

Förbättrade metoder för samhällsekonomisk analys av  
kollektivtrafikinvesteringar

Jonas Eliasson  
Department for Transport Science, KTH Royal Institute of Technology

CTS Working Paper 2016:6

*Abstract*

Denna rapport sammanfattar några studier som på olika sätt syftar till att förbättra metodiken för att analysera samhällsekonomiska effekter av kollektivtrafikinvesteringar. Förbättringarna som behandlas är 1) vikten av att ta med bristande kapacitet (trängsel) i kalkylerna; 2) förbättrade beräkningar av driftskostnader; 3) effekter av tillgänglighet på arbetsmarknad och produktivitet (s k "wider economic benefits") 4) påverkan på bostadsmarknad (fastighetspriser) av tillgänglighet med bil, buss och tunnelbana.

*Keywords:* Cost-benefit analysis, appraisal, public transport, infrastructure investment.

*JEL Codes:* R41, R42.

## 1 INTRODUKTION

Det finns ett antal skäl som gör att man kan misstänka att traditionella samhällsekonomiska kalkyler underskattar de nyttor som kollektivtrafikinvesteringar skapar. Frågan har aktualiserats i och med de omfattande tunnelbaneinvesteringar som planeras i Stockholm. Det är okänt hur betydelsefulla dessa möjliga brister är, men det finns en del indikationer på att de kan ha en betydande påverkan på kalkylernas utfall. Det finns alltså skäl att utreda de farhågor som finns, för att klargöra i vilken grad de är befogade.

Denna rapport redovisar resultaten av ett arbete som försökt göra detta. Arbetet är initierat och finansierat av Stockholms läns landsting, och genomfört vid Centrum för transportstudier, KTH. Samhällsekonomisk analys är ett stort forskningsfält, så arbetet har begränsats till ett antal mindre delprojekt som studerat de frågor vi har bedömt vara viktigast att utreda. Delprojekten redovisas i varsitt kapitel i denna rapport<sup>1</sup>. Varje avsnitt avslutas med en sammanfattning av de viktigaste slutsatserna och rekommendationerna; den som har bråttom kan läsa den korta inledningen till varje avsnitt och sedan hoppa direkt till slutsatser och rekommendationer.

1. Vikten av att ta med av bristande kapacitet (trängsel) i kalkylerna (kapitel 2)
2. Förbättrade beräkningar av driftskostnader för kollektivtrafik (kapitel 3)
3. Effekter av tillgänglighet på produktivitet (lönesumma per anställd) (kapitel 4)
4. Påverkan på fastighetspriser av tillgänglighet med bil, buss och tunnelbana (kapitel 5)

Förutom författaren till denna rapport har följande personer medverkat i studierna: Isak Rubensson (TF, studie 2); Mats Wilhelmsson (som också skrivit större delen av kapitel 5), Fredrik Kopsch, Svante Mandell (KTH, studie 4); Svante Berglund (WSP, studie 4). Studie 3 bygger på arbetena (Anderstig, Berglund, Eliasson, & Andersson, 2016; Eliasson, 2015; Eliasson & Fosgerau, forthcoming; Isacsson, Börjesson, Andersson, & Anderstig, forthcoming).

---

<sup>1</sup> Indelningen i delprojekt har förändrats något under arbetets gång.

## 2 TA HÄNSYN TILL TRÄNGSEL I KALKYLERNA

Det händer att samhällsekonomiska analyser av kollektivtrafik avfärdas med "allt blir ju ändå olönsamt!". Sådana svepande omdömen visar sig ofta bero på att den som yttrar sig har observerat fall där man får bättre kalkylutfall ju mer man minskar turtätheten på en linje. Man kan alltså få stora samhällsekonomiska vinster i kalkylerna genom att kraftigt dra ned trafiken jämfört med dagens turtäthet. Det kan förstås ofta vara sant att somlig kollektivtrafik inte är samhällsekonomiskt motiverad. Men ibland framstår resultaten som intuitivt paradoxala, i synnerhet när det enligt kalkylen är lönsamt att dra ned på trafiken även på mycket högt belastade linjer.

Ett konkret exempel kan tjäna som illustration. För några år sedan utreddes en avgränsning av gröna linjen vid Odenplan till Hagastaden. Vart tredje tåg skulle i stället för att gå till Åkeshov böja av vid Odenplan och gå till Hagastaden i stället. Kalkylen blev positiv, men vinsten i kalkylen berodde inte på att tillgängligheten i Hagastaden ökade, utan på att antalet tåg Åkeshov-Odenplan minskade. Detta trots att kapaciteten längs denna sträcka redan var ansträngd. Kalkylen gav upphov till en missvisande debatt där de som förespråkade tunnelbana till Hagastaden ansåg att kalkylen visade att tunnelbana var lönsamt (trots att vad kalkylen egentligen visade var att ju mindre tunnelbana man körde desto bättre var det), och motståndare till tunnelbana till Hagastaden som ansåg att det var orimligt att minska trafiken på den gröna linjen, och att kalkyler därför visat sig vara oanvändbara i största allmänhet.

Huruvida tunnelbana till Hagastaden är lönsamt spelar ingen roll i detta sammanhang. Poängen är den förvirrade debatt som uppstod på grund av att vinsterna i kalkylen inte uppstod av den nya tunnelbanan, utan av att turtätheterna drogs ned på den befintliga linjen. Vissa ansåg att det var orimligt, och hävdade att utfallet visade att "man inte kan räkna samhällsekonomi på kollektivtrafik". Andra hävdade att utfallet var helt korrekt, och att turtätheten på den befintliga linjen faktiskt var för hög; men varför detta skulle innebära att en tunnelbana till Hagastaden är lönsam var förstas svårt att förklara.

Resultatet att det samhällsekonomiska utfallet blir bättre ju mer man minskar trafiken jämfört med verkligheten har återkommit vid flera tillfällen, och har alltså ofta använts som ett huvudskäl till missförståndet "det fungerar inte att räkna samhällsekonomi på kollektivtrafik". I själva verket beror sådana resultat på att de nuvarande kalkylmetoderna inte inkluderar resenärernas trängselkostnader, och därmed felbedömer vilken turtäthet som är samhällsekonomiskt optimal.

Av detta ska man absolut inte dra slutsatsen att dagens verkliga turtätheter är samhällsekonomiskt optimala. De kan vara för höga eller för låga, och antagligen varierar det i olika delar av nätet och vid olika tidpunkter. Slutsatsen är att vi idag *inte vet* om de verkliga turtätheterna är samhällsekonomiskt optimala, eftersom det inte gjorts några analyser som beräknat de optimala turtätheterna med hänsyn till resenärernas trängselkostnader. I stället har man med hjälp av tumregler bedömt vilken turtäthet som är "lagom" med hänsyn till efterfrågan, och använt denna bedömning både i verkligheten och i kalkylerna. Vilka samhällsekonomiska förluster detta givit upphov till i *verkligheten* går inte att bedöma, eftersom vi inte vet vad som vore optimalt. Men det är utan tvekan så att kalkyler som inte tar hänsyn till trängselkostnader blir missvisande.

