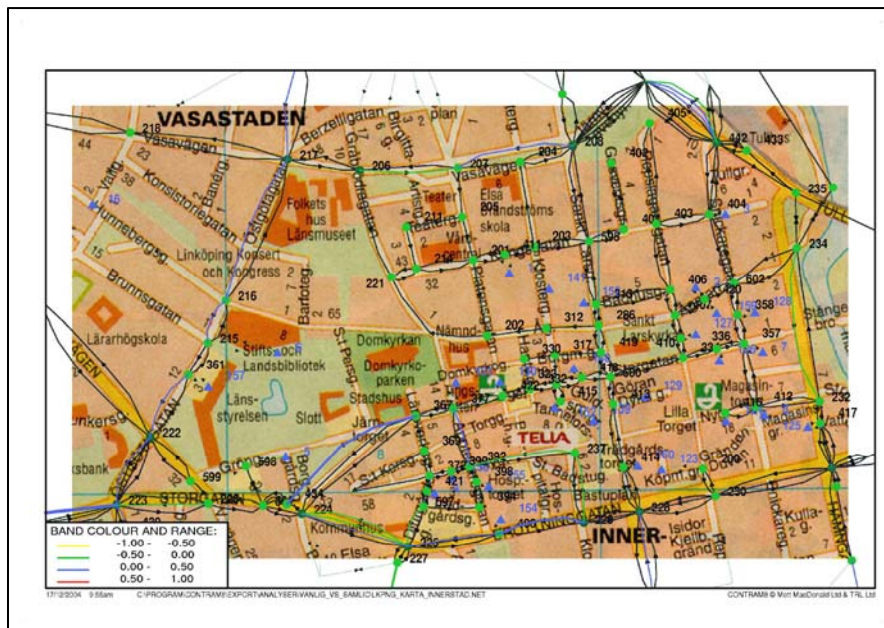


Figuren visar att utsläppskillnaderna i HC för lastbilar mellan klockan 10 och 15 för de olika distributionssystemen generellt sett är obefintlig.

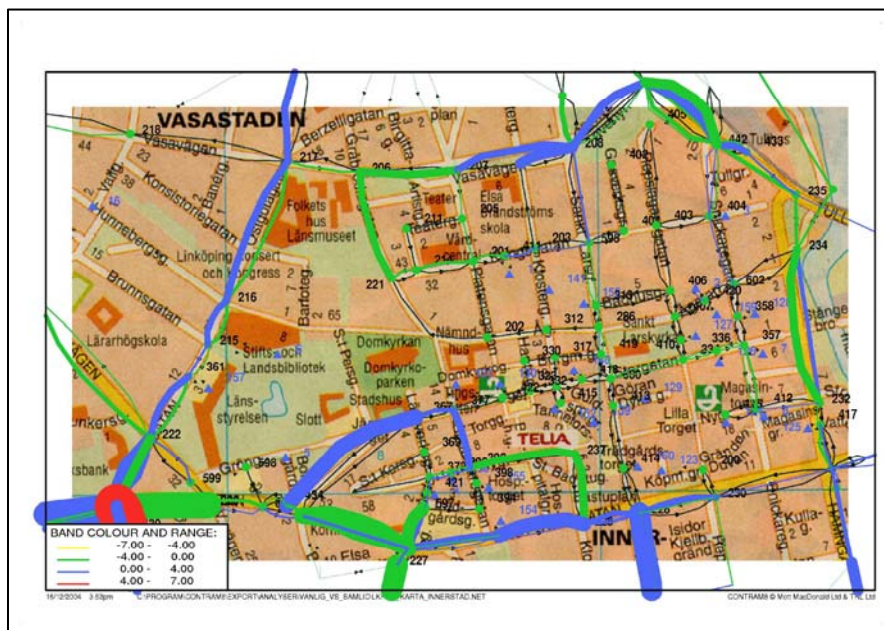


Figuren visar att inga emissionsskillnader i NO_x för lastbilar uppkommer vid jämförelse mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC mellan klockan 10 och 15.

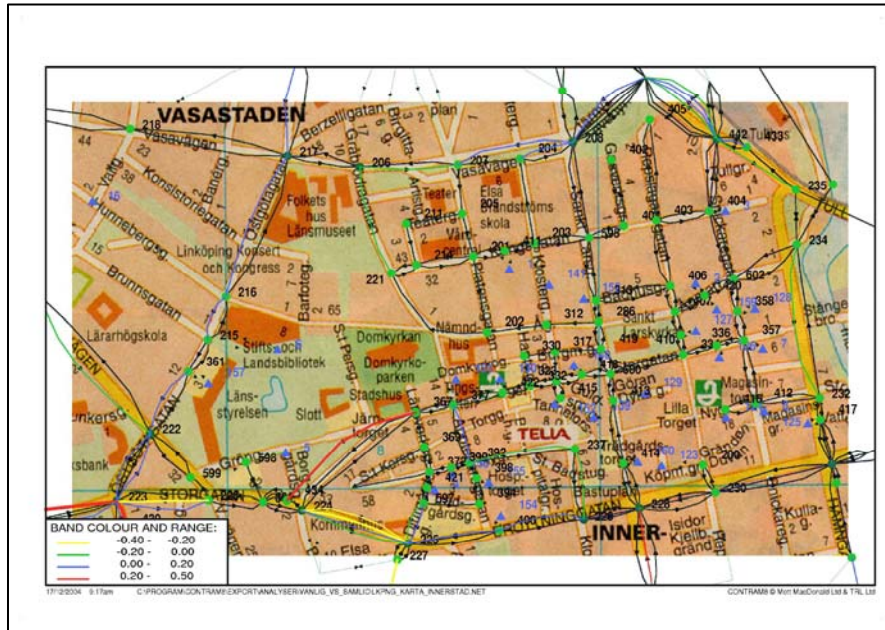
Presentation av emissionskillnaderna för bil mellan vanlig distribution och distribution enligt SAMLIC



Figuren visar emissionskillnaderna i NO_x för bilar mellan de olika distributionssystemen, klockan 10 och 15.



Figuren beskriver emissionskillnaderna i CO för bilar mellan de olika distributionssystemen, klockan 10 och 15.



Figuren åskådliggör emissionsskillnaderna i HC för bilar mellan de olika distributions-systemen, klockan 10 och 15.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulators teknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

