

Kontroller avseende samhällsekonomi och trängselskatteförsöket i Stockholm

1. Introduktion

Syftet med detta projekt är att utföra vissa kontroller av delar av den samhällsekonomiska analysen av trängselförsöket i Stockholm.

I samhällsekonomiska kalkyler ingår det nyttoberäkningar som uppskattar värdet av olika typer av förändringar i det system som beaktas. Centrala delar är förändringar i priser, restider, väntetider med mera som orsakar positiva eller negativa nyttoförändringar (i termer av pengar) för olika individer/företag/offentlig sektor som ingår i kalkylen. Många nyttoförändringar för medborgarna uppskattas i termer av ytan under efterfrågekurvan minus kostnaderna för den vara/tjänst som efterfrågas. Skillnaden mellan dessa ytor före respektive efter en systemförändring är ett sätt att skatta värdet förändringen för medborgarna. Värderingen av ex vis bilrestidsförändringar skattas på varje länk i trafiknätverket genom att skillnaden i restidsvärde (= restid * tidsvärde) erhålls av alla bilresenärer som är kvar på länken efter en förändring (i det nu aktuella fallet införande av trängselskatt). Denna yta utgör en *rektangel*. För de som avstår (eller tillkommer) utgör ytan mellan efterfrågekurvan och marginalkostnaden approximativt en *triangel* vars yta beräknas. Denna senare del speglar en successivt ändrad betalningsvilja för förändringen (med start från 0 till skillnaden mellan *före* och *efter*).

Rent allmänt gäller att nyttan, W , i termer av till exempel restidsvärde eller trängselkostnad, skattas på de olika delmarknaderna i transportsystemet med *rule of the half*:

$$\begin{aligned}
 W &= \sum_i (T_i^0 + T_i^1)/2 \cdot (c_i^0 - c_i^1) = \sum_i [\min((T_i^0, T_i^1) + \text{abs}(T_i^0 - T_i^1)/2) \cdot (c_i^0 - c_i^1) = \\
 &= \sum_i [\text{kvarvarande trafikanter}_i + 0.5 \cdot \text{ändrat antal trafikanter}_i] \cdot (\text{nyttoeffekt per resa}) = \\
 &= \sum_i [\text{effekt kvarvarande trafikanter}_i + \text{effekt ändrat antal trafikanter (triangel)}]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

där

W = nytta för samtliga delmarknader i

i = index för marknad (ex vis bil- resp kollektivtrafikanter, olika länkar i trafiknätverk m m)

T_i^0 = antal resor i jämförelsealternativet (JA)

T_i^1 = antal resor i utredningsalternativet (UA)

c_i^0 = generaliserad kostnad i jämförelsealternativet (JA)

c_i^j = generaliserad kostnad i utredningsalternativet (UA)

2. Restidsvinster i biltrafiken

Den mest kontroversiella posten i den samhällsekonomiska kalkylen avser värderingen av restidsvinster. I kapitel presenteras två överslagsberäkningar av denna baserade dels på professorerna Prud'homme och Kopps enkla modell, dels på den officiella utvärderingens databas. Överslagsberäkningen baserad på Prud'homme och Kopps enkla, överskådliga 2-ruttsmodell, och med användning av floating car data från VTI, KTH och Vägverket Konsult görs i en beräkning nedan. Ett problem med floating car data är att de uppvisar en stor variabilitet vilket gör att säkrare data från Trafikkontorets restidsmätande kameror och MCS-systemet på E4-an föredras som datakällor av TRANSEK. Fransmännen föredrar också säkrare datakällor men har inte haft möjlighet att ta del av all data. I princip är dock alla data tillgängliga i Trafikkontorets databas.

Floating car data sammanfattas i Tabell 1.

	Average speed [km/h]		Diff	Average travel time before for 100 km [min]	Average travel time after for 100 km [min]	Relative time gain
	2005	2006		2005	2006	
Inside	22.89	25.35	2.46	26.208	23.666	-0.0970
Traverse	47.62	47.26	-0.36	12.600	12.695	0.0075
Radial	52.80	56.60	3.79	11.363	10.601	-0.0670
	42.04	45.85	3.81			

Tabell 1. Summering av resultat från floating car mätningar avseende innerstaden, infarter och tvärförbindelser.

Applicering av ekv (1), se kapitel 1, med Prud'homme modell och dataunderlag i kombination av floating car data enligt Tabell 1 ger resultat enligt Tabell 2. Försämringen på tvärförbindelserna är inkluderad genom att 50 % av totaltiden i Stockholms län exklusive *Inside* och *Radial* antas påverkade. Flödet antas oförändrat i denna kalkyl. Restidsnyttan blir med dessa förutsättningar drygt 60 % av TRANSEK's värde, 332 jämfört med 523 MSEK.

Som nämnts är variationen i floating car data stor, vilket innebär att resultatet ovan är behäftat med en ansevärd osäkerhet som en följd av det relativt få antalet observationer i dataunderlaget. Uppskattningen på 332 MSEK står *inte* i motsats till 523 MSEK när man tar hänsyn till osäkerheten i floating car data i kombination med den enkla modellen för Stockholm. Ytterligare en möjlig förklaring till skillnaden skulle kunna vara att värderingen av restidsvinster gjorts på länk-nivå av TRANSEK, se kapitel 7, vilket kan betyda att 523 MSEK är en icke obetydlig överskattning.

Type	Total flow before [passages] with data from Prudhomme draft Tables 1 and 5	Total time before [hours] with data from Prudhomme draft Table 1	Time gain [share]	Reduction in flow after toll that leads to less total travel times [share]	Value per hour	Time gain in hours per day with 2004 data	Time gain in kSEK per day with 2004 data
Inside	103 000	27 467	0.0970	0	100	2664	266
Traverse	791 000 ¹	264 433	-0.0075	0	100	-1983	-198
Radial	410 000	211 833	0.0670	-0.145	100	13169	1317
SUM						13 850	1 385
							W (rectangle + triangle)
SUM per year	#days	240				3 324 092	332 409

Tabell 2. Skattning av effekter enligt ekv (1) med Prud'hommes modell och floating car data.

Ytterligare en uppskattning av restidsvinsterna görs med de restids- och flödesdata som kopplats till länkar i den nätverksmodell som använts i utvärderingen. Enligt uppgift i TRANSEK's data utgör restidseffekterna på de observerade länkarna 429 av 536 MSEK, d v s hela 80 %. Data i den databasen utgörs av data från Trafikkontorets kameramätningar, MCS-systemet och floating car data (mycket data har förkastats på grund av dålig kvalitet). Restidsdata har fördelats ut på länkar i nätverksmodellen i proportion till länkarnas längd. Vi har inte möjlighet att gå igenom denna omfattande procedur i detalj utan accepterar observerade länkdata avseende 775 länkar som avser:

- Restid under fm-rusning
- Restid under em-rusning
- Flöde under fm-rusning
- Flöde under em-rusning
- Dygnsflöde (se Figur 1 för dess dygnsvariation)

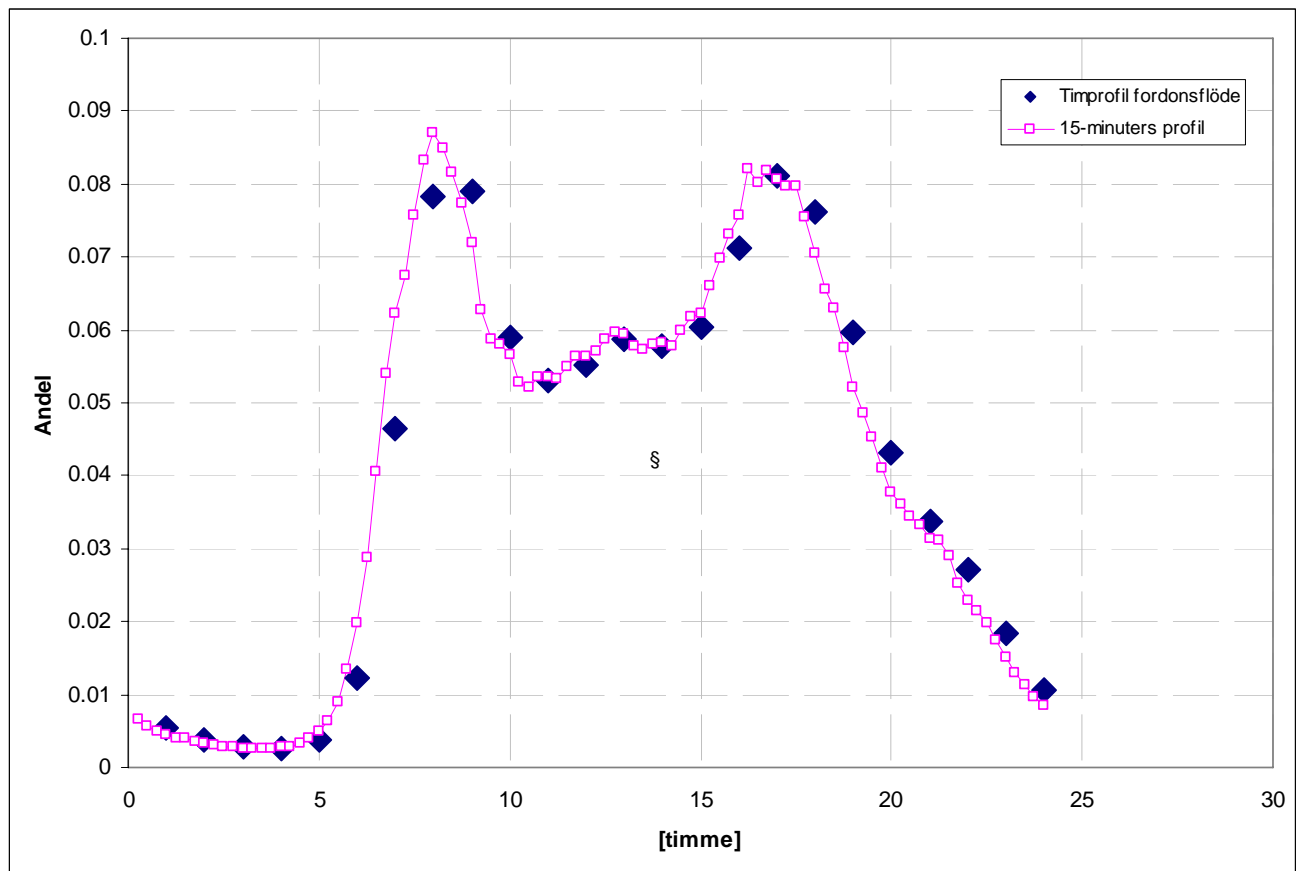
En översikt av dessa data ges i Tabell 3.

