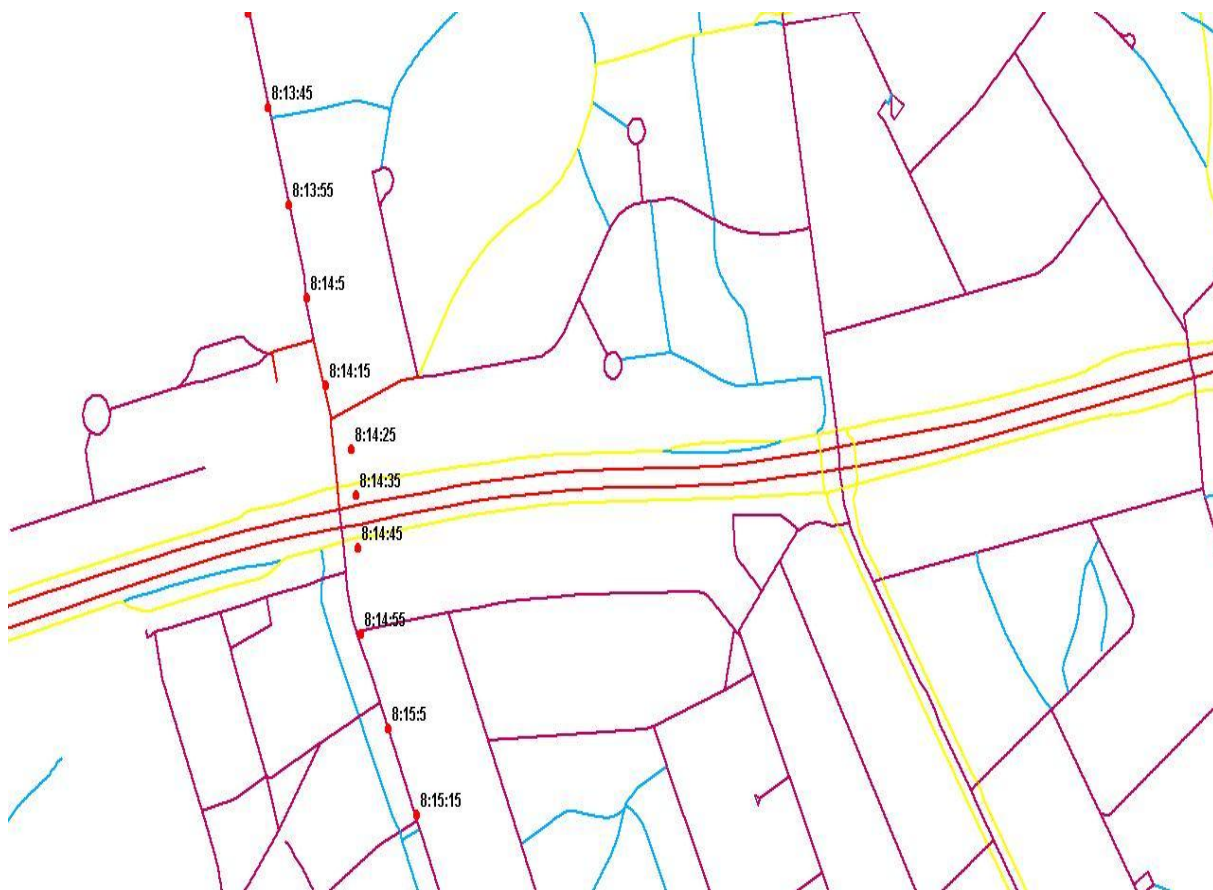




CyCity:

I samarbete med:



Cyklisternas fördröjningar i korsningar

En undersökning baserad på GPS-data om cykelresor i Linköping

December 2013

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



CyCity: Cyklisternas fördröjningar i korsningar

En undersökning baserad på GPS data om cykelresor i Linköping

Utfärdat av:	Leonid Engelson, WSP och Pelle Envall, CyCity
Mottagare:	Vinnova
Projektnr:	1013,1235 – CyCity – DP11 Cykelreseplanerare, www.cycity.se
Filnamn:	R:\5645\2009\10131235 - Från bilstad till cykelstad\3_Dokument\33_Underlag\DP11 Cykelreseplanerare\07_Slutrapport\2013-12-09 Cyklisters_fordrojningar_slutlig.docx

Versionshistorik

Datum	Version	Beskrivning	Ändrat av
2013-09-24	0.1	PM-utkast	L. Engelson
2013-09-26	0.2	Kompletteringar	P. Envall
2013-10-04	0.3	Granskning	O. Örtquist
2013-10-07	1.0	Reviderad version	L. Engelson
2013-12-09	1.1	Grafisk form	P. Envall

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning	4
2. Inledning	4
3. Data och urval	5
4. Metod	10
5. Resultat	12
6. Diskussion	13
7. Referenser	14

1. Sammanfattning

Denna PM är en del av forsknings- och utvecklingsprojektet CyCity finansierat av Vinnova. PM-et beskriver resultatet av en studie om fördröjning av cyklister i signalreglerade korsningar. Studien är baserad på GPS-data om cyklisternas förflyttningar i Linköping.

Inom föreliggande studie återanvänds tidigare inom CyCity insamlad GPS-data för att fördjupa kunskapen om cyklisters restid och ruttval. Varje försöksperson fick vid den datainsamlingen en GPS-mottagare med en instruktion att sätta på mottagaren när personen startade en cykelresa och stänga av vid slutet av resan. GPS-enheten registrerade positionen var tionde sekund längs med resan. Positionerna lagrades sedan i en databas och bearbetades senare i GIS. Databasen från den tidigare delstudien innehåller totalt ca 32 000 punkter för drygt 400 resor, tillhörande 99 personers cykelresor.