Syftet med denna rapport är att förklara varför problemen uppstår, varför de är så viktiga, och vad man bör göra åt det.

## 2.1 Turtäthetens betydelse för kalkylresultaten

För att förklara problemen som uppstår måste man börja med att förklara varför antaganden om turtätheter alltid är så centrala i samhällsekonomiska analyser för kollektivtrafik, vare sig det är trängsel på linjen eller inte.

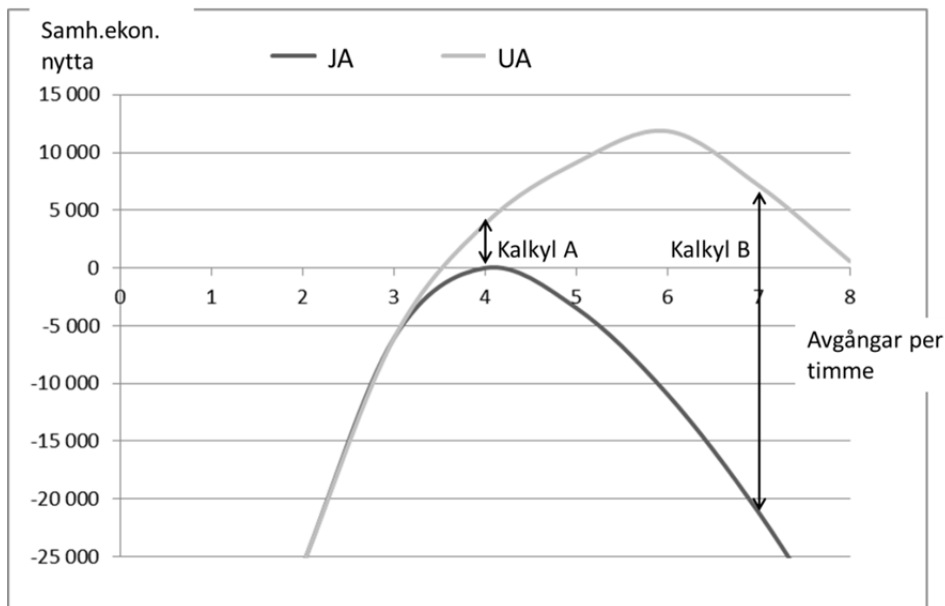
Turtätheten på en linje är en avvägning mellan driftskostnader, som ökar med ökande turtäthet, och resenärupppoffringar, som minskar med ökande turtäthet eftersom både väntetider och trängsel i fordonen minskar. Den samhällsekonomiskt optimala turtätheten för en linje är den turtäthet som minimerar summan av dessa komponenter – driftskostnader och resenärupppoffringar. Det gäller förstås i verkligheten lika väl som i kalkyler: turtätheter väljs genom att driftskostnader vägs mot kortare väntetider och minskad trängsel<sup>2</sup>.

Det här spelar stor roll när man ska beräkna den samhällsekonomiska nyttan av en kollektivtrafikåtgärd. Om turtätheten är optimalt vald både med och utan åtgärden, alltså både i de s k jämförelsealternativet (JA) och det s k utredningsalternativet (UA), så får man fram nyttan av åtgärden genom att jämföra JA och UA. Men om turtätheterna i JA och/eller UA *inte* är optimalt valda så blandar man nyttan av själva åtgärden med den nytta som uppstår av att turtätheten väljs mer eller mindre optimalt. Anta t ex att man vill beräkna nyttan av en infrastrukturinvestering, och anta att turtätheten i JA är för hög, samhällsekonomiskt sett, men att turtätheten i UA sätts samhällsekonomiskt optimalt. Den nytta som kalkylen visar blir då summan av två komponenter: nyttan av att välja en samhällsekonomiskt bättre turtäthet i JA, alltså utan någon infrastrukturinvestering alls, plus nyttan som uppstår av själva investeringen. I det här fallet överdrivs alltså nyttan av investeringen. Om man, omvänt, har optimal turtäthet i JA, men för hög eller låg turtäthet i UA, så underskattas nyttan av investeringen.

Figuren nedan illustrerar vad som händer. (Figuren är hämtad från Eliasson och Börjesson (2014) och beskriver en kapacitetsökning på en järnväg, men principen är generell.) De två kurvorna visar hur stora samhällsekonomiska nyttor en viss linje ger före (JA) respektive efter (UA) en åtgärd, som funktion av turtätheten (x-axeln visar antalet avgångar per timme). I "kalkyl A" väljs 4 avgångar/timme både i JA och UA, och nyttan av åtgärden blir då så stor som pilen visar. I "kalkyl B" väljs 7 avgångar per timme i både JA och UA, och nu blir nyttan av åtgärden så stor som den andra pilen visar. Genom att välja antalet avgångar i JA respektive UA på olika sätt så kan nyttan av åtgärden bli snart sagt vad som helst. Vissa resultat är uppenbart paradoxala: väljer man t ex 4 avgångar/timme i JA och 8 avgångar/timme i UA så blir nyttan av åtgärden 0! Andra resultat är inte lika uppenbart "fel", och är därför än mer förrädiska: om man bara testat en enda turtäthet i JA mot en enda turtäthet i UA så upptäcker man inte ens problemet.

---

<sup>2</sup> För kommersiellt drivna linjer, som t ex långväga persontrafik på järnväg, så görs en analog avvägning mellan driftskostnader och resenärupppoffring – men där väljs turtätheten för att maximera det företagsekonomiska överskottet i stället för det samhällsekonomiska överskottet. Man kan visa att detta leder till en lägre turtäthet än den samhällsekonomiskt optimala.



Poängen är att nyttan av en åtgärd inte kan frikopplas från valet av turtätheter. Som framgår av exemplet är det ingen lösning att välja samma turtätheter i JA och UA – man får ändå olika svar beroende på vilken turtäthet man väljer. *Utan en princip för valet av turtäthet är nyttan av en åtgärd inte definierad.*

Det mest logiska valet är att välja turtätheten optimalt både i JA och UA. På det sättet renodlar man själva *åtgärdens* nytta, och blandar inte ihop den med att turtätheten kan vara mer eller mindre samhällsekonomiskt effektiv (dvs. ge mer eller mindre totalnytta). I diagrammet motsvarar det 4 avgångar/timme i JA och 6 avgångar/timme i UA.