¹ Här antas 50 % av trafiken påverkad.

		2005	2006	Förändring [%]
Flöde [tusental]	fm-högtrafik	1268	1174	-7.4
	em-högtrafik	1344	1236	-8.1
	dag	16217	15236	-6.1
Total restid [timmar]	fm-högtrafik	14666	11918	-18.7
	em-högtrafik	15145	12196	-19.5
Trafikarbete [tusen fkm]	fm-högtrafik	565.4	530.5	-6.2
	em-högtrafik	600.0	557.7	-7.0
	dag	7166.5	6793.4	-5.2
Restid per km [min]	fm-högtrafik	1.56	1.35	-13.4
	em-högtrafik	1.51	1.31	-13.4

Tabell 3. Översikt av data på länkar med observerade flöden.

Vidare finns flödesprofildata för 12 flödesprofiler, vilka vi summerar till en genomsnittlig flödesprofil för att förenkla beräkningarna (oviktat genomsnitt). Som framgår av Figur 1 så är maxtimmarna på morgonen mellan kl 7 och kl 9 respektive mellan kl 16 och kl 18 på eftermiddagen.



Figur 1. Genomsnittlig flödesprofil för ett trafikdygn.

Vi nyttjar därför rusningstidsdata för dessa 2+2 timmar i ekv (1), se kapitel 1, som en del av bidragen till totalnyttan. Frågan är då hur restidsvinsterna omkring dessa timmar varierar. För att undvika att tränga in i de bakomliggande sammanvägningarna som gjorts av TRANSEK, så konstruerar vi en *trängseffektfaktor* för fm (kl 6:00 till 12:00) respektive em (kl 12:00 till 19:00) som minskar mer än proportionellt mot trafiken, nämligen som

$$TEF_t = [(index_t)/(medelvärde \text{ under maxtimmarna})]^\gamma \quad (2)$$

där

TEF_t = trängseffektfaktor för timme t

γ = exponent som anger hur snabbt faktorn minskar med minskande trafikflöde

$index_t$ = trafikindex för timme t , d v s hur stor andel av dygnstrafiken som passerar timme t

Att faktorn minskar snabbare än nedgången i trafikflödet motiveras av att trängseffekterna bestäms av påtagliga icke-linjära samband som växer kraftigt med trafikvolymerna. Det är därför motiverat att dra ner effekterna före och efter maxtimmarna.

Timme	Flödesindex ($index_t$)	Index relativt maxtimmar	γ			
			1.5	2	2.5	3
1	0.005	0.069	0	0	0	0
2	0.004	0.048	0	0	0	0
3	0.003	0.036	0	0	0	0
4	0.003	0.034	0	0	0	0
5	0.004	0.048	0	0	0	0
6	0.012	0.154	0	0	0	0
7	0.046	0.590	0.45	0.35	0.27	0.20
8	0.078	0.996	1	1	1	1
9	0.079	1.004	1	1	1	1
10	0.059	0.750	0.65	0.56	0.49	0.42
11	0.053	0.674	0.55	0.45	0.37	0.31
12	0.055	0.703	0.59	0.49	0.41	0.35
13	0.059	0.745	0.64	0.56	0.48	0.41
14	0.058	0.734	0.63	0.54	0.46	0.40
15	0.060	0.767	0.67	0.59	0.52	0.45
16	0.071	0.903	0.86	0.82	0.78	0.74
17	0.081	1.031	1	1	1	1
18	0.076	0.969	1	1	1	1
19	0.060	0.756	0.66	0.57	0.50	0.43
20	0.043	0.548	0	0	0	0
21	0.034	0.428	0	0	0	0
22	0.027	0.344	0	0	0	0
23	0.018	0.234	0	0	0	0
24	0.011	0.135	0	0	0	0

Tabell 4. Flödesindex över dygnet och värden på trängseffektfaktorn för olika γ .

Nu appliceras ekvation (1) på dessa länkar där restider och flöden under maxtimmarna används för värderingen av restiderna under de timmarna. Trängseffektfunktionen har då värdet 1 och inverkar därför neutralt. För övriga tider på definieras värdena på variablerna enligt:

$$\begin{aligned}
 T_{it}^0 &= (\text{dygnsflöde länk 2005})_i * index_t && \text{för länk } i, \text{ timme } t \\
 T_{it}^1 &= (\text{dygnsflöde länk 2006})_i * index_t && \text{för länk } i, \text{ timme } t \\
 c_i^0 &= (\text{länkestid 2005})_i * TEF_t && \text{för länk } i, \text{ timme } t \\
 c_i^1 &= (\text{länkestid 2006})_i * TEF_t && \text{för länk } i, \text{ timme } t
 \end{aligned}$$

Insättning i ekvation (1) ger för varje högtrafiktimme under f_m och e_m :

$$W = \sum_i [(f_m/e_m\text{-länkflöde } 2005)_i + (f_m/e_m\text{-länkflöde } 2006)_i] / 2 \cdot ((f_m/e_m\text{-länkestid } 2005)_i - (f_m/e_m\text{-länkestid } 2006)_i) \cdot \text{tidsvärdet} \quad (3)$$

Insättning i ekvation (1) ger för varje timme t utanför högtrafikperioden (uttrycket inom hakparenteserna är samma för alla dessa timmar, endast trafikindex och trängseffektfaktor varierar):

$$W = \sum_i [(\text{dygnsflöde länk } 2005)_i + (\text{dygnsflöde länk } 2006)_i] / 2 \cdot ((\text{länkestid } 2005)_i - (\text{länkestid } 2006)_i) \cdot \text{index}_t \cdot \text{TEF}_t \cdot \text{tidsvärdet} \quad (4)$$

Resultaten för de observerade länkarna erhålls nu för olika värden på γ i Tabell 5.

	γ	Timmar/dag	Andel av W under 4 maxtimmar [%]	Antal dagar/år	Tidsvärde per fordon med 0.25 pass	W [Mkr per år]
Restidsvärdering (W)	3.0	11646	57	240	122	341
	2.5	12361	54	240	122	362
	2.0	13197	50	240	122	386
	1.5	14176	47	240	122	415

Tabell 5. Restidsvärdering för länkar med observerade flöden givet olika värden på γ .

Vi finner att restidsvärdering på de observerade länkarna är i storleksordningen 340 till 415 MSEK per år med beskrivna förutsättningar (restider på länkar erhålls av Vägverket Konsult på begäran under förutsättning att TRANSEK inte meddelar förbehåll). TRANSEK har uppskattat effekterna på obs-länkarna till 429 MSEK per år, och det högsta värdet i Tabell 5 ligger nära detta värde. Den beskrivna metoden avviker från den som använts av TRANSEK genom gjorda förenklingar avseende flödesprofilerna och användningen av trängseffektfaktor. TRANSEK har använt produkten av ett flödesindex och ett restidsindex per länkprofil, totalt 12 stycken, under olika tider på dygnet för att bestämma omräkningstal. Varje länk i nätverket har associerats med en av de 12 profilerna. Den variant av överslagberäkningarna som närmast avspeglar TRANSEK:s värden är den med $\gamma = 1.5$ (exakt samma erhålls med $\gamma = 1.31$).