I två korsningar jämfördes fördröjningar för cyklister som korsade Malmslättsvägen öster om Vallarondellen. Malmslättsvägen är en huvudväg som i den aktuella sträckan går i riktningen öst-väst. I den östra korsningen, med Bjälbogatan, finns cykelbana i riktning nord-syd och i den västra korsningen, med Majgatan, finns ingen cykelbana i nord-sydlig riktning och cyklisterna kör i blandtrafik. Fördröjningen beräknades genom extrapolering av cyklisternas banor i tid och rum före och efter korsningen till Malmslättsvägens mittlinje och jämförelse av de två värdena (efter minus före). Efter borttagning av orimligt avvikande observationer har medelfördröjning och standardavvikelse beräknats vid de två korsningarna, se Tabell 1.

Cyklisterna följer	Antalet observationer	Fördröjning medelvärde i sekunder	Fördröjning standardavvikelse i sekunder
Cykelbana	13	30,75	22,72
Blandtrafik	9	17,32	18,49

Tabell 1. Fördröjning av cyklister vid en korsning där cyklisterna följer cykelbana, respektive cyklar i blandtrafik.

Från tabellen kan man se att genomsnittlig fördröjning i fallet med korsande cykelbana blev betydligt längre jämfört med fallet med blandtrafik, även om skillnaden inte är statistiskt signifikant pga stor variation mellan cyklisterna. Eftersom båda färdvägarna korsar samma huvudväg och det inte finns några korsningar mellan dessa två kan man anta att biltrafiken längs huvudvägen är ungefär samma vid båda korsningar. Hela skillnaden mellan fördröjningarna bör alltså kunna förklaras av skillnaden mellan trafiksignalerna för blandtrafik respektive cyklister som korsar Malmslättsvägen. Det är alltså troligt att trafiksignalen för cykelbanan ger lägre andel grön tid än trafiksignalen för den lokala gatan med blandtrafik. Data från Linköpings kommun bekräftar detta eftersom gröntiden för blandtrafiken som korsar Malmslättsvägen genom dessa korsningar är 26 sekunder medan det är 14 sekunder för cyklisterna. Detta förklarar åtminstone delvis varför cyklisternas medelhastighet på cykelbanorna är lägre än i blandtrafik, en slutsats från rapporten (Envall 2012).

2. Inledning

Många städer och regioner i Europa, Norra Amerika och Australien har cykelbanor avsedda för att separera cyklister från annan trafik. Detta görs i syftet att minska eventuella konflikter som kan uppstå pga. olika hastigheter i blandtrafik. De separata cykelbanorna upplevs av många som bra utifrån säkerhetssynpunkt. Å andra sidan kan blandtrafik vara säkrare pga. högre vägstandard och färre hinder i vägbanan.

Men det finns många cyklister för vilka restiden har betydligt högre vikt än säkerheten. Till exempel resultat av en undersökning genomförd bland kommunanställda i Malmö stad visar att många resenä-

rer vill få information om absolut snabbaste cykelrutt från start till målpunkten (Engelson och Envall, 2012). För sådana cyklister har cykelbanor ett värde bara om det går snabbare att cykla på de än i blandtrafik. Därför är det intressant att jämföra cyklisternas hastighet på cykelbanor och i blandtrafik.

En sådan jämförelse genomfördes av Envall (2012) baserat på GPS-data från Linköping och Ljubljana. Enligt dessa data är cyklisternas hastighet på cykelbanor lägre än på alla andra typer av vägar (se Tabell 2 nedan).

Vägtyp	Medelhastighet	Kommentar
Cykelbana (Vanligen delad av fotgängare och cyklister)	15,5	Stor varians
Stadshuvudgata (blandtrafik)	17,8	
Landsväg (blandtrafik)	21,4	
Lokalgata (blandtrafik)	15,8	Högre än cykelbana

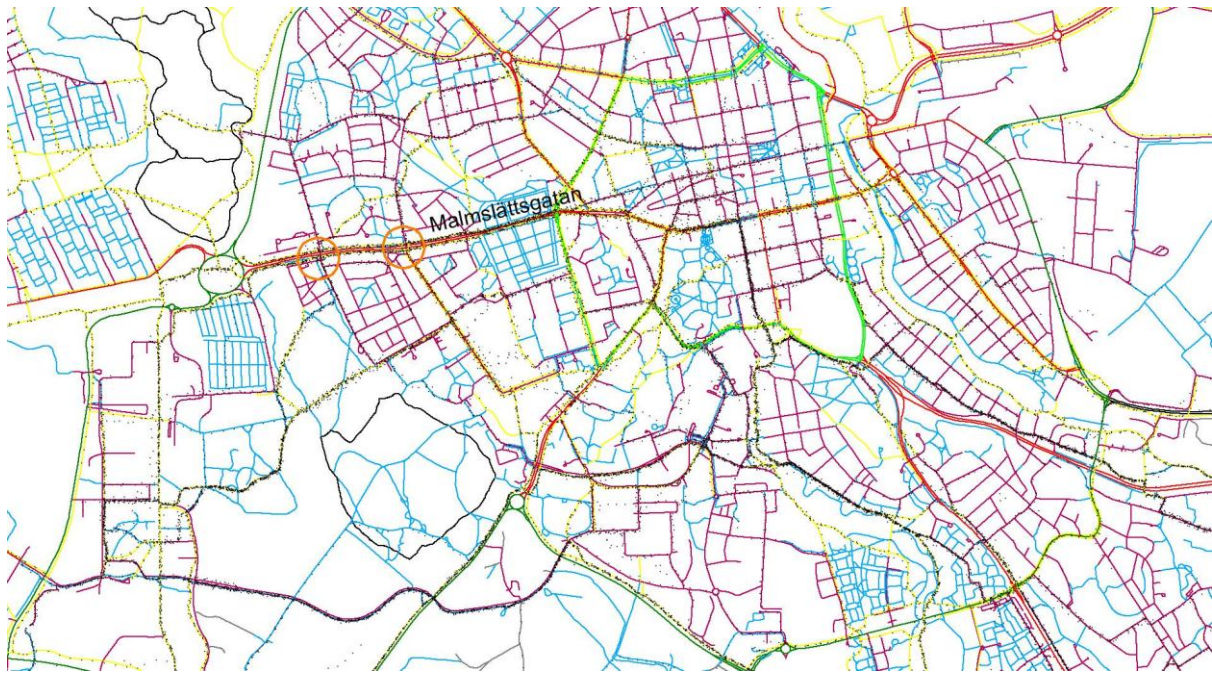
Tabell 2. Cyklisternas hastighet på olika typer av vägar i Linköping. Källa: Envall (2012).