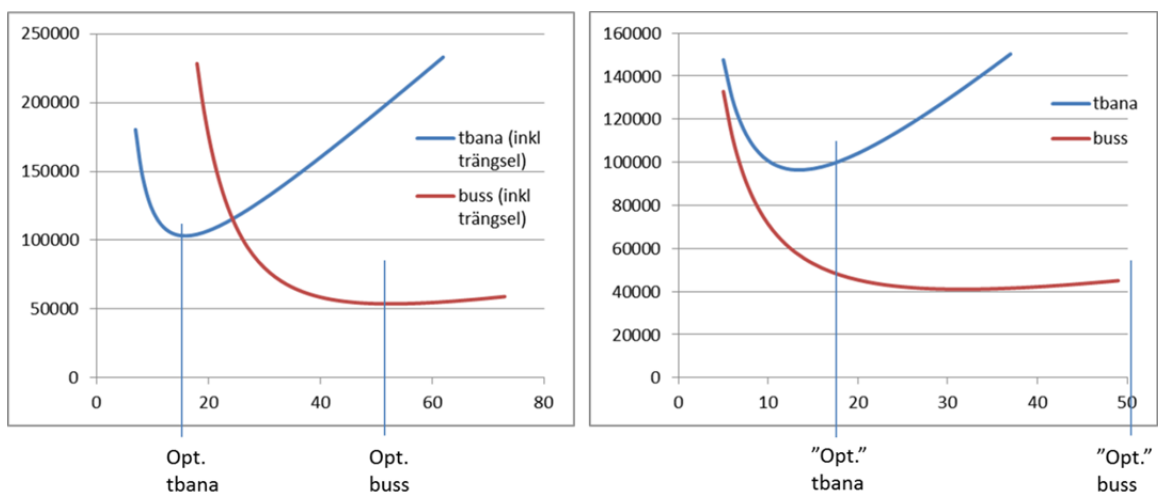
TF:s nuvarande kalkylmetoder anger dock inte hur turtätheterna ska väljas, utan det är upp till den utredare som upprättar kalkylen för en viss åtgärd. Vanligen utgår man från någon tumregel om vad som är "lagom" turtäthet givet en viss efterfrågan. Som framgår av resonemanget ovan blir kalkylresultatet olika beroende på vilken turtäthet man väljer, och kan faktiskt bli i stort sett vad som helst; en utredare med andra tumregler eller annan maggropskänsla skulle komma fram till en annan nytta av åtgärden.

Dessutom är det oftast inte bara fråga om att välja turtäthet på en enda linje. Ta till exempel den planerade nya tunnelbanan till Nacka. I JA finns ett stort antal busslinjer med höga turtätheter, och man måste välja hur höga dessa turtätheter ska antas vara vid kalkylåret (2030). I UA finns en tunnelbana, vars turtäthet man måste anta, och dessutom måste man anta något om hur bussnätet förändras: turtätheterna går rimligen ned, och vissa linjer försvinner kanske helt. Det är alltså inte bara fråga om vad man antar för turtäthet på den nya tunnelbanan, utan även vad man antar om bussnätet med respektive utan tunnelbanan. Kalkylutfallen kan bli helt olika beroende på alla dessa antaganden. För att det samhällsekonomiska värdet av tunnelbanan ska vara *definierat*, måste man alltså bestämma en *princip* för hur turtätheterna bestäms – annars är det samhällsekonomiska värdet av tunnelbanan godtyckligt.

Det som verkligen gör problemet allvarligt är att TF:s nuvarande kalkylmetoder (oftast) inte räknar med trängselkostnaderna, dvs. att den generaliserade reskostnaden ökar med högre trängsel. Den generaliserade reskostnaden är summan av allt som påverkar hur stor uppföring en resa är: restid, reskostnad, väntetid, antal byten, bekvämlighet,

risk för förseningar osv. Trängseln påverkar bl a bekvämligheten och risken för förseningar. Turtätheterna sätts med hänsyn till trängseln, både i kalkylerna och i verkligheten. I själva verket så är önskemål om minskad trängsel ett vanligare motiv för stora investeringar än önskemål om kortare väntetider. Men trängseln räknas sedan inte med explicit i kalkylen! Eftersom dagens faktiska turtätheter är satta med hänsyn till kapacitetsrestriktioner, alltså trängsel i fordonen, är de högre – ofta betydligt högre – än vad som är optimalt enligt en kalkyl där trängseffekter inte ingår. Det betyder att det uppstår samhällsekonomiska vinster i kalkylen om man minskar trafiken jämfört med idag. Effekterna kan vara mycket stora.

Diagrammen nedan visar de totala samhällsekonomiska kostnaderna (driftskostnad plus resenärsupppoffringar) för en viss linje, trafikerad dels med tunnelbana, dels med buss. Lägre kostnad är alltså bättre. Det vänstra diagrammet visar samhällsekonomiska kostnader inklusive trängsel, det högra exklusive trängsel.



Figur 1. Optimala turtätheter för buss respektive tunnelbana på en hypotetisk linje.

TF:s vanliga kalkylmetod bygger på att man väljer "lagom" turtätheter med hänsyn till trängsel, men räknar utan hänsyn till trängsel i kalkylen. Det betyder att man i princip väljer turtätheter som i det vänstra diagrammet – eller snarare en sorts intuitiv maggrops-motsvarighet till det vänstra diagrammet. Det ger de turtätheter som är markerade som "optimal turtäthet t-bana" respektive "optimal turtäthet buss" till vänster. Men sedan räknar man enbart på de nyttor som finns med i det högra diagrammet. Som framgår kommer då kalkylen visa att man skulle få ökade samhällsekonomiska nyttor (=minskade kostnader) om man drog ned trafiken.

Diagrammen visar en annan intressant sak. I det högra diagrammet, utan trängsel, är busstrafik alltid mer lönsamt än tunnelbanetraffic (kurvan för total samhällskostnad ligger nedanför). I det vänstra diagrammet, med trängsel, är det inte alltid så. Om man väljer bussturtätheten tillräckligt högt så blir dock buss mer lönsamt än tunnelbana. Men i verkligheten kan det vara praktiskt omöjligt att välja bussturtätheten så högt som behövs för att bussen ska bli mer lönsam än tunnelbana – hållplatser och vägutrymme kan sätta restriktioner på den maximala turtätheten. I diagrammet till vänster ser man att om den maximala bussturtätheten är t ex 20 buss/timme så kommer tunnelbanan (med optimal turtäthet, dvs ca 17 avgångar/timme) vara mer lönsam än buss. Det avgörande för att tunnelbana någonsin ska kunna vara mer lönsamt än buss är alltså dels att man räknar med trängselkostnader i kalkylen, dels att det finns en övre gräns för bussarnas turtäthet.

I figurerna ovan är effekterna ganska små, men det är bara för att kurvorna ska rymmas i diagrammen. I verkligheten kan de nämligen vara extremt stora. Nedan visas vad som händer i ett mer verklighetstroget exempel.