Resten av effekterna från 429 MSEK till 536 MSEK (enligt Excel-fil med data) erhålls från länkar utan observerade restider och dessa har lämnats utanför denna jämförelse. Dessa utgör emelltid endast c:a 20 % av de kalkylerade restidsvinsterna, vilket förefaller fullt rimligt (borde inte vara en överskattning, jfr med diskussion i kapitel 6 om nätverksmodeller som EMME/2) med tanke på att de tillsammans representerar över 10 000 länkar, jämfört med 867 observerade. De observerade länkarna representerar en mycket större andel av trafikarbetet än vad antalet länkar gör (med c:a 28 miljoner fordonskm per dygn i Stockholm län och c:a 7 miljoner på de observerade länkarna blir andelen c:a 25 %).

2.1 Inverkan av övriga faktorer

I TRANSEK (2006a, sid 52) presenteras en tabell avseende inverkan av övriga faktorer som påverkar trafiken. Den beräknade totaleffekten avseende resandet av sysselsättning, bensinpris, antal bilar och antal bilar per sysselsatt tas med. Totaleffekten skattas till -0.9 % vilket bedöms

negligerbart. Bensinpriset har ökat från 10.89 kr/liter till 12.22 kr/liter från april 2005 till april 2006. Korrigerat för en inflation på c:a 2 % ger detta en bensinprisökning på c:a 10 % och med en bensinpriselasticiteter avseende trafikarbete på c:a -0.3 svarar detta mot en minskning av trafikarbetet med 3 %.

Det finns en svag tendens hos trafikvolymerna att successivt närma sig nivåerna under jämförelseperioden år 2005. Enligt Eliasson (2006) är skillnaden januari till juni: -28, -24, -23, -22, -22 respektive -22 %, vilket indikerar en stabilisering under den senare delen av försöket på c:a -22 %. En faktor som även bör beaktas är införandet av enhetstaxan i kollektivtrafiken i maj 2006. Effekten av denna för "naturliga" biltrafikanter är en ökad flexibilitet i termer av kombinerad användning av bil och kollektivtrafik. Anledningen är att biljettkostnaden för en kollektivresa över många zoner sjönk kraftigt från 40 – 50 kronor till 18 kronor (vid köp av häfte), vilket gör enstaka kollektivresor betydligt konkurrenskraftigare gentemot bilkostnader, trängselavgift och kötider. För arbetspendlare med kollektivtrafiken går brytpunkten (månadskort == enkelbiljetter) nu vid 17 pendlingsdagar per månad. För dem som ofta, av ett eller annat skäl (behov av bil, arbetar hemma, vård av barn, sjukdom), inte reser till arbetet med kollektivtrafiken 4 till 5 dagar eller mer på en 30 dagarsperiod är kollektivresekostnaden densamma eller lägre med enkelbiljetter. Denna effekt är mer påtaglig för mindre frekventa resenärer. Effekterna syns genom SL:s påtagligt minskade intäkter från periodkortet.

I augusti 2006 har resandevolymerna till och från innerstaden minskat från 9.348 milj till 8.945 (dock finns endast uppgift om en *typdag* för 2005, se Miljöavgiftskansliets hemsida, (<http://www.stockholmsforsoket.se/templates/page.aspx?id=9563>), en minskning med -4 %. Förklaringarna till detta kan vara skäl som diskuterats ovan, men också *en slags inlärningseffekt* genom att vissa tidigare biltrafikanter kan ha övertygats om att kollektivtrafiken egentligen är att föredra framför kötider, bilkostnader och parkeringskostnader (inklusive förmånsvärdet av arbetsgivarbetald parkering).

Med syftet att isolera för effekterna av dessa faktorer har vi gjort en överslagsberäkning. Analysen baseras på de 775 observerade länkarna och görs för maxtimmarna. Effekterna räknas om till en dygnseffekt via omräkning av maxtimmeseffekterna till dygnsnivå (med omräkningstal som i Tabell 5).

Effekterna av en generaliserad trafikändring, ΔTA , mellan -1 och -4 % görs genom att restidsförändringen i systemet enligt Tabell 3 används. Eftersom restidsvinsterna är icke-linjära funktioner av flödet antas att restidsvinsten i systemet under ex vis fm (-13.4 %) erhålls som en kvadratisk funktion av förändringen i trafikarbete under fm (-7.0 %), d v s

$$\Delta restid = konst_{\tau} \cdot \Delta TA^2 \quad (5)$$

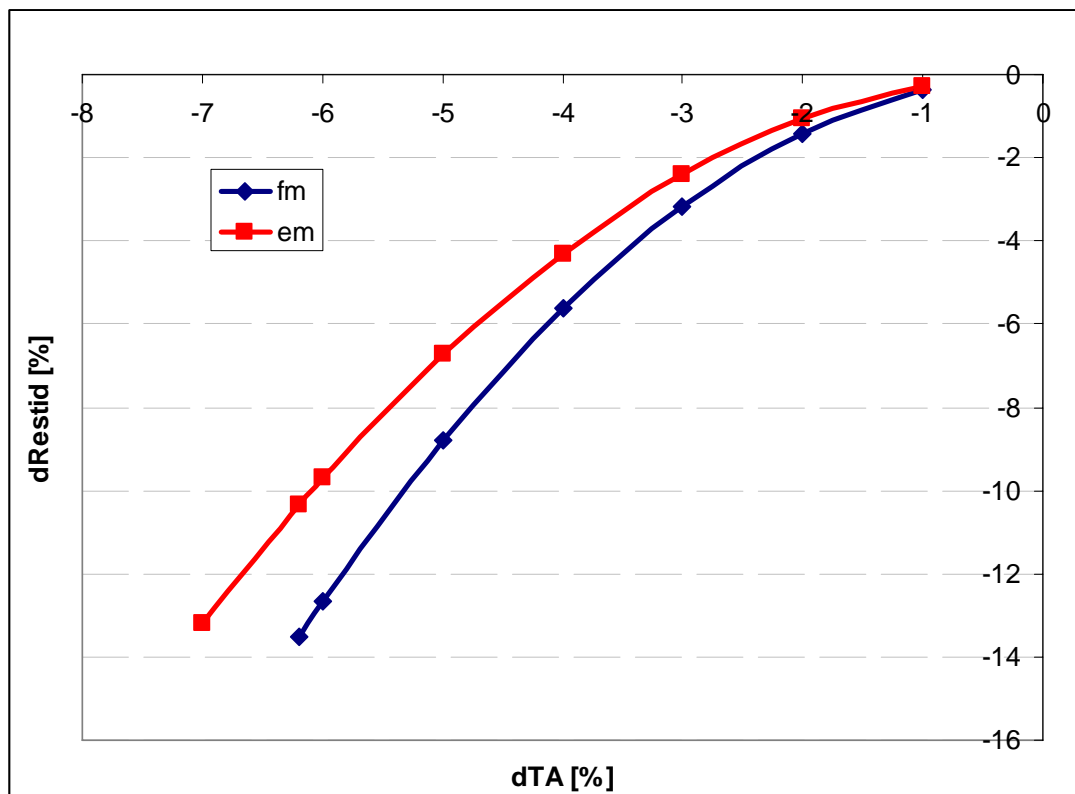
där

$\Delta restid =$ restidsförändring i %

$konst_{\tau} =$ konstant för period τ , $\tau = fm, em$

$\Delta TA =$ trafikarbetsförändring i %

Innebörden av detta samband blir att effekten på restiden ökar progressivt med storleken på förändringen i trafikarbetet, se Figur 2. Vi antar att effekten slår generellt på alla länkar och inte ger exakt de omfördelningar som uppmätts som en följd av trängselsystemets geografiska placering.



Figur 2. Samband mellan trafikarbetsförändring och restidsförändring.

En generaliserad trafikändring, ΔTA , mellan -1 och -4 % införs genom att restidsförändringen per länk från 2005 till 2006 fördelas per fordon (fm resp em) enligt de generella sambanden i Figur 2. Sedan sätts förändringen i antalet fordon och restidsförändring in i *rule of the half*, ekv (1) vilket som resultat ger Tabell 6.

	γ	ΔTA	Timmar/ dag	Andel av W under 4 maxtimmar [%]	Antal dagar/år	Tidsvärde per fordon med 0.25 pass	W [Mkr per år]
Överslagsberäkning avseende andra effekter (W)	1.5		185	47	240	122	5
		-0.01					
		-0.02	733	47	240	122	21
		-0.03	1631	47	240	122	48
		-0.04	2870	47	240	122	84
	3.0	-0.01	152	57	240	122	4
		-0.02	600	57	240	122	18
		-0.03	1336	57	240	122	39
		-0.04	2351	57	240	122	69

Tabell 6. Effekter av andra faktorer som en del av restidsvärderingen för länkar med observerade flöden givet olika värden på γ .