Siffrorna i tabellen indikerar att investeringar i cykelbanor inte nödvändigtvis gör cykelresorna snabbare utan att det beror på *hur* nya cykelbanor och annan cykelinfrastruktur utformas i detalj. Hastighet på cykelbanor kan vara lägre än på andra vägar av tre anledningar. För det första sköts ofta cykelbanorna sämre än vägar med blandtrafik; detta gäller snöröjning, grussopning och gropar. För det andra utgör ofta långsamma cyklister samt fotgängare ett hinder för snabba cyklister. Ibland kan även fotgängare och för den delen cyklister som är ute med sina hundar i expanderbara koppel utgöra ett säkerhetsproblem. För det tredje kan fördröjning på en korsning för cyklist som färdas på en cykelbana bli betydligt längre än i blandtrafik eftersom andel av grön tid vid signalreglerade korsningar ofta är lägre för cykelbana än i blandtrafik.

Denna PM studerar just fördröjning för cyklister vid en korsning. Syftet är att beräkna och jämföra fördröjningar för de som färdas på cykelbana med de som cyklar på en körbana. Studien är baserad på GPS-data om cyklisternas resor i Linköping.

3. Data och urval

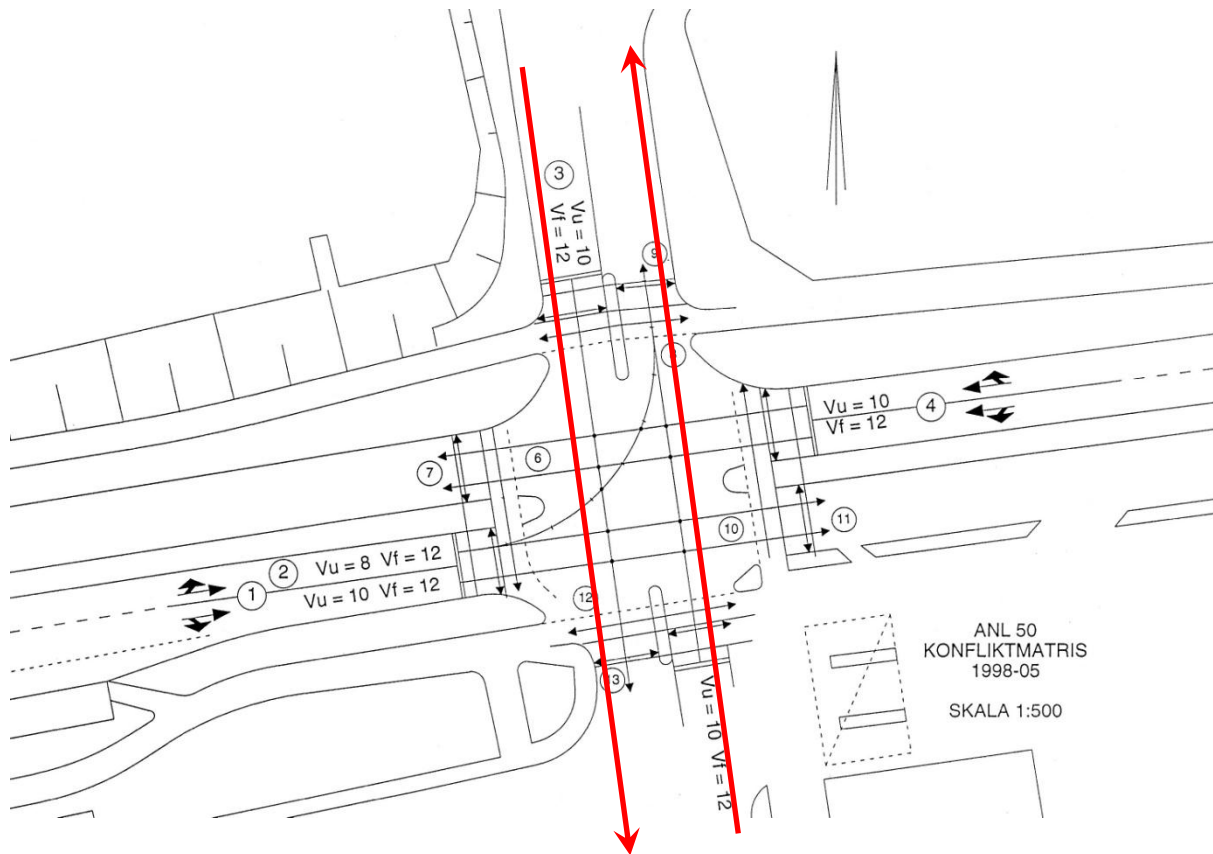
Inom föreliggande studie återanvänds tidigare inom CyCity insamlad GPS-data (Envall 2012) för att fördjupa kunskapen om cyklisters restid och ruttval. Försökspersoner vid datainsamlingen rekryterades vid tre arbetsplatser i Linköping: VTI, Miljö- och samhällsbyggnadskontoret samt Universitetssjukhuset. Varje försöksperson i den tidigare studien fick en GPS-mottagare med en instruktion att sätta på mottagaren när personen startade en cykelresa och stänga av vid slutet av resan. GPS-enheten registrerade positionen var tionde sekund längs med resan. Positionerna lagrades sedan i en databas och bearbetades senare i GIS. Därmed kan cyklisternas rutter och hastigheter spåras som sekvenser av GPS-punkter. Ett exempel på en sådan sekvens, med tidsangivelserna, visas på omslagsbilden. Databasen innehåller totalt ca 32 000 punkter tillhörande 99 cyklister som cyklade i Linköping under april-maj 2011. Totalt registrerades över 400 cykelresor i Linköping som en del i den tidigare studien. Figur 1 visar ett urval av GPS-punkterna som svarta prickar.