## 2.2 Exempel

För att förklara och illustrera resomenagen ovan ska vi studera en förenklad version av tunnelbanestråket Hässelby-Fridhemsplan. Storleksordningarna och linjens huvuddrag är realistiska, men med vissa förenklingar – t ex antas alla stationer ha lika många påstigande, och vi låtsas att tåg och bussar vänder vid Fridhemsplan. Frågan som vi ska analysera är om tunnelbana är mer samhällsekonomiskt lönsamt än buss på denna sträcka.

### Förutsättningar

Linjen är 13 km lång, har 15 stationer och restiden mellan ändpunkterna (inklusive stopp) är 24 minuter i en riktning. Vi antar för enkelhets skull att restiden inte ändras med förändrad efterfrågan, och att ett omlopp tar 48 minuter.

Linjen har 90 000 påstigande per dygn (bägge riktningar), jämnt fördelat på alla stationer. Dygnet är indelat i tre perioder: maxtimmarna (en på morgonen och en på eftermiddagen), övrig rusningstid (två timmar på morgonen och tre på eftermiddagen) och resten av dygnet (sju timmar; trafikdygnet är alltså 14 timmar). Efterfrågan per timme under de tre perioderna förhåller sig till varandra som 16:7:5. Linjen är ojämnt belastad: tre gånger fler åker i riktning in mot staden än ut från staden på morgonen, och tvärtom på eftermiddagen. Antalet passagerare i maxsnittet (båda riktningar) blir därmed 100 000 per dygn.

Driftskostnaderna för buss respektive tunnelbana framgår nedan<sup>3</sup>. De består av en fast kostnad per fordon, en sträckberoende kostnad och en tidsberoende kostnad.

	Buss	Tunnelbana
Kostnad per fordon (per år)	426 177 kr	8,8 Mkr
Kostnad per km	100 kr/km	58 kr/km
Kostnad per timme	469 kr/h	1098 kr/h

Passagerarna antas värdera restid i fordonet utan trängsel med 60 kr/h, och väntetid med 120 kr/h. Värderingen av restid i fordonet beror dock på trängseln: restidsvärderingen ökar med en faktor  $\left(1 + 0.4 \left(\frac{x}{C}\right)^2\right)$  där  $x$  är antalet passagerare i vagnen och  $C$  är antalet sittplatser. Alla värderingar ligger nära ASEKS rekommendationer. Trängselfaktorn är en funktion som motsvarar den tabell som finns i ASEK-rapporten, vilken i sin tur är hämtad från (Wardman & Whelan, 2011)<sup>4</sup>. Bussar antas ha 50 sittplatser och t-banetåg 350 sittplatser.

<sup>3</sup> Det här är den nya metod för driftskostnadsberäkning som tagits fram i delprojekt 2.

<sup>4</sup> En mer realistisk trängselkostnadsfunktion skulle också ta hänsyn till att passagerarna inte är jämnt utspridda över fordonen, utan ojämnt spridda både mellan vagnar i samma tåg och mellan olika avgångar under samma tidsperiod, bl a på grund av slumpmässiga variationer i hur passagerare och fordon ankommer. Eftersom trängselkostnadsfunktion är icke-linjär så gör sådana slumpmässiga variationer att den genomsnittliga trängselkostnaden ökar, även om den genomsnittliga belägningsgraden (medelvärde av  $x/C$ ) är densamma.

## Resultat

Tabellen nedan visar kalkylresultat för buss respektive tunnelbana med två trafikeringar vardera. Trafikering 1 är optimerad *utan* hänsyn till trängsel, medan trafikering 2 är optimerad *med* hänsyn till trängsel.

TF:s nuvarande kalkylmetoder inkluderar alltså (oftast) inte trängsel. Men man väljer ändå turtätheter med hänsyn till trängsel, både i verkligheten och i kalkylen. Turtätheterna väljs dock inte baserat på någon explicit samhällsekonomisk princip, utan med hjälp av tumregler för hur hög maxbelastningen får eller bör vara. Det är i och för sig fullt möjligt att sådana tumregler är ett uttryck för en implicit samhällsekonomisk maggropskänsla, där driftskostnader balanseras mot väntetids- och trängselkostnader.

	Buss, trafikering 1: Optimerad <i>utan</i> hänsyn till trängsel	T-bana, trafikering 1: Optimerad <i>utan</i> hänsyn till trängsel	Buss, trafikering 2: Optimerad <i>med</i> hänsyn till trängsel	T-bana, trafikering 2: Optimerad <i>med</i> hänsyn till trängsel
Avgångar/timme, maxtimme	24	9	150	18
Avgångar/timme, övrig rusning	24	9	67	16
Avgångar/timme, övriga dygnet	21	9	44	12
Driftskostnad (kkr/dag)	239	615	848	1 105
Väntetidskostnad (kkr/dag)	239	615	82	374
<b>Total samhällsekonomisk kostnad exkl. trängsel (kkr/dag)</b>	478	1 229	930	1 479
Passagerare/fordon maxsnitt, maxtimme	492	1 339	80	669
Trängselkostnad (kkr/dag)	9 255	1 389	386	368
<b>Total samhällsekonomisk kostnad inkl. trängsel (kkr/dag)</b>	9 733	2 619	1 316	1 847

Tabellen illustrerar vad detta leder till. I kalkylen *utan* trängsel är de optimala turtätheterna omkring 24 bussar/timme respektive 9 tunnelbanor/timme. Om turtätheterna väljs högre så kommer kalkylen ge ett sämre utfall. Om man i verkligheten väljer turtätheter med hänsyn till trängsel, dvs. något i stil med "trafikering 2", så kommer det alltså uppstå nyttor i kalkylen när man minskar trafiken, ända ned till "trafikering 1". Det här förklarar den skenbart paradoxala observationen vi nämnde inledningsvis: att minskad trafik ger bättre kalkylutfall. Det beror helt enkelt på att de verkliga turtätheterna är valda med hänsyn till trängsel, men trängselkostnaderna finns inte med i kalkylen.

Kalkylutfallet utan trängsel anges på raden "Total samhällsekonomisk kostnad exkl. trängsel". Nyttoskillnaden mellan buss och tunnelbana kan variera stort beroende på vilka turtätheter som väljs. Om man t ex väljer tunnelbana med "trafikering 1" och buss med "trafikering 2" så blir nyttskillnaden mellan buss och tunnelbana 299 kkr/dag till bussens fördel. Om man i stället väljer tunnelbana enligt "trafikering 2" och buss enligt "trafikering 1" blir nyttskillnaden 1001 kkr/dag till bussens fördel. Valet av turtätheter kan alltså mer än tredubbla nyttan i kalkylen.

Med så låga turtätheter som i trafikering 1 blir förstas belastningen i fordonen orimligt hög – som mest 492 passagerare per buss och 1339 passagerare per tunnelbana! Det är förstas omöjligt. Men utan att inkludera trängselkostnaderna i kalkylen *syns* inte denna omöjlighet i kalkylen, och det är därför man kan få paradoxala resultat där nyttorna ser ut att öka och öka ju mer trafik man tar bort – om man startar i ett utgångsläge där turtätheten valts för att ge "lagom" trängselnivåer.