Med reservation för gjorda förenklingar i beräkningen, så erhålls effekter mellan 5 och 84 Mkr per år. En isolering av effekterna från restidsvinsterna som en effekt av trängselskattesystemet (med $\gamma = 1.5$) skulle alltså leda till en isolerad restidsnettovinst på $415 - 5 = 410$ MSEK med $\Delta TA = -1$ % respektive $415 - 84 = 331$ MSEK med $\Delta TA = -4$ %. Uppräkning av resultatet till totalnivå för alla länkar (med faktorn 536/429) ger 512 respektive 414 MSEK.

2.2. Priselasticitet

Ett argument som framförts med stor enfasc av professor Prud'homme är att priselasticiteten med hans modell blir rimlig med hänsyn till kostnadsnivåerna. I Tabell 7 redovisas hans exempel men vi har korregerat för 0.25 passagerare per fordon vilken ger en kostnadsökning med 9.1 %, vilket i sin tur ger en högre priselasticitet än som redovisats i Prud'homme och Kopp (2006), -1.32. I denna analys är det av stor betydelse vilket tidsvärde som används. Rimligen är det så att biltrafikanter med det lägre tidsvärdet, 65 SEK/timme, är de som avstår från bilanvändningen (resultat med tidsvärde 65 SEK/timme presenteras i Kommentarkolumnen). De franska forskarna har exkluderat bensinprishöjningen under perioden i priselasticitetsanalysen, samtidigt som de reducerat flödesminskningen enligt en konventionell schablon.

	Data	Prud'hommes data		Kommentar
		2005	2006	
Fordonskostnad	17.2 km	25.80	25.80	(exkl bensinprishöjning)
	1.5 kr/km			
Tidsvärde	100 kr/timme	64.58	63.08	
Genomsnittlig restid	31 min			
Antal passagerare per fordon	0.25			
Restidsreduktion	-0.023			
Genomsnittlig avgift [kr]			9.70	
SUMMA		90.38	98.58	
Kostnadsökning [%]			9.07	
Flödesminskning [%]			-15	
Priselasticitet (flöde/kostnad)			-1.65	Med tidsvärde 65 kr/timme erhålls -1.17

Tabell 7 Priselasticitet m a p flöde över innerstadssnittet med Prud'hommes data.

I detta sammanhang förtjänar den måttliga restidsreduktionen som fransmännen använder en kommentar. Anledningarna till de troligen underskattade, små effekter de redovisar är:

1. De skattar ett linjärt samband mellan hastigheter vid fritt flöde och vid trängsel. Det riktiga borde vara att skatta hastigheter för april 2005 respektive april 2006 och anta ett linjärt samband mellan de punkterna. Vid behov kan sambandet sedan förlängas till frifordonsflödes hastighet. Resultatet skulle bli en styckvis linjär funktion.
2. De använder punktskattningar av hastigheter och fångar därför inte effekter av köer och väntetider i konfliktpunkter.

Kostnadsrelationerna är centrala i elasticitetsberäkningarna. Därför är det också kritiskt vilken trängselavgift som används i kalkylen. På motsvarande sätt som det sannolikt är individer med lägre tidsvärde som avstår bilen, är det sannolikt många som måste resa under perioder med avgift och att då räkna med en genomsnittsavgift över hela dygnet, som är lägre än minimiavgiften 10 SEK, torde leda till en underskattning.

Av dessa skäl redovisas ett motsvarande fall med trafikdata som i Tabell 1. Resultaten i Tabell 8 för en större restidsreduktion och en något högre avgift, mellan den lägsta och den mellersta under betalperioden, visar snarlika elasticiteter som fransmännen finner acceptabla, särskilt med det lägre tidsvärdet.

	Data	Prud'homme modell med andra genomsnittsdata från Tabell 1		Kommentar
		2005	2006	
Fordonskostnad	22.7 km	34.05	34.05	(exkl bensinprishöjning)
	1.5 kr/km			
Tidsvärde	100 kr/timme	58.13	53.24	
Genomsnittlig restid	27.9 min			
Antal passagerare per fordon	0.25			
Restidsreduktion	-0.084			
Genomsnittlig avgift [kr]			12.50	medelvärde av min- och medelavgift
SUMMA		92.18	99.79	
Kostnadsökning [%]			8.26	
Flödesminskning [%]			-15	
Priselasticitet (flöde/kostnad)			-1.82	Med tidsvärde 65 kr/timme erhålls -1.16

Tabell 8 *Priselasticitet m a p flöde över innerstadssnittet med Prud'hommes modell och modifierade indata.*

Av stor betydelse är *vilken elasticitet* som är relevant i sammanhanget. Prud'homme och Kopp relaterar elasticiteten till flödesminskningen över avgiftssnittet. Lyfter vi istället ögonen och beaktar det större området som behandlas i nätverksmodellen för Stockholm, se Tabell 3, och istället för flödesminskningen över tullsnittet beaktar förändringen i trafikarbetet så blir bilden en helt annan. I genomsnitt är trafikarbetsminskningen under maxtimmarna mellan 6 och 7 %, och restidsvinsten c:a 13 %. Använder vi det mer realistiska tidsvärdet 65 SEK får vi resultatet i Tabell 9.

	Data	Prud'homme modell med andra genomsnittsdataben från Tabell 1		Kommentar
		2005	2006	
Fordonskostnad	22.7 km	34.05	36.32	(inkl bensinprishöjning)
	1.5 kr/km -> 1.6 kr/km			
Tidsvärde	65 kr/timme	37.78	32.87	
Genomsnittlig restid	27.9 min			
Antal passagerare per fordon	0.25			
Restidsreduktion	-0.130			
Genomsnittlig avgift [kr]			12.50	medelvärde av min- och medelavgift
SUMMA		71.83	81.69	
Kostnadsökning [%]			13.72	
Flödesminskning [%]			-7	
Priselasticitet (trafikarbete/kostnad)			-0.51	

Tabell 9. Priselasticitet m a p trafikarbete och modifierade indata.

Som framgår av resultatet är trafikarbetselasticiteten m a p pris c:a -0.5. Av de ingående kostnadsökningarna finns även bensinprishöjningen på c:a 10 % med vilken uppskattas leda till en trafikarbetsminskning på c:a -3 % för privatbilister, vilket svarar mot c:a -0.2 (c:a 2/3 privatbilar * -0.3) av de -0.5 i Tabell 9. Då återstår en elasticitet (TA/Trängselavgift) i Stockholmsområdet på c:a -0.3.

Slutsatsen är att resultaten ligger mycket nära varandra även med den större restidsreduktionen som uppmätts i Stockholm med floating car data. Särskilt med det lägre tidsvärdet 65 kr/timme som torde ligga närmare till hands att använda för de som avstår från bilresor, så blir elasticiteterna c:a -1.16. Som framgår av exemplen är elasticitetsberäkningarna mycket känsliga för förändringar i indata eftersom priselasticiteten erhålls som kvoten mellan två tal. Små förändringar som t ex en ökning av den genomsnittliga avgiften till 12.50 ger ett stort utslag i elasticitetsvärdet.

Prud'homme och Kopp menar att uppskattningen av elasticiteten utgör ett starkt stöd för riktigheten i deras analys m a p restidsreduktioner med mera. Vi har visat att med något andra förutsättningar erhålls motsvarande elasticitetstal även med större restidsreduktioner. De menar också att de relativt stora restidsvinsterna på 523 MSEK i TRANSEK-rapporten utgör en alltför stor del av den totala avgiftsuttaget om 763 MSEK, hela 69 %. Invändningen är intressant och bra förklaringar till detta bör identifieras. En möjlig förklaring är att effekterna av trängselssystemet inverkar på transporterna i ett mycket större område än innerstaden, och att en måttlig reduktion av efterfrågan i ett antal kapacitetsbegränsade områden kan ge stora effekter. Vidare är restidsvinsterna på uppmätta länkar i innerstaden c:a 270 MSEK enligt TRANSEK (2006c), vilket "endast" utgör c:a 50 % av de totala restidsvinsterna. Är det möjligen en restidsvinst i den storleksordningen som bör relateras till avgiftsuttaget på 763 MSEK i deras enkla 2-ruttsmodell?

2.3 Slutsats restidsvinster

Sammanfattningsvis är bedömningen att de uppskattade restidsvinsterna, utan hänsyn tagen till andra faktorer enligt avsnitt 2.1, är mellan 60 och 100 % av TRANSEK:s. En parallell, förenklad, beräkning av restidsvinsterna baserat på observerade restider har genomförts (dock är restiderna på länknivå inte beräknade på nytt från grunddata), och totalresultaten är ganska lika.