Figur 1. Centrala delen av Linköping med GPS-punkter från cyklister. De två korsningarna med Malmslättsvägen är markerade med orange ringar.

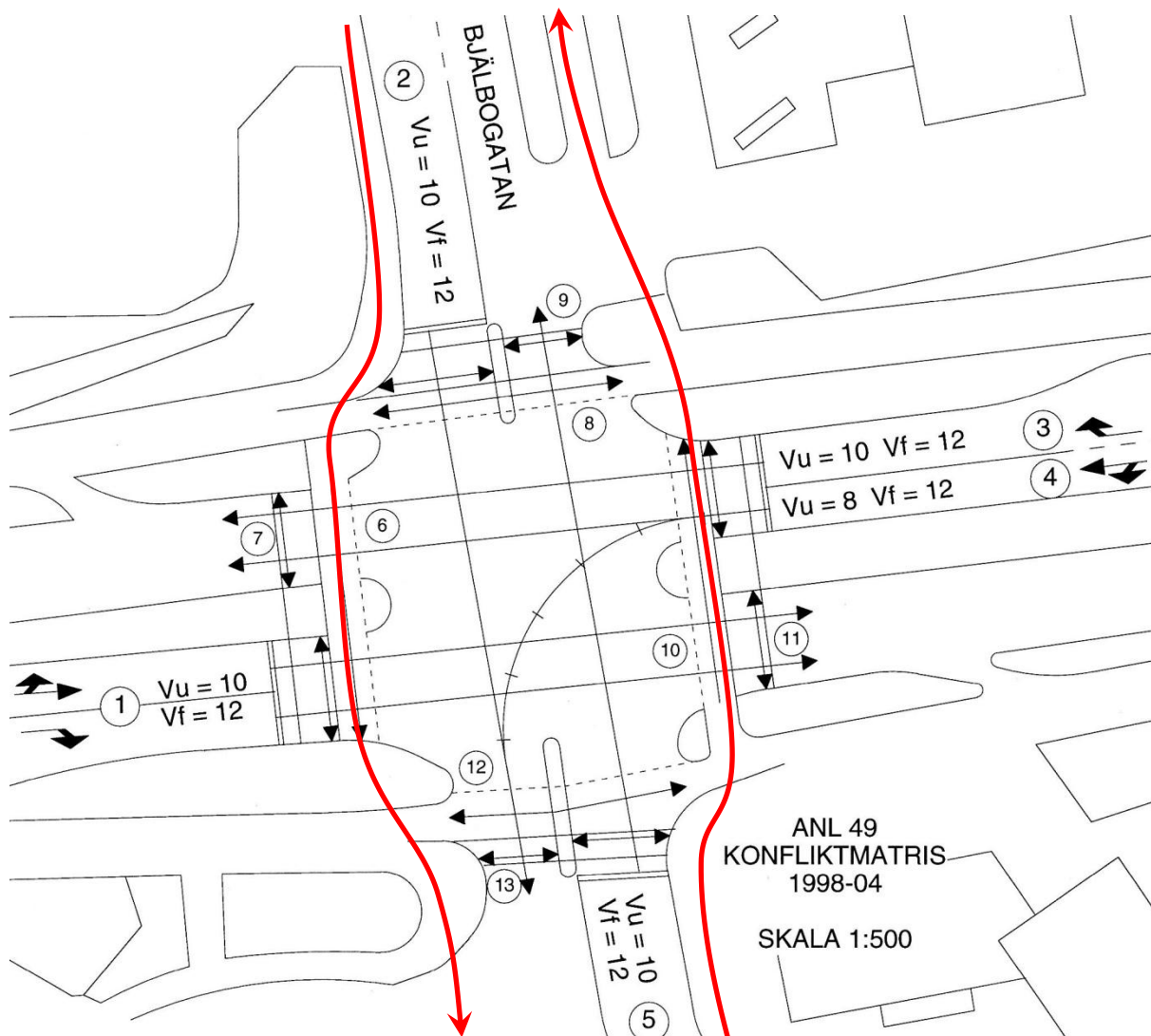
För att skatta fördröjningen vid de två korsningarna valdes så lika förutsättningar som möjligt i alla avseenden förutom att cyklisterna färdas på cykelbana i ena korsningen och i blandtrafik i andra korsningen. Som syns i Figur 1 ligger de båda utvalda korsningarna utmed Malmslättsvägen (markerade med orange ringar), en huvudväg i Linköping som förbinder stadens centrum med de västra stadsdelarna. I en av de västra stadsdelarna finns även VTI där många försökspersoner arbetar; detta förklarar varför det är särskilt många svarta prickar på Malmslättsvägen i Figur 1. En cykelbana går längs Malmslättsvägen på båda sidorna. På omslagsbilden är cykelbanorna ritade i gult.