Man kan dock notera att vare sig man väljer trafikering 1 eller trafikering 2 så ger buss alltid högre samhällsekonomisk nytta (=lägre total kostnad) än tunnelbana. Det beror på att tunnelbanan har betydligt högre driftskostnad per avgång. Dels är driftskostnaderna i sig en minuspost i kalkylen; dels gör de högre driftskostnaderna att den optimala turtätheten blir lägre, och därmed blir väntetidskostnaderna högre. Med denna kalkylmetod är det uppenbart att tunnelbana *aldrig* kan bli mer lönsam än busstrafik.

Det som gör att tunnelbana ändå kan bli mer effektivt än buss är att det i praktiken finns begränsningar av turtätheterna. I kalkylen ovan antas det gå 150 bussavgångar per timme som mest, och det är oftast betydligt mer än vad som är praktiskt möjligt. Det är en omstridd fråga hur hög den effektiva turtätheten i ett bussystem egentligen kan bli. Den bästa lösningen för att få hög busskapacitet är oftast att göra flera olika busslinjer längs ett stråk, och därmed öka den s k nätverkstätheten (*network density*). Bussnätet i Nacka ser ut ungefär så: ute i Nacka är det ett finmaskigt nät av många olika linjer som täcker en stor yta. Därmed kan varje linje få en turtäthet som är möjlig att köra (och dessutom blir avstånden till närmaste hållplats korta). Problemen uppstår dock på den vägsträcka som alla linjerna delar – före och efter Danvikstull. Där blir de många linjerna i praktiken en enda busslinje fast med flera olika nummer, och då uppstår kapacitetsproblem på vägnätet. Det är alltså själva vägnätet (inklusive hållplatserna) som är den begränsande faktorn om man vill öka nätverkstätheten. Specialutformade system med flera körfält även vid stationerna och mycket stora bussar kan få oerhört höga passagerarkapaciteter, men i "normal" trafikmiljö finns begränsningar både för bussarnas storlek och hållplatsernas kapacitet för fordon och passagerare.

Vi undersöker därför vad som händer om den maximala turtätheten för de antagna 50-sättesbussarna sätts till 30-120 avgångar per timme (där de verkligt höga turtätheterna tänks representera större fordon och/eller högre nätverkstäthet).

Maximal turtäthet för busstrafiken	Buss, nya driftskostnader	Tunnelbana, nya driftskostnader
30 avgångar/timme	6 558	1 316
45 avgångar/timme	3 288	
60 avgångar/timme	2 213	
90 avgångar/timme	1 533	
120 avgångar/timme	1 353	

Nu framgår tunnelbanans fördel: om bussens turtäthet inte kan vara högre än 120 avgångar per timme (vilket förstås även det är en extremt hög turtäthet!) så lönar sig tunnelbanan samhällsekonomiskt. Om bussens maximala turtäthet är ännu lägre så blir skillnaden snabbt större.

### 2.3 Slutsatser

Syftet med denna rapport är att förklara varför minskningar i kollektivtrafikutbudet jämfört med dagens faktiska utbud ofta ger samhällsekonomiska nyttor, även i fall där efterfrågan är mycket hög. Skälet är ytterst att man inte räknar med resenärernas trängselkostnader i kalkylen. Gör man inte det kommer den beräknade samhällsekonomiskt optimala trafikeringen vara betydligt lägre än dagens trafikering, eftersom denna ofta motiveras av kapacitetsskäl. Därmed kommer minskningar av trafiken ge samhällsekonomiska vinster i kalkylen. Eftersom skillnaden mellan dagens

trafikering och den optimala trafikeringen utan hänsyn till trängsel är så stor kan även stora minskningar av trafiken, eller totalt avskaffande av trafik, ge mycket stora vinster om man inte tar med trängselkostnaderna i kalkylen.

Det är inte tillräckligt att stämma av att passagerarna fysiskt ryms i fordonen (såvida inte belastningen är så låg att kapacitetsutnyttjandet är långt under det område där det börjar bli trängsel). För att kalkylen ska bli rättvisande måste trängselkostnaderna vara med *explicit* i kalkylen.

För att nyttan av en åtgärd ska vara väldefinierad, och olika kalkyler jämförbara med varandra, måste man ha en princip för hur man väljer turtätheter både i JA och UA. Den mest logiska principen är att välja turtätheterna samhällsekonomiskt optimalt både i JA och UA. Ibland finns dock andra styrande principer, som t ex lägsta acceptabla kollektivtrafiktillgänglighet i vissa områden; i så fall bör man ta hänsyn till sådana principer i kalkylen också.

Räknar man med trängselkostnader i kalkylen, och om den praktiskt genomförbara bussturtätheten har en övre gräns (som beror på de restriktioner som stads- och trafikmiljö sätter), så blir tunnelbana mer samhällsekonomiskt lönsam än buss om efterfrågan är hög, vilket förstås är precis vad man förväntar sig. Med trängselkostnader i kalkylen blir det alltså inte så att "tunnelbana *aldrig* är lönsam i kalkylen!" – vilket faktiskt blir resultatet om man försummar trängselkostnader.

Trängselkostnaderna kan relativt enkelt inkluderas i kalkylerna genom att låta restidsvärdet bero på belastningen i fordonet. Exemplet i denna rapport visar hur man kan göra, men själva funktionen kan förstås utvecklas vidare så att den tar hänsyn till slumpmässiga trängselvariationer mellan olika vagnar och avgångar.

Att en kalkyl utan trängselkostnader kommer att felbedöma vad som är den optimala turtätheten innebär förstås inte att dagens turtätheter faktiskt *är* optimala. Genom att utveckla metoder för att inkludera trängsel i samhällsekonomiska analyser kan man få ett kraftfullt verktyg för att bedöma hur höga turtätheter som faktiskt är motiverade.

## 2.4 Rekommendationer

- TF:s kalkylmetoder bör inkludera en trängselkomponent.
- Som ett första steg kan man använda den funktion som använts i exemplet här.
- Ett enkelt nästa steg är att ta hänsyn till slumpmässiga variationer i trängseln mellan avgångar och vagnar (resenärerna är ju inte jämnt utspridda över fordonen).
- Efter det bör man genomföra studier av resenärernas trängselvärdering i svenska förhållanden, helst baserat på verkliga beteenden (*revealed preferences*).
- En angelägen men mer komplicerad metod är att även ta hänsyn till tendensen till kolonnkörning ("bus bunching"), vilket ytterligare ökar den genomsnittliga trängselkostnaden.
- Turtätheterna i investeringskalkyler bör väljas samhällsekonomiskt optimalt både i JA och UA (som huvudregel). Vid behov kan denna princip kompletteras med lägsta acceptabla turtätheter på olika linjer. I beräkningen av samhällsekonomiskt optimala turtätheter måste trängselkostnaderna finnas med.