Även med Prud'hommes enkla modell, utvidgad med information om effekter utanför trängselsystemet, och med data från floating car mätningarna erhålls restidsvinster av samma magnitud, 332 MSEK istället för 523 MSEK, d v s drygt 60 %. Hela förändringen i restidsvinst från Prud'hommes och Kopps modell kan delas in i två steg (med data från Tabell 2):

- A. Ersätt fransmännens restidssamband med floating car resultat. Det ger dagliga *restidsvinster* på rutterna i *Inside* (266 kSEK) respektive *Radial* (1317 kSEK), vilket på årsnivå blir 380 MSEK.
- B. Utvidgningen av deras modell med data avseende resor på tvärförbindelser, *Traverse*, leder till *restidsförluster* på 198 kSEK per dag. Den resulterande årsnivån blir då 332 MSEK.

Den översiktliga analysen av andra effekter, kapitel 2.1, ger ett resultat mellan 5 och 84 MSEK beroende på vilka andra effekter som tas med (-0.9 % i TRANSEK:s sammanställning, -4 % med resultat från augusti 2006). Dessa kan alltså utgöra upp till 20 % av restidsvinsterna.

Ett antal fall har studerats i kapitel 2.2 för att belysa diskussionen avseende priselasticiteter. Enligt vår uppfattning är det inte orimliga elasticiteter förknippade med de uppmätta restidsreduktionerna. Nyckelfrågorna är dels vilka tidsvärden och avgifter som används i elasticitetsberäkningen, dels vilket som är det relevanta elasticitetsmättet. Betraktas trafikarbetselasticiteten ϵ på trängselavgiften blir den "endast" $\epsilon = -0.3$. Av intresse är också att analysera rimligheten i att restidsvinsterna utgör nästan 70 % av det totala avgiftsuttaget. En hypotes är att den lokala inverkan via avgiftssnittet får spridningseffekter i ett större område med minskad kapacitetsefterfrågan i ett antal trånga sektioner.

3. Restidsvariation

I den officiella rapporten finns en pluspost avseende *Säkrare restider* på 78 MSEK. Posten är relativt stor och därför önskas en överslagskalkyl avseende densamma. Värderingen av restidsvariation har studerats sedan 90-talet, huvudsakligen via SP-studier. Huvudslutsatsen är att värderingen kan kopplas till standardavvikelsen i restiden enligt följande samband:

1 minuts standardavvikelse i restiden värderas lika med en restid på 0.8 minuter. (6)

Givet att vi kan beräkna standardavvikelserna i restiderna, så kan den restidskomponenten värderas enligt ekvation (1) igen. Som tidigare nämnts har vi inte möjlighet att nu bearbeta bästa tillgängliga restidsdata för att få fram standardavvikelserna. Därför utnyttjas floating car mätningarna igen, trots

den stora variationen i data. Genom att väga samman varianser på samtliga rutter och tider bedömer vi att ett rimligt överslag av effekterna erhålls. Vi beräknar en varians för varje rutt och varje timme. Dessa s_{it}^2 viktas samman med trafikindex, $index_t$, och avstånd, $dist_i$, enligt formeln nedan:

$$s_w^2 = \sum_{i,t} [index_t^2 \cdot dist_i^2 \cdot s_{it}^2] / \sum_{i,t} [index_t^2 \cdot dist_i^2] \quad (7)$$

där

s_w^2 = viktad varians för samtliga mätningar

s_{it}^2 = varians per rutt i och timme t

$dist_i$ = distans för rutt i

$index_t$ = trafikindex för timme t , dvs hur stor andel av dygnstrafiken som passerar timme t

För att nyttja restidsvariationen behövs ett medelvärde på restiden så att vi kan använda variationskoefficienten (standardavvikelse/medelvärde). Ett motsvarande viktat restidvärde beräknas nedan:

$$restid_w = \sum_{i,t} [index_t \cdot dist_i \cdot E[restid]_{it}] / \sum_{i,t} [index_t \cdot dist_i] \quad (8)$$

där

$restid_w$ = viktad restid för samtliga mätningar

$E[restid]_{it}$ = genomsnittlig restid per rutt i och timme t

Även en viktad reslängd beräknas på motsvarande sätt:

$$dist_w = \sum_{i,t} [index_t \cdot E[restid]_{it} \cdot dist_{it}] / \sum_{i,t} [index_t \cdot E[restid]_{it}] \quad (9)$$

där

$dist_w$ = viktad körsträcka för samtliga mätningar

	2005	2006
Varians	9538.35	6066.18
Stand avv, s_w	97.66	77.89
E[restid] [sek]	573.54	545.35
E[dist] [km]	7.6	7.72
Variationskoefficient	17.0%	14.3%
Effekt med en 3 ggr så lång sträcka, under antagande om oberoende mellan dem		
Varians	28615.05	18198.54
Stand avv, s_w	169.1598	134.902
E[restid] [sek]	1720.62	1636.05
E[dist] [km]	22.8	23.16
Variationskoefficient	9.83%	8.25%

Tabell 10. Beräknad restidsvariation med användning av floating car data.

Genom att använda den beräknade variationskoefficienten, $vk_{year} = 9.83$ respektive 8.25 % för $year = 2005$ och 2006 i Tabell 10, generellt för alla observerade länkar så skattas standardavvikelsen på

varje länk som $vk_{year} \cdot länkrestid$. Denna skattning sätts in i ekvation (1) och värderas alltså till $0.8 \cdot tidsvärdet$, ekv (6). Ekvationerna (3) och (4) kan återanvändas.

$$W = \sum_i [(fm/em\text{-länkflöde } 2005)_i + (fm/em\text{-länkflöde } 2006)_i] / 2 \cdot (vk_{2005} \cdot (fm/em\text{-länkrestid } 2005)_i - vk_{2006} \cdot (fm/em\text{-länkrestid } 2006)_i) \cdot 0.8 \cdot tidsvärdet \quad (10)$$

$$W = \sum_i [(dygnsflöde länk 2005)_i + (dygnsflöde länk 2006)_i] / 2 \cdot (vk_{2005} \cdot (länkrestid 2005)_i - vk_{2006} \cdot (länkrestid 2006)_i) \cdot index_i \cdot TEF_i \cdot 0.8 \cdot tidsvärdet \quad (11)$$

Resultaten för de observerade länkarna erhålls nu för olika γ -värden i Tabell 11. Som framgår av den sista kolumnen i Tabell 11 värderas den minskade restidsvariationen till mellan 62 och 76 MSEK per år vilket ligger nära slutrapportens värde på 78 MSEK.

Skulle de skattade variationskoefficienterna för en kortare resa användas (17.0 resp 14.3 %) ökar givetvis den skattade restidsvariationen kraftigt. Då blir resultatet en variation mellan 108 och 131 MSEK per år.

	γ	Timmar/dag	Andel av W under 4 maxtimmar [%]	Antal dagar/år	Tidsvärde per fordon med 0.25 pass $\cdot 0.8$	W [Mkr per år]
Värdering av restidsvariation (W)	3.0	2666	57	240	98	62
	2.5	2826	54	240	98	66
	2.0	3012	50	240	98	71
	1.5	3232	47	240	98	76

Tabell 11. Värdering av minskad restidsvariation för länkar med observerade flöden givet olika värden på γ .

3.1 Inverkan av övriga faktorer

På motsvarande sätt som för restidsvärderingarna, så skulle restidsvariationen minska som en effekt av mindre trängsel till följd av andra faktorer som minskar bilresandet. Vi har emellertid ingen skattning av hur mycket restidsvariationen förändras vid, relativt sett, små reduktioner i resandet. För en överslagsberäkning antas att den minskar proportionellt mot trafikarbetet, med start från en variationskoefficient på 9.83 % (den förändringen är sannolikt en underskattning). Trafikarbetet och restiderna ändras som i kapitel 2.1. Resultatet presenteras i Tabell 12 för $\gamma = 1.5$.

	γ	ΔTA	Timmar/dag	Antal dagar/år	Tidsvärde per fordon med 0.25 pass	W [Mkr per år]
Överslagsberäkning avseende andra effekter (W)	1.5	-0.01	78	240	97.6	1.8
		-0.02	191	240	97.6	4.5
		-0.03	334	240	97.6	7.8
		-0.04	507	240	97.6	11.9

Tabell 12. Effekter av andra faktorer som en del av minskad restidsvariation för länkar med observerade flöden givet olika värden på $\gamma = 1.5$.

Med reservation för gjorda förenklingar och antaganden i denna beräkning, så erhålls effekter mellan 2 och 12 Mkr per år. En isolering av effekterna från minskad restidsvariation som en konsekvens av trängselskattesystemet (med $\gamma = 1.5$) skulle alltså leda till en isolerad restidsvariationsnettovinst på $76 - 2 = 74$ MSEK med $\Delta TA = -1$ % respektive $76 - 12 = 64$ MSEK med $\Delta TA = -4$ %.

3.2 Slutsats restidsosäkerhet

De överslagsmässigt skattade värderingsintervallen av restidsosäkerhet landar på var sin sida om den rapporterade värderingen 78 MSEK. Beaktas även effekten av andra faktorer enligt kapitel 3.1 på olika nivåer uppvisas en minskad restidsvariation redan där. Det lägre intervallet i kapitel 3.1 stannar då mellan 64 och 74 MSEK per år.