På omslagsbilden kan man även se de båda korsningarna: den östra med Bjälbogatan och den västra med Majgatan. Det finns cykelbanor på båda sidor av Bjälbogatan söder om korsningen (där gatan byter namn till Westmansgatan) och även upp till ca 50 m norr om korsningen. Inga cykelbanor finns längs Majgatan. Vid båda korsningarna med Malmslättsvägen finns det cykelöverfarter med särskilda trafiksignaler för cyklar på alla fyra sidor, som syns på Figur 2 och 3.



Figur 2. Schema över den västra korsningen Malmslättsvägen/Majgatan. De två röda linjerna visar hur cyklister vars data vi analyserar troligen kör genom korsningen.

Cyklister som kommer till den västra korsningen (med Majgatan) norrifrån eller söderifrån och ska fortsätta rakt fram (som i figuren på omslaget) kan välja mellan två alternativ. Alternativ 1: passera korsningen i blandtrafik; Alternativ 2: svänga höger och vänster för att komma till cykelöverfarten, korsa Malmslättsvägen, svänga vänster och höger (se Figur 5). Det är troligt att de flesta cyklister väljer Alternativ 1, exemplifierat av GPS-punkterna på omslagsbilden och visat med röda linjer i Figur 2.



Figur 3. Schema över den östra korsningen Malmslättsvägen/Bjälbogatan. De två röda linjerna visar hur cyklister vars data vi analyserar troligen kör genom korsningen.

Även cyklister som passerar den östra korsningen (med Bjälbogatan) har motsvarande alternativ men Alternativ 2 är vid denna korsning mer attraktiv eftersom cykelbanan längs Bjälbogatan ansluter till cykelöverfarterna, se Figur 4. Därmed kan man anta att de flesta cyklisterna använder cykelöverfarterna enligt de röda linjerna i Figur 3.

För analysen användes alla sekvenser av GPS-punkter (rutter) som passerar respektive korsning, dvs sådana som har GPS-punkter på båda sidor om Malmslättsvägen inom 250 m från korsningens mittpunkt inom fem minuter. Detta resulterade i 10 sekvenser för den västra korsningen och 14 sekvenser för den östra korsningen.



Figur 4. Korsningen Malmslättsvägen/Bjälbogatan norrifrån. Cykelbanorna ansluter till cykelöverfarterna.