### 3 NY METOD FÖR DRIFTSKOSTNADSBERÄKNING

Driftskostnaderna är en betydande post i kalkyler för kollektivtrafik. Ofta är nuvärdet av driftskostnaderna för trafiken på en nyinvestering i samma storleksordning som investeringskostnaden. Det finns dock inga standardiserade metoder för att beräkna driftskostnaderna i stil med de metoder för samhällsekonomiska beräkningar som rekommenderas av ASEK (Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyler, numera ledd av Trafikverket). I stället är det kalkylupprättarens ansvar att välja metod för att beräkna driftskostnaderna.

TF (Isak Rubensson) har inom ramen för detta arbete tagit fram en ny, mer realistisk metod för att beräkna driftskostnader för Stockholms kollektivtrafik. Syftet med detta avsnitt är att redovisa den nya metoden och jämföra utfallen med den gamla och den nya metoden genom ett exempel.

#### 3.1 Beskrivning av metoden

Hittills har Trafikförvaltningen (TF) använt en metod som bygger på att driftskostnaderna helt enkelt är proportionella mot antalet fordonskilometer. Denna metod tar dock inte hänsyn till att trafiken varierar över dygnet: betydligt fler fordon används i högtrafik än i lågtrafik. TF (Isak Rubensson) har tagit fram en mer rättvisande driftskostnadsberäkning som beror på tre komponenter: antalet fordon som måste köpas in, antalet kilometer de körs och antalet timmar de körs. Metoden tar därmed hänsyn till att de totala driftskostnaderna beror på hur trafiken varierar över dygnet. Att utöka trafiken i högtrafik är t ex dyrare än att utöka den i lågtrafik, eftersom fler fordon då måste köpas in. Den nya beräkningsmetoden bygger också på uppdaterade siffror för verkliga driftskostnader – den tidigare beräkningsmetoden byggde på siffror som var några år gamla. Tabell 1 visar den nya respektive den gamla beräkningsmetoden.

**Tabell 1. Ny och gammal metod för driftskostnadsberäkning. (Kilometer respektive timme avser fordonskilometer och fordonstimme.)**

	Ny driftskostnadsberäkning	Gammal driftskostnadsberäkning
<b>Buss</b>		
Kostnad per fordon (per år)	426 177 kr	-
Kostnad per km	10 kr/km	66 kr/km (innerstad) 36 kr/km (ytterstad)
Kostnad per timme	469 kr/h	-
<b>Tunnelbana</b>		
Kostnad per fordon (per år)	8,8 Mkr	-
Kostnad per km	58 kr/km	276 kr/km
Kostnad per timme	1098 kr/h	-

Bussarnas totala driftskostnader utgörs dels av fasta kostnader (12% av totalen) som inte påverkas av ökat eller minskat utbud, dels av rörliga kostnader. De fasta kostnaderna omfattar bl a trafikledning, depåer och täckning för koncerngemensamma kostnader. Av de rörliga kostnaderna kan 27% hänföras till fasta kostnader för själva bussarna. Drygt två tredjedelar av fordonskostnaderna är kapitalkostnader, resten är främst tvätt och försäkring. 29% av de rörliga kostnaderna är sträckberoende, varav drygt hälften är bränslekostnader och resten är reparationskostnader. 44% av de

rörliga kostnaderna är tidsberoende kostnader, som helt utgörs av personalkostnader för förarna.

Motsvarande nedbrytning av tunnelbanornas driftskostnader är ännu inte tillgänglig.

### 3.2 Jämförelse mellan gammal och ny metod för driftskostnadsberäkning

Kalkylutfallet med den nya metoden kan jämföras med den gamla metoden på tre sätt.

- 1) Den samhällsekonomiskt optimala turtätheten (den som minimerar den samhällsekonomiska totalkostnaden givet en viss efterfrågan) kan förändras.
- 2) De totala driftskostnaderna kan förändras.
- 3) Skillnaden i total samhällsekonomisk kostnad (drift + väntetid + trängsel, givet optimal turtäthet) kan förändras.

För att jämföra de gamla och de nya driftskostnadsberäkningarna använder vi samma exempel som i föregående avsnitt. Tabell 2 visar de optimala turtätheterna utan hänsyn till trängsel samt vilka driftskostnader och väntetidskostnader de leder till, för de gamla respektive de nya driftskostnadsberäkningarna.

**Tabell 2. Samhällsekonomiska kostnader (kk/dag) samt optimal turtäthet (utan hänsyn till trängsel) för gamla och nya metoder för driftskostnadsberäkning.**

	Buss		Tunnelbana	
	Optimal turtäthet med nya driftskostnader	Optimal turtäthet med gamla driftskostnader	Optimal turtäthet med nya driftskostnader	Optimal turtäthet med gamla driftskostnader
Avgångar/timme maxtimme	24	26	9	11
Avgångar/timme övrig rusning	24	17	9	7
Avgångar/timme övriga dygnet	21	14	9	6
Driftskostnad	239	309	615	726
Väntetidskostnad	239	309	615	726
<b>Total samhällsekonomisk kostnad</b>	<b>478</b>	<b>618</b>	<b>1 229</b>	<b>1 452</b>

De optimala turtätheterna är genomgående högre utanför maxtimme och lägre i maxtimme med den nya metoden, eftersom det är maxtimmetrafiken som i praktiken bär kostnaderna för att köpa in fordon. Turtätheterna blir dock ganska lika med de två metoderna med tanke på att de är uppbyggda på helt olika sätt och bygger på olika datamaterial.

De totala driftskostnaderna blir något lägre: drygt 20% lägre för buss och drygt 15% lägre för tunnelbana. Det gör att det lönar sig att ha högre turtätheter generellt sett, vilket minskar de totala väntetidskostnaderna. Bägge minskningarna bidrar till att och de totala samhällsekonomiska kostnaderna minskar.

Dessa beräkningar tar dock inte hänsyn till trängsel, och som visades i föregående avsnitt så är det ofta en viktig komponent. Tabell 3 redovisar utfallen när man tar hänsyn till trängsel vid valet av turtätheter.

**Tabell 3. Samhällsekonomiska kostnader (kk/dag) samt optimal turtäthet (med hänsyn till trängsel) för gamla och nya metoder för driftskostnadsberäkning.**

	Buss		Tunnelbana	
	Optimal turtäthet med nya driftskostnader	Optimal turtäthet med gamla driftskostnader	Optimal turtäthet med nya driftskostnader	Optimal turtäthet med gamla driftskostnader
Avgångar/timme maxtimme	150	157	18	26
Avgångar/timme övrig rusning	67	52	16	10
Avgångar/timme övriga dygnet	44	34	12	7
Driftskostnad	848	1 058	1 105	1 096
Väntetidskostnad	82	103	374	514
Trängselkostnad	386	481	368	294
<b>Total samhällsekonomisk kostnad</b>	<b>1 316</b>	<b>1 641</b>	<b>1 847</b>	<b>1 904</b>

Även i detta fall är de optimala turtätheterna genomgående högre utanför maxtimme och lägre i maxtimme med den nya metoden, eftersom det är maxtimmetrafiken som dimensionerar de fasta fordonskostnaderna. Turtätheterna blir dock även nu tämligen lika med de två metoderna. Särskilt för tunnelbana är dock skillnaderna så pass stora att det spelar roll vilken metod man väljer när man ska bestämma turtäthet.