Slutsatsen är att värderingen 78 MSEK förefaller rimlig. Den mindre variationen erhöles för en något längre resa, c:a 22-23 km, och den borde omfattas av trängsel i något mindre omfattning. För en kortare resa på c:a 7-8 km i trängsel ökar också osäkerheten i restiden. Den officiella rapporten använder säkrare data och spridningen i osäkerhet på olika länkar torde behandlas bättre. Dessa faktorer leder till ett resultat närmare det lägre intervallet i Tabell 11 (62 – 76 MSEK eller 64 – 74 MSEK om effekterna från kapitel 3.1 inkluderas).

4. Diskomfort av ökad trängsel i kollektivtrafiken

Detta avsnitt motiveras av att det i den samhällsekonomiska kalkylen är viktigt att redovisa en värdering av trängselkostnaderna för kollektivtrafikresenärerna. Professor Prud'homme presenterar med data från Stockholmsförsöket (sid 51-52, 2005), en värdering av den ökade trängseln i kollektivtrafiken baserad på en ökning av den genomsnittliga andelen stående med 1.34 procentenheter. Effekten blir en mycket hög kostnad, över 200 MSEK/år, dels beroende på att andelen antas gälla för samtliga trafikanter i Stockhomsregionen (1.32 M resor per dygn), dels att den genomsnittliga restiden i SL-fordon, och tillika ståendetid, är 30 minuter.

Med data från SL, erhållna från Eliasson (2006), har vi uppgifterna i Tabell 13 om resenärer till och från innerstaden. Här är det knappt 2/3 av resenärerna som berörs, trängseln förändras åt olika håll under fm respektive em och reslängden som stående skattas till 20 av 40 minuter (vilket enligt Jansson (2006) är en överskattning).

	April 2005		April 2006	
	Antal resor	Andel stående [%], p^0	Antal resor	Andel stående [%], p^1
Till innerstaden, fm	407 000	1.9	435 000	3.4
Från innerstaden, em	403 000	1.3	420 000	0.7

Tabell 13. Uppgifter om antal resor och ståendeandelar för kollektivresor till respektive från innerstaden.

Följande förutsättningar inkluderas också:

- tidsvärdet per timme är 65 kr (ett genomsnitt för privatesor)
- kostnaden för att tvingas stå värderas till en faktor 2 gånger normal restid, d v s tilläggsfaktorn är ett (restiden är ju redan inkluderad)
- 240 genomsnittsdagar per år för omräkning till helårsvärden

Applicerar vi ekv (1), se kapitel 1, på detta så erhålls med för de trafikanter som berörs:

$$T_i^0 = 407\,000 \text{ respektive } 403\,000$$

$$T_i^1 = 435\,000 \text{ respektive } 420\,000$$

$$c_i^0 = 1 \cdot p^0 \cdot 65 \cdot [0.5 \cdot 40/60] = \text{ståvikt} \cdot \text{andel stående i JA} \cdot \text{restidsvärde koll resande} \cdot \text{restid stående}$$

$$c_i^1 = 1 \cdot p^1 \cdot 65 \cdot [0.5 \cdot 40/60] = \text{ståvikt} \cdot \text{andel stående i UA} \cdot \text{restidsvärde koll resande} \cdot \text{restid stående}$$

Resultatet med förutsättningar enligt ovan presenteras i Tabell 14. Som framgår av tabellen uppgår inte kostnaden till mer än c:a 20 MSEK per år.

Tid	p0 [%]	p1 [%]	c0	c1	W [Mkr]	Antal stående		
						S0	S1	S1-S0
fm	1.9	3.4	0.41	0.74	-32.8	7733	14790	7057
em	1.3	0.7	0.28	0.15	12.6	5239	2940	-2299
				SUMMA	-20.2	12972	17730	4758

Tabell 14. Effekter av försämringar i kollektivtrafiken i termer av antal stående i JA respektive UA.

Ytterligare en faktor som borde beaktas, är att trängseffekterna i kollektivtrafiken rimligen torde upplevas som allt besvärligare ju fler som reser, helt analogt med effekterna för bilresenärer. Detta pekar på att mer avancerade effektsamband kanske borde tas fram även för dessa trängseffekter.

Värderingen av ståendetid påverkas proportionellt mot ståtiden och restidsvärderingen. Principiellt skulle det vara riktigare att:

- uppskatta ståtiden bättre än med 20 minuters-uppskattningen enligt ovan
- använda ett tidsvärde för privatresor med kollektivtrafik (lägre än 65 kr?)
- ytterligare differentiera ståendeandelarna över tiden

4.1 Slutsats kollektivtrafikträngsel

Enligt överslagsberäkningen i detta kapitel kan värderingen av den ökade respektive minskade trängseln i kollektivtrafiken uppskattas till c:a -20 MSEK, d v s en nettokostnad. Ett antal faktorer ovan indikerar att kostnaden dels kan vara större än så (icke-linjära effekter), dels att den kan vara mindre (kortare ståtider, lägr tidsvärde).

5. Årliga kostnader av investeringen i trängselsystem

Investeringarna i trängselsystemet och olika livslängder har diskuterats mycket. I Tabell 15 presenteras effekterna av olika livslängder på annuitetsvärdet (årskostnad m h t till ränta och amorteringar). Skulle livslängden på systemet vara i storleksordningen 15 år, vilket är fallet med ex vis ett antal avgiftssystem i Norge (Oslo och Trondheim) blir den årliga kostnaden för systemet, inklusive skattefaktorerna I och II c:a 252 Mkr. Vi har då utgått från grundinvestering på 1 830 MSEK och en kalkylränta på 4 %.

Grundinvestering 1.83 miljarder					Reinvesteringsnivå	
Kalkylränta = 4 %					30 % → 0.54 miljarder	50 % → 0.91 miljarder
Livslängd [år]	Annuitet (årlig volym på ränta och amortering) [milj SEK]	Skattefaktor I *Annuitet [MSEK]	Skattefaktor 2 *Annuitet [MSEK]	Summa [MSEK]	Summa [MSEK]	Summa [MSEK]
6	349	80	105	534	160	267
10	226	52	68	345	104	173
15	165	38	49	252	76	126
20	135	31	40	206	62	103
30	106	24	32	162	49	81
40	92	21	28	141	42	71

Tabell 15. Årliga kostnader för systemet i termer av annuiteter. Annuiteten motsvarar investeringskostnaden genom ett avkastningkrav på 4 % per år (kalkylräntan) samt en amortering av investeringen. Räntedelen minskar med tiden och amorteringsdelen ökar.

Under utvecklingen av systemet har man dragit en mängd lärdomar avseende såväl tekniken som de juridiska aspekterna med trängselskattesystemet, som torde leda till att en reinvestering i ett nytt system skulle kunna göras till en lägre kostnad. Den tekniska utvecklingen inom IT-området har lett till att framförallt hårdvara kan införskaffas till lägre kostnader med tiden. Ställda krav på systemet som ex vis korta betalningstider för trafikanterna, Lidingö-undantaget och att det skulle fungera till 100 % redan från första dagen orsakade höga kostnader i form av:

- stora krav på datorsäkerhet och backup för säker fakturering,
- säker identifiering av alla fordon till och från Lidingö, och
- mycket testning för funktionsgaranti.

Enligt uppgift från Eliasson (2006) var de upparbetade kostnaderna för trängselsystemet fram till starten av systemet c:a 1 miljard SEK. Systemet var driftklart från första dagen. Förbättringar gjordes under januari och februari till en kostnad av maximalt 200 MSEK. Övriga c:a 600 MSEK som försöket kostat har varit kopplade till skatteadministration, juridiska komplikationer, betalningsservice med mera.

Med dessa erfarenheter och kunskaper skulle en reinvestering av **ett system med samma funktionalitet och omfattning** kunna göras till uppskattningsvis 30 – 50 % av den ursprungliga investeringskostnaden på 1.83 miljarder. I de högra kolumnerna i Tabell 15 redovisas årskostnaderna för en reinvestering enligt diskuterade förutsättningar.

Observera att uppskattningen av reinvesteringskostnaden INTE omfattar ett nytt system med väsentligt höjda ambitionsnivåer.

6. Restidseffekter i statiska trafikjämviktsmodeller som EMME/2

I den samhällsekonomiska utvärderingen, TRANSEK (2006a), har man beaktat det faktum att statiska trafikjämviktsmodeller som EMME/2 INTE korrekt avspeglar effekterna i trafiksystem med trängsel. Ambitionen har varit att i så stor utsträckning som möjligt ta fram mätdata avseende flöden och restider för att göra en korrekt värdering av effekterna och inte underskatta dem med modellberäknade värden.