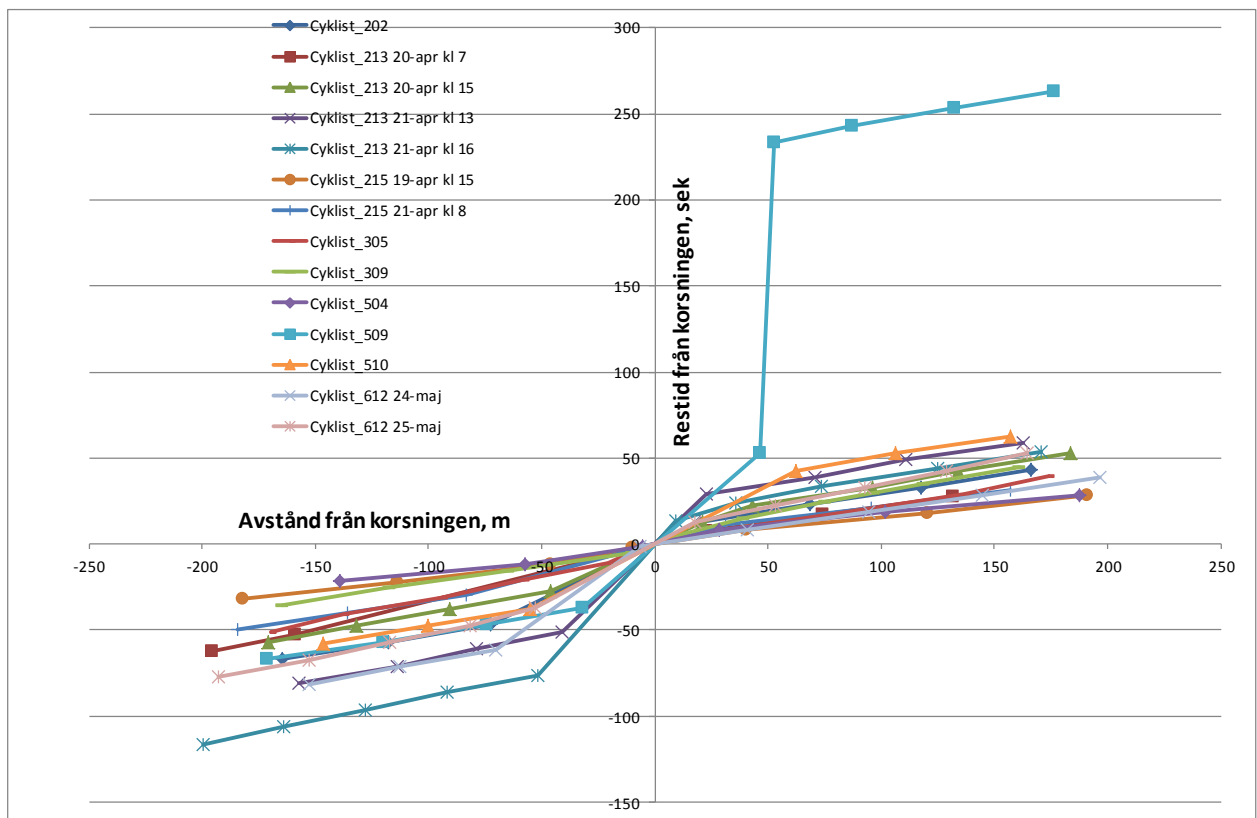


Figur 5. Vy från korsningen Malmslättsvägen/Majgatan söderut. Cykelöverfarten ansluter inte till någon cykelbana.

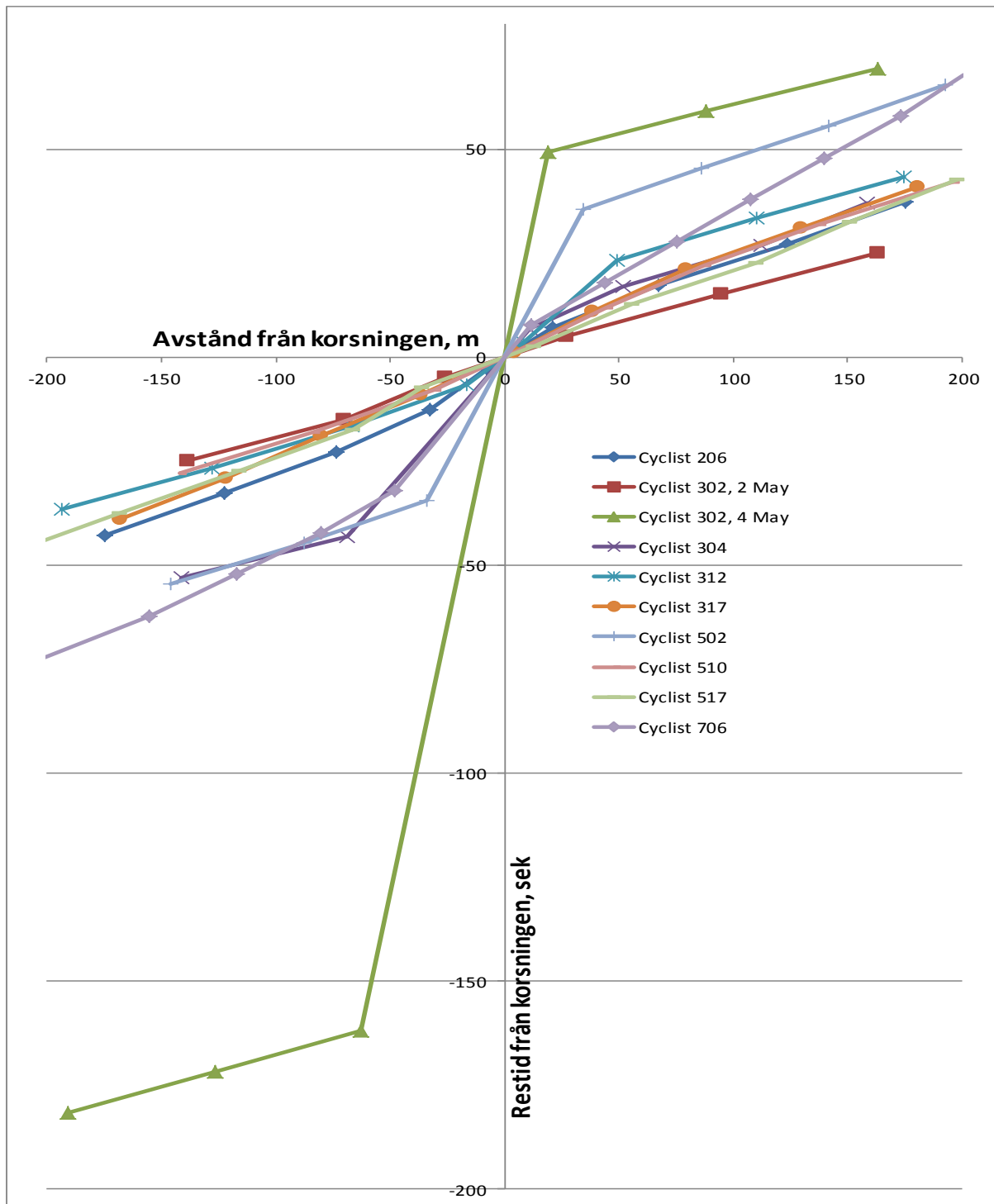
4. Metod

För varje utvald sekvens av GPS-punkter bestämdes tiden och punkten då och där cyklisten korsade mittlinjen av Malmslättsvägen genom linjär interpolering. Från denna tid och punkt (origo) räknades banor av alla utvalda rutter i tid och rum inom 200 m från korsningen. Dessa banor visas i Figur 6 för västra korsningen och i Figur 7 för östra korsningen, med avstånd till/från origo på horisontella axeln och tid till/från origo på vertikala axeln. Man kan se att banan är brantare, d v s hastigheten är lägre, nära korsningen än borta från korsningen.