Samtliga kostnader – drift, väntetid och trängsel – minskar med ca 20% för buss. För tunnelbana är totalkostnaden i stort sett oförändrad. De högre turtätheterna utanför maxtimme gör att de totala väntetidskostnaderna minskar, men det uppvägs av att de lägre turtätheterna i maxtimme ger högre sammanlagda trängselkostnader.

### 3.3 Slutsatser

Skillnaderna mellan den nya och den gamla driftskostnadsberäkningen tillräckligt betydande för att det ska vara värt att gå över till att använda den nya metoden, men inte så stora att det fullständigt ändrar kalkylutfallen.

Med den nya metoden blir den optimala trafikeringen något lägre i maxtimme och något högre utanför maxtimme. De totala samhällsekonomiska kostnaderna sjunker – något mer för busstrafik än för tunnelbana.

### 3.4 Rekommendationer

- TF bör använda den nya metoden för driftskostnadsberäkningar i sina kalkyler.
- Som påpekades i föregående avsnitt är det viktigt att sätta turtätheterna i kalkylen optimalt. Det förutsätter bra metoder för driftskostnadsberäkningar, eftersom den optimala turtätheten är en avvägning mellan driftskostnader och resenärsnyttor. Det är ytterligare ett skäl för att använda den nya metoden.
- TF bör med jämna mellanrum se över driftskostnadsberäkningarna allteftersom nya data blir tillgängliga.
- Det är angeläget analysera av vad som påverkar driftskostnader, och hur man kan förhindra att de fortsätter öka över tiden.

## 4 EFFEKTEN AV TILLGÄNGLIGHET PÅ PRODUKTIVITET

Ett stort antal studier har visat att ökad tillgänglighet tenderar att öka produktivitet, löner och sysselsättning (Rosenthal & Strange, 2004). Det är svårt att fastställa exakta samband, dels därför att samband mellan tillgänglighet och ekonomisk utveckling helt enkelt varierar mycket, dels därför att de ekonometriska svårigheterna är avsevärda. Det är nämligen svårt att veta vad som är kausala effekter och vad som bara är "sortering" av mer produktiva företag och individer till områden med hög tillgänglighet (Combes, Duranton, & Gobillon, 2008). Trots detta får det betraktas som tämligen okontroversiellt att högre tillgänglighet i någon mån leder till högre produktivitet, löner och sysselsättning, och att dessa effekter inte fullt ut finns med i de kalkylmetoder som används för närvarande. Resultaten verkar så pass robusta att man svårligen kan försvara antagandet att dessa effekter inte finns. På något sätt bör man ta med dem i de samhällsekonomiska kalkyler som vanligen används för att analysera åtgärder i transportsektorn.

Att ta hänsyn till detta är särskilt viktigt eftersom det kan påverka rangordningen av olika åtgärder, särskilt på nationell nivå. Ökningen av produktivitet osv. är nämligen enbart kopplad till tillgängligheten för arbetspendling (dvs. individers tillgänglighet till arbetsplatser, och omvänt företagets tillgänglighet till arbetskraft). Investeringar där en relativt sett stor del av nyttorna kommer från pendling kommer att rankas högre än andra åtgärder. Det innebär t ex att åtgärder som förbättrar regionalt resande kommer rankas högre än åtgärder som underlättar långväga resor. Även om beräkningarna av de kalkyltillägg som redovisas nedan är osäkra så ger det en storleksordning på effekterna. För transportåtgärder och -investeringar där huvuddelen av nyttorna består av ökad tillgänglighet till arbetsplatser så är tillägget betydande. För transportåtgärder där nyttorna huvudsakligen är av andra slag – förbättringar för långväga resor t ex – finns inga motsvarande tillägg (åtminstone inte som har något forskningsstöd). Att *inte* lägga till inkomsteffekter riskerar därför att innebära en betydande snedvridning när projekt av olika slag ska jämföras med varandra.

Frågan om hur stora tillägg som ska göras i kalkylen kan delas upp i två delfrågor. Den första delfrågan är hur en tillgänglighetsökning påverkar löner och sysselsättning. Den andra delfrågan är hur mycket av dessa effekter som redan finns med i kalkylen. Den del av effekterna som inte finns med i kalkylerna brukar kallas "wider economic benefits", och den andra delfrågan handlar alltså om hur stor del av de ekonomiska effekterna som egentligen är "wider", alltså faller utanför de traditionella kalkylberäkningarna.

De allra senaste åren har forskningen gjort betydande framsteg inom bägge delfrågorna. I det första avsnittet nedan redovisas hur man kan beräkna inkomsteffekter utgående från det konsumentöverskott som redan finns med i kalkylerna. Detta avsnitt bygger på Isacson et al. (forthcoming) samt egna beräkningar. I det följande avsnittet nedan behandlas den sk överlappsfrågan, alltså hur stor del av inkomsteffekterna som faller utanför traditionella kalkyler. Detta avsnitt bygger på Eliasson (2015) och Eliasson och Fosgerau (forthcoming).

### 4.1 Sambandet mellan medellöner och tillgänglighet

Högre tillgänglighet tenderar att vara associerat med högre löner, vilket i sin tur är en vanlig indikator för högre produktivitet. Högre tillgänglighet tenderar också att vara associerat med högre sysselsättning och en rad andra ekonomiska variabler, men dessa samband lämnas därhän för närvarande.

En färsk svensk studie (Isacsson et al., forthcoming) är särskilt intressant i detta sammanhang eftersom den bygger på svenska data av mycket hög kvalitet och upplösning, och bygger vidare och i hög grad bekräftar tidigare svenska studier. Studien är också användbar eftersom man kan använda den för att beräkna ett samband mellan inkomsteffekten (ökning av medellönen) och konsumentöverskottet (även kallat tillgänglighetsvinst eller restidsvinst) som redan ingår i vanliga kalkyler.

Studien använder metodik som i liknar den som användes i modellen SamLok, som använts för flera investeringsanalyser av bl a Trafikverket. Den nya studien använder dock en ännu mer förfinad estimeringsmetod samt bättre data med högre upplösning.

*(Den följande texten är på engelska eftersom den är hämtad från en kommande forskningsuppsats.)*

There is a large literature estimating relationships between income and accessibility to workplaces. Different studies have used different measures of accessibility. The earliest studies simply used the city size (population or number of workplaces) as a proxy for accessibility to workplaces. More recent ones use various variants of “economic density” measures, where workplaces (or sometimes some other measure of economic activity) weighted by some measure of generalized travel cost (or sometimes just the distance).