Att en standardmodell för statisk trafikjämvikt som EMME/2 INTE korrekt avspeglar effekterna i trafiksystem med allvarlig trängsel är välkänt. Det finns flera anledningar till det, bl a:

1. varje länk i nätverket behandlas som om den var oberoende av flöden på andra länkar, endast egenflödet bestämmer restiden.
2. tidsdynamiken i efterfrågan beaktas inte, utan samma efterfrågan gäller under hela simuleringsperioden (därför analyseras vanligen kapacitetsdimensionerande perioder som maxtimmar fm och em).
3. fordonsflödet behandlas som ett kontinuerligt flöde, ex vis som vatten i ett vattenledningssystem, inte som enskilda fordon eller ens mindre grupper av fordon.

Effekterna av detta blir att interaktioner mellan fordon i konfliktpunkter som korsningar, cirkulationsplatser, ramper med mera inte kan hanteras. Vidare är det inte möjligt att behandla köbildning och konsekvenserna av detta i form av bakåtblockering av ett eller flera körfält.

För att förbättra möjligheterna att beakta sådana aspekter måste alternativa meso- eller mikrosimuleringsmodeller användas. Vägverket i Stockholm använder t ex mesosimuleringsmodellen CONTRAM utvecklad av TRL i Storbritannien. På grund av bl a större behov av indata och högre beräkningskomplexitet används dock inte denna typ av simuleringsmodeller i person- och godstransportmodeller som SAMPERS och SAMGODS.

7. Konsumentöverskottberäkning på länk- eller rutt-marknad

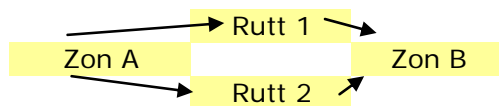
I en diskussion med oss argumenterar Kjell Jansson för att konsumentöverskottsberäkningar med rule of the half *inte* ska göras på länknivå, utan istället bör det göras på ruttnivå (eller OD-nivå). Detta kan exemplifieras med ett litet exempel där det finns två rutter från område A till område B, se Figur 3. Principen att räkna konsumentöverskott på relationsnivå på vissa effekter, bl a restid, är implementerad i SAMKALK (2005).

Med den vanliga länkvisa rule of the half beräkningen försvinner dels trafikvolymen 100 från länkarna på *Rutt 1*, dels blir det en ökning från 0 till 80 på *Rutt 2*:s länkar. Vi får *W* som ytan av två (2) trianglar (ingen rektangel) vilka summerar till -536.

Rule of the half beräkningen på OD-relationen (A,B) resulterar i att trafikvolymen minskar från 100 till 80. På relationen (A,B) finns 80 kvarvarande trafikanter i OD-relationen på *Rutt 2*, medan det har försvunnit 20 trafikanter från *Rutt 1*. I rule of the half beräkningen ingår alltså en rektangel med basen 80 och en triangel med basen 20.

Resultatet i detta fall är att konsumentöverskottsförändringen överskattas på länkmarknaden jämfört med OD-marknaden.

Skulle *Rutt 2* i UA-alternativet få en minskad restid till 8 (istället för 14, möjligen orealistiskt) blir konsumentöverskottsrelationerna mellan länk- respektive OD-marknaderna att de får olika tecken, summa -248 (länk) respektive 216 (OD).



		Rutt 1	Rutt 2		
Före, JA	Restid	10	12		
	Avgift	0	0		
	GC	12	14.4		
	Flöde	100	0		
Efter, UA	Restid	9	14		
	Avgift	10	0		
	GC	20.8	16.8		
	Flöde	0	80		
Timevalue	1.2				
Rule of the half beräknat på summa länkar i rutterna:					
Länkar rutt 1		-440	$(Lflows01 + Lflows11)/2 * (GC0 - GC1)$ $(100 + 0)/2 * (12 - 20.8)$		Triangel
Länkar rutt 2		-96	$(Lflows02 + Lflows12)/2 * (GC0 - GC1)$ $(0 + 80)/2 * (14.4 - 16.8)$		Triangel

SUMMA		-536		
Rule of the half beräknat på rutternas i OD-relationen (A,B):				
Rule of the half räknat på ruttflöden mellan zoner:				
			$(R_{flow01} + R_{flow11})/2 * (GC0(r1) - GC1(r2))$	
			$(100 + 80)/2 * (12 - 16.8)$	
				Rektangel + Triangel
SUMMA		-432		

Figur 3. Exempel på rule of the half kalkyl på länkmarknaden respektive OD-marknaden.

Några kommentarer om beräkning av konsumentöverskottsförändringar på OD-nivå:

1. En förutsättning för beräkning på OD-nivå är att vi har OD-flöden och ruttflöden (eller åtminstone ruttider) både i JA och UA.
2. En komplikation är att ruttflödena *inte är unika* i en trafikjämviktslösning. Detta kan leda till svårigheter i en samhällsekonomisk värdering, nämligen att *resultaten skiljer sig* åt beroende på hur exakt lösningen är eller på vilken nätverksmodell som använts (dock används normalt endast en!).
3. I Stockholmsförsöket värderades effekterna länkvis med uppmätta restider och flöden. Dessa förhållanden är inte triviala att återskapa i nätverksmodellen och OD-matrisen så att effekterna kan beräknas på OD-nivå.
4. I föreliggande exempel är skillnaderna mellan resultaten stora vilket är en konsekvens av de stora omflyttningarna. I praktiken är de normalt mycket mindre, vilket gör att den länkvisa beräkningen approximativt kan ge ganska lika resultat.

Trots dessa invändningar, av principiell, trängselförsöksspecifik och numerisk natur, är det intressant att jämföra beräkningarna i realistiska fall. Det skulle kunna göras med DSD-C (som också finns i bilmodellen i VIPS), en trafikjämviktsmodell för biltrafik som nyttjar all ruttinformation. En dokumentation av DSD-C finns i Engelson m fl (2005).

Även med befintliga, uppmätta restider från trängselförsöket skulle det gå att skatta en restidsmatris med hjälp av EMME/2 genom insättning av restiderna före och efter start av försöket. Dessa tillsammans med de skattade OD-matriser för JA respektive UA är det som behövs för att skatta effekterna på reserationsnivå med *rule of the half*.

7.1 Stockholmsexempel 1

Den väckta frågan är så intressant att vi väljer att belysa den med ett större exempel. En relativt liten Stockholmsmodell används för att illustrera betydelsen av att mäta på länkar eller rutter. Stockholms innerstad med omgivning är inkluderat i modellen, se Figur 4. Efterfrågan har antagits vara elastisk enligt följande:

$$D^I = D^0 (GC^I/GC^0)^{-0.3} \quad (12)$$

där

D^0 = efterfrågan i jämförelsealternativet

D^I = efterfrågan i utredningsalternativet

GC^0 = generaliserad kostnad i jämförelsealternativet = restid + avgift + 0.75*antal_fordonskm [SEK], tidsvärde 60 kr/SEK

GC^I = generaliserad kostnad i utredningsalternativet

Sammanfattande data om nätverksmodellen:

250 zoner

1365 noder (inkl zoner)

616 anslutningslänkar till nätverket från zoner

3511 länkar

354 svängstraff

15 betalstationer motsvarande trängselförsöket, avgift 10 kr.

Sammanfattande data om jämviktslösningen FÖRE trängselavgifter:

Efterfrågan under morgonens maxtimme: 100 622 bilresor

Antal fordonskm: 1 170 646

Total fordonstid: 40 609 tim

Genomsnittlig hastighet på riktiga länkar: 39.9 km/tim

Genomsnittlig hastighet: 28.8 km/tim

Genomsnittlig restid: 24.2 min

Sammanfattande data om jämviktslösningen EFTER trängselavgifter:

Efterfrågan under morgonens maxtimme: 98 185 bilresor (-2.4 % jämfört med före)