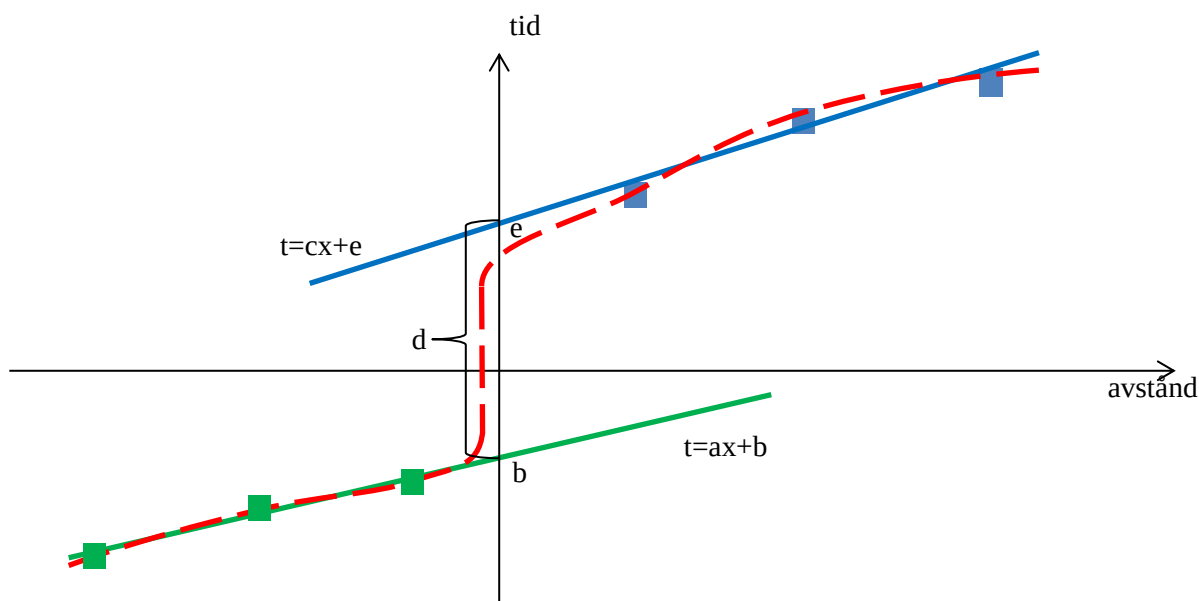
Beräkning av själva korsningsfördröjningen utifrån en sekvens av GPS-punkter illustreras i Figur 8. Den röda kurvan i Figur 8 är den faktiska cyklistens bana i tid och rum. Av den banan är de gröna punkterna (innan korsningen) och de blåa punkterna (efter korsningen) observerade. Utifrån dessa återskapar vi approximationer av banan (den gröna och den blåa regressionslinjer). Tiden då regressionslinjen träffar mittlinjen (avstånd=0) är en approximation av den hypotetiska tidpunkten som mittlinjen skulle korsas om Malmslättsvägen skulle vara avstängd och alla trafikljus skulle vara borta. En regressionslinje $t=ax+b$ beräknas utifrån punkter som ligger innan korsningen (till vänster av origo). Denna linje motsvarar en bana i tid och rum som cyklisten skulle följa om korsningen skulle vara borta. Linjens korsningspunkt med vertikala axeln, b , motsvarar tidpunkt då cyklisten skulle korsa Malmslättsvägens mittlinje. Motsvarande regressionslinje $t=cx+e$ beräknas för delen av banan efter korsningen, där e motsvarar tidpunkt då cyklisten skulle korsa Malmslättsvägens mittlinje. Skillnaden $d=e-b$ är då approximation för fördröjning som orsakas av själva korsningen inklusive inbromsning och acceleration.



Figur 7. Banor i rum och tid av cyklisterna som korsar Malmslättsvägen i östra korsningen.



Figur 6. Banor i rum och tid av cyklister som korsar Malmslättsvägen i västra korsningen.



Figur 8. Beräkning av fördröjning orsakat av korsningen. Den vertikala delen av röda kurvan motsvarar tidsintervall då cyklisten står och väntar på grönt före korsningen.

5. Resultat

Resultat av beräkningarna av fördröjningarna visas i Tabell 3.

Num	Västra korsningen		Num	Östra korsningen	
1	10.31	Cyklist_206	1	40.20	Cyklist_202
2	2.34	Cyklist_302 2-May	2	12.74	Cyklist_213 20-apr kl 7
3	198.81	Cyklist_302 4-May	3	25.96	Cyklist_213 20-apr kl 15
4	39.03	Cyklist_304	4	64.77	Cyklist_213 21-apr kl 13
5	12.80	Cyklist_312	5	75.68	Cyklist_213 21-apr kl 16
6	2.59	Cyklist_317	6	7.68	Cyklist_215 19-apr kl 15
7	57.69	Cyklist_502	7	19.42	Cyklist_215 21-apr kl 8
8	4.72	Cyklist_510	8	6.48	Cyklist_305
9	1.56	Cyklist_517	9	5.93	Cyklist_309
10	24.87	Cyklist_706	10	9.73	Cyklist_504
			11	138.88	Cyklist_509
			12	55.09	Cyklist_510
			13	44.80	Cyklist_612 24-maj
			14	31.27	Cyklist_612 25-maj

Tabell 3. Beräknade fördröjningar av cyklister på de två korsningarna.