If the estimated relationship is to be used for evaluating transport policies, a particularly suitable accessibility measure is the following:

$$A_i = \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij})$$

$A_i$  is the accessibility in location  $i$ ,  $N_j$  the number of workplaces in location  $j$  and  $c_{ij}$  is the generalized travel cost from location  $i$  to location  $j$ . The generalized cost weighs together all disutilities related to traveling from  $i$  to  $j$  – travel cost, travel time, waiting time, comfort and so on – with all available modes, and expresses this in monetary terms. The generalized cost function is estimated to be consistent with travelers’ observed travel patterns. The parameter  $\mu$  is also determined by consistency with observed travel patterns:  $\mu$  is determined to make implied travel volumes  $T_{ij}$  as close as possible to observed travel volumes, where implied travel volumes are calculated by logit choice probabilities:

$$T_{ij} = T_i \frac{N_j \exp(-\mu c_{ij})}{\sum_k N_k \exp(-\mu c_{ik})}$$

where  $T_i$  is the number of workers in zone  $i$  (we assume that each worker makes one commuting trip per day, and that the number of workers and commuting trips are constant and exogenous). This measure of accessibility to workplaces is particularly suitable for transport policy appraisal for three reasons. First, it captures the influence of those variables transport projects can actually influence, such as travel times and travel costs, while for example distance as the crow flies cannot easily be changed by transport projects. Second, it is consistent with observed travel behavior of commuters, and can hence potentially also include socioeconomic factors that influence travel behavior such as age, income, car ownership and so on. Third, it provides a link to the standard cost-benefit analysis framework commonly used to evaluate transport project. It is this link that is the topic of the current note.

The accessibility measure above can then be included in an estimation of the income/accessibility relationship, usually using log-log regression. A good and recent example is (Isacsson et al., forthcoming), who estimate this relationship (slightly simplified here)

$$\ln(y_i^{t+1}) - \ln(y_i^t) = \beta(\ln(A_i^{t+1}) - \ln(A_i^t)) + \text{controls}$$

The parameter  $\beta$  measures how a change in accessibility from time  $t$  to time  $t+1$  will change income, from initial income  $y^t$  at time  $t$  to income  $y^{t+1}$  at time  $t+1$ .

The question of this note is how such an estimated relationship can be translated and compared with the consumer surplus that is included in standard CBA.

The interpretation of the estimated relationship is that if the initial wage is  $y_i^0$  and accessibility increases from  $A_i^0$  to  $A_i^1$ , the wage will increase to  $y_i^1$ , where

$$\ln(y_i^1) - \ln(y_i^0) = \beta(\ln(A_i^1) - \ln(A_i^0))$$

What we want to do is to express this as a relationship between an increase in income and an increase in consumer surplus. First, this would make it possible to calculate income effects directly from the consumer surplus that is available in a CBA. Second, this greatly simplifies the interpretation of the estimated income relationship, allowing a better assessment of whether its magnitude is reasonable. Third, it makes it easier to assess how much of the income effect should be added to the CBA, as we shall see in the subsequent section.

First, rewrite the left-hand side:

$$LHS = \ln(y_i^1) - \ln(y_i^0) = \ln\left(\frac{y_i^1}{y_i^0}\right) = \ln\left(1 + \frac{\Delta y_i}{y_i^0}\right) \approx \frac{\Delta y_i}{y_i^0}$$

where the last step is a Taylor approximation.

Assume that the change in accessibility is because generalized costs  $c_{ij}$  have changed by  $\Delta_{ij}$ ; in other words, we have  $c_{ij}^1 = c_{ij}^0 + \Delta_{ij}$ . Rewrite the right-hand side:

$$\begin{aligned} RHS &= \beta \ln(A_i^1) - \beta \ln(A_i^0) = \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^1) - \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^0) = \\ &= (\text{add and subtract an intermediate point}) = \\ &= \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^1) - \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu(c_{ij}^1 + \Delta_{ij}/2)) \\ &\quad + \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu(c_{ij}^0 - \Delta_{ij}/2)) - \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^0) \end{aligned}$$

Taylor-approximate each term in the second sum around  $\mu c_{ij}^1$ :



$$\begin{aligned}
 \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^1 + \mu \Delta_{ij}/2) \\
 &\approx \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^1) - \beta \mu \sum_j \frac{N_j \exp(-\mu c_{ij}^1)}{\sum_k N_k \exp(-\mu c_{ik}^1)} \frac{\Delta_{ij}}{2} \\
 &= \beta \ln \sum_j N_j \exp(-\mu c_{ij}^1) - \beta \mu \frac{1}{T_i} \sum_j T_{ij} \frac{\Delta_{ij}}{2}
 \end{aligned}$$

In the final step, we used that the parameter  $\mu$  is chosen such that  $T_{ij} = T_i \frac{N_j \exp(-\mu c_{ij}^1)}{\sum_k N_k \exp(-\mu c_{ik}^1)}$ , where  $T_{ij}$  are the travel volumes which will also appear in the consumer surplus calculation.

Approximate the terms in the third sum in the same way but around  $\mu c_{ij}^0$ , plug both approximations into the original expression, and cancel terms to get

$$RHS = \beta \mu \frac{1}{T_i} \sum_j T_{ij}^1 \frac{\Delta_{ij}}{2} + \beta \mu \frac{1}{T_i} \sum_j T_{ij}^0 \frac{\Delta_{ij}}{2} = \beta \mu \frac{1}{T_i} \sum_j \frac{T_{ij}^1 + T_{ij}^0}{2} \Delta_{ij}$$

The resulting summation is the well-known rule-of-a-half; it is precisely the change in consumer surplus used in CBA,  $CS_i$ , where sub-index  $i$  denotes the consumer surplus for commuters of zone  $i$ . Putting this together with the rewritten left-hand side, we get

$$\frac{\Delta y_i}{y_i^0} = \frac{\beta \mu}{T_i} * CS_i$$

And finally:

$$\Delta y_i * T_i = \beta \mu y_i^0 * CS_i$$

In words, there is an approximately proportional relationship between the consumer surplus  $CS_i$  in zone  $i$  and the total income change in zone  $i$   $\Delta y_i * T_i$  (remember that  $T_i$  is the number of workers in zone  $i$ ), where the proportionality factor is the product of the parameters  $\beta$ ,  $\mu$  and the initial income  $y_i^0$ .

We can use the results and numbers from (Isacsson et al., forthcoming) to approximate the magnitude of the proportionality factor:

$\beta$	0.009
$\mu$	0.028
$y_i^0$ , initial mean Income	2303 (100*SEK/year)

With these figures, the proportionality constant becomes approximately 0.6. In other words, the income effect can be calculated by multiplying the total consumer surplus by 0.6. (A more exact calculation