Antal fordonskm: 1 142 808

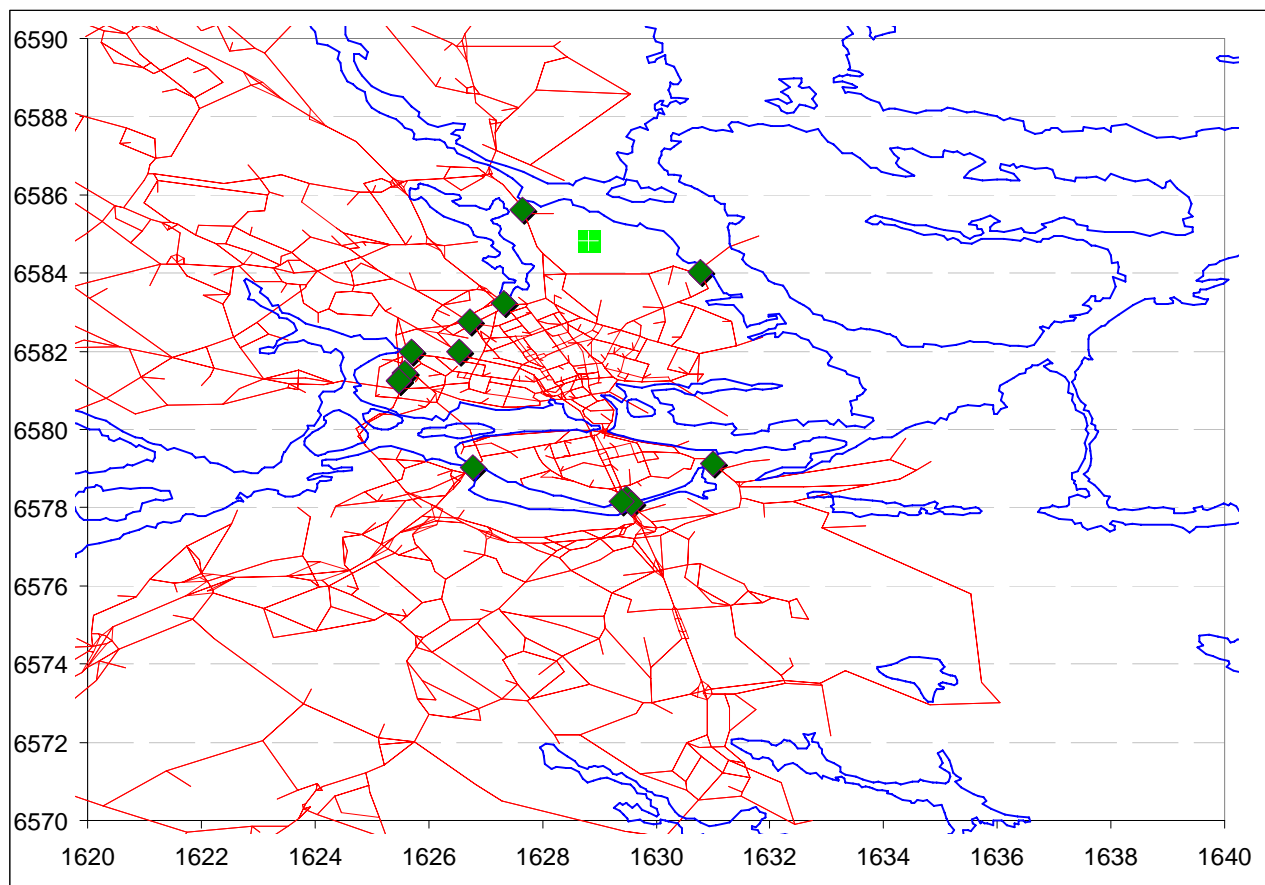
Total fordonstid: 40 486 tim

Genomsnittlig hastighet på riktiga länkar: 38.6 km/tim

Genomsnittlig hastighet: 28.2 km/tim

Genomsnittlig restid: 24.7 min

Som synes ger resultatet i exemplet ingen förbättring för bilresenärerna, utan tvärtom om en försämring uttryckt i genomsnittliga kostnadsökningar i termer av restid, avgift och reslängd för en resa. Troliga förklaringar är dels de skäl som nämnts i kapitel 6 om statiska jämviktsmodeller, dels kan det vara använda parametrar i efterfrågemodellen, de generaliserade kostnaderna samt egenskaper hos nätverket och restidsfunktionerna.



Figur 4. Ett litet Stockholmsnät med 250 zoner och c:a 3000 länkar. De 15 betalstationerna är markerade i nätverket (mörka, gröna snedställda kvadrater).

	Tid	Avgift	Bilkostnad	Total
OD-marknad	-1.150	-5.024	-0.091	-6.265
Länkmarknad	-0.614	-5.784	0.000	-6.398

Tabell 16. Effekter av att mäta enligt *rule of the half* på OD-marknaderna respektive länkmarknaderna [Enhet: Tusental timmar]

Oavsett detta så kan effekterna med *rule of the half*, ekv (1) i kapitel 1, appliceras. Detta har gjorts för alla tre komponenterna i den generaliserade kostnaden och resultat presenteras i Tabell 16. Betraktas totalen blir den som vi ser mycket lika, en förlust på c:a 6300 timmar, i båda fallen. En observation är att när länkmarknaden beaktas erhålls *inga* effekter på fordonskostnaderna. Förklaringen är att de modellerade fordonskostnaderna endast baseras på länklängderna som är lika före och efter. Restidseffekterna utgör en försämring som är c:a dubbelt så stor om man mäter på OD-marknaden jämfört med länk-marknaden, -1150 timmar jämfört med -614.

7.2 Stockholmsexempel 2

Vi fortsätter med samma Stockholmsmodell som i kapitel 7.1. För att se vad som händer med en mer elastisk efterfrågeförändring så ökar vi elasticiteten till nivån som presenterades i kapitel 2.2, nämligen drygt -1 vid tidsvärde 65 SEK/tim. Efterfrågan antas nu ha priselasticiteten -1.2 d v s vi får D^1 enligt ekvation (12) till

$$D^1 = D^0 (GC^1/GC^0)^{-1.2}$$

Sammanfattande data om jämviktslösningen EFTER trängselavgifter:

Efterfrågan under morgonens maxtimme: 93 730 bilresor (-6.8 % jämfört med före)

Antal fordonskm: 1 078 767

Total fordonstid: 36 870 tim

Genomsnittlig hastighet på riktiga länkar: 40.9 km/tim

Genomsnittlig hastighet: 29.3 km/tim

Genomsnittlig restid: 23.6 min

Även här beräknas effekterna med *rule of the half*, ekv (1) i kapitel 1. För de tre komponenterna i den generaliserade kostnaden presenteras resultatet i Tabell 17 (motsvarar Tabell 16). Totalen blir som vi ser ganska lika, en förlust på c:a 4550 timmar, i båda fallen. Restidseffekterna ger däremot en *liten vinst* på 33 timmar om man mäter på OD-marknaden, medan det blir en *betydligt större vinst* på länk-marknaden med 632 timmar! Skillnaden mellan uppskattningarna på de båda marknaderna är densamma, nämligen att uppskattningen på länk-marknaden underskattar den på OD-marknaden med c:a 600 timmar.

	Tid	Avgift	Bilkostnad	Total
OD-marknad	0.033	-4.392	-0.110	-4.469
Länkmarknad	0.632	-5.290	0.000	-4.658

Tabell 17. Effekter av att mäta enligt *rule of the half* på OD-marknaderna respektive länkmarknaderna [Enhet: Tusental timmar]

7.3 Slutsatser

Slutsatsen av exemplen i kapitel 7 är att det är viktigt att följa SAMKALK-principen och uppskatta effekterna med *rule of the half* på reserelationsnivå. I de här beskrivna exemplen skiljer det på en faktor 2 i restidsvärderingen i kapitel 7.1, och i kapitel 7.2 är restidseffekten en knapp vinst på OD-marknaden medan det blir en större vinst på länk-marknaden. Att försöka uppskatta restidsvinsterna också på relationsnivå med det nätverk och de efterfrågematriser som använts i analysarbetet av TRANSEK vore en intressant uppgift.

Ytterligare en motivering är att i prognosmodellerna hanteras alternativa resmöjligheter på OD-relationsnivå, inte på länknivå. Det är ju på OD-nivå som överväganden görs mellan alternativa färdmedel – bil, kollektivtrafik, cykel med mera. Att då mäta effekterna på den nivån är det relevanta för att rätt värdera effekterna på kvarvarande, överflyttad respektive nygenererad trafik.

Referenser och datakällor

Eliasson Jonas, TRANSEK (2006): Personlig kommunikation.

Engelson L, Edwards H och Karlsson R (2005): Begränsningar av flöden i statiska trafikmodeller, Working Paper, Inregia, Stockholm

Jansson Kjell, (2006): Personlig kommunikation.

Mackie P (2005): *The London congestion charge: A tentative economic appraisal. A comment on the paper by Prud'homme and Bocajero*, **Transport Policy 12**.

Prud'homme R och Bocajero J P (2005): *The London congestion charge: a tentative economic appraisal*, Transport Policy 12.

Prud'homme R och Kopp P (2006): The Stockholm Toll: An Economic Valuation, stencil (second draft), August, University Paris (XII resp I), Paris, September 7.

Raux C (2005): *Comments on 'The London congestion charge: a tentative economic appraisal' (Prud'homme and Bocarejo, 2005)*, **Transport Policy 12**.

SIKA (2005): Samkalk (Sampers 2.1). Teknisk dokumentation.

Trafikkontoret (2006): Floating car data med mera, Stockholms stad.

TRANSEK (2006a): *Samhällsekonomisk analys av Stockholmsförsöket*, 2006:31, WSP, Stockholm.

TRANSEK (2006b): Bakgrundsdata i Excel-filer, WSP, Stockholm.

TRANSEK (2006c): Beräkning av trafikantöverskott – egen dokumentation, WSP, Stockholm.