Som man kan se blev alla skattade fördröjningar positiva som var förväntat. Vissa av fördröjningarna är dock så långa att de rimligen inte kan förklaras bara av själva korsningen. För att rensa bort sådana observationer har vi begärt data från Linköpings kommun om trafiksignaler vid dessa korsningar.

Trafiksignalcykeln visade sig vara högst 105 sekunder och gröntiden för cyklister som korsar Malmslättsvägen är 14 sekunder i varje trafiksignalcykel för båda korsningarna. Det innebär att signalerna i korsningarna inte kan fördröja cyklisten längre än 91 sekund. I fallen med observation 3 på Majgatan (199 sekunder) och observation 11 på Bjälbogatan (139 sekunder) är det mycket troligt att cyklisten stannade vid korsningen ytterligare av någon anledning (träffade en kompis, rättade till cykeln eller dylikt) som inte har med själva korsningen att göra. Dessa två observationer har därför tagits bort. Baserat på resterande observationer har medelfördröjningen och standardavvikelse beräknats och presenteras i Tabell 4.

Cyklisterna följer	Antal observationer	Fördröjning medelvärde (sek)	Fördröjning standardavvikelse (sek)
Cykelbana (östra korsning)	13	30,75	22,72
Blandtrafik (västra korsning)	9	17,32	18,49

Tabell 4. Fördröjning av cyklister vid en korsning där cyklisterna följer cykelbana, respektive cyklar i blandtrafik.

6. Diskussion

Från Tabell 4 kan man se att den uppskattade medelfördröjningen när de flesta cyklister följer cykelbana är betydligt längre än när det inte finns cykelbanan i anslutning till cykelöverfarten. Skillnaden är ”nästan” signifikant på 10 % nivå: den beräknade statistiken är 1,52 medan det kritiska värdet är 1,64. Att det inte går att säkerställa signifikans beror troligen på stor variation mellan fördröjningarna för individuella cyklister. Vissa cyklister kommer ju till korsningen när det är grönt medan andra behöver vänta upp till 91 sekund.

Medelfördröjningen för cyklister som följer trafiksignalerna vid cykelöverfarten kan beräknas mer pålitligt utifrån data om längden på signalcykeln och andel grönt ljus enligt formeln från Roupail *et al.* (1998):

$$d = 0.5C [1 - (g/C)]^2 / \{1 - (g/C)[\text{Min}(V_{\text{bike}}/S_{\text{bike}}/(g/C), 1.0)]\}$$

där:

d = medelfördröjning i sekunder;

g = gröntid i sekunder;

C = längden på signalcykeln i sekunder;

V_{bike} = flöde i cyklister/timme;

S_{bike} = mättnadsflöde i cyklister/timme.

Som mättnadsflöde brukar man anta 2000 cyklar per timme. Vi antar längden på signalcykel $C=105$ sekunder som är det högsta möjliga värde på de två korsningarna. Formeln behöver även flödet av cyklister som input. Vi kan anta att flödet varierar mellan 20 och 240 cyklister per timme. Vid 14 sekunder grönt ljus i varje signalcykel blir medelfördröjningen mellan 40 och 45 sekunder medan med 26 sekunder grönt ljus blir det mellan 30 och 34 sekunder. Att dessa siffror är 30-75% större än de uppskattade enligt Tabell 4 indikerar att inte alla cyklister följer reglerna och väntar på grönt ljus. Enligt Envall och Nordström (2012) som undersökte cyklisters beteende vid rött ljus på fyra korsningar i Stockholm verkar andelen som kör mot rött ligga kring 10 %. Detta innebär att skillnaden mellan de uppskattade och de beräknade värden enligt formeln ovan inte kan förklaras endast av cykling mot rött. Skillnaden kan även bero på att signalcykeln kan vara kortare än 105 sekunder och på det statistiska felet pga. det begränsade urvalet av cyklister.

Korsningsfördröjningar är en betydande del av den totala restiden för cykelresor. Men att ta hänsyn till dessa i en cykelreseplanerare är inte lätt pga. stor variation i fördröjningen beroende på detaljer i utformning av korsningen. Som visas av de två korsningsexempel ovan beror medelfördröjningen inte bara på signalplaner för cyklar utan även på hur cykelbanan ansluter till cykelöverfarten. För vissa svängrörelser kan det vara lämpligt att räkna fördröjningen för cyklister utifrån signalplaner för bilar eftersom cyklisterna kan välja och ofta väljer att cykla i blandtrafik när anslutning till cykelöverfarten saknas eller är obekväm.

7. Referenser

Rouphail, N., J. Hummer, J. Milazzo II, and P. Allen (1998) Capacity Analysis of Pedestrian and Bicycle Facilities: Recommended Procedures for the "Bicycles" Chapter of the Highway Capacity Manual. Federal Highway Administration, USA. Updated: 04/12/2012.

<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/98108/chapter3.cfm>

Engelson, L., och P. Envall (2012) Vad är en bra cykelreseplanerare? En undersökning av kommunanställda i Malmö. WSP, December 2012.

http://www.cycity.se/docs/DP11_Cykelreseplanerare_slutrapport.pdf

Envall, P. (2012) Using GPS technology to better understand the needs of cyclists: a small revolution for cycle planning? Presentation at the Velo-City Conference, Vancouver. 29th June 2012.

http://www.cycity.se/docs/2012-06-29%20VeloCity_Roundtable_Envall_lowres.pdf

Envall, P. och T. Nordström (2012) CyCitys fältstudier av cykelstaden. WSP, januari 2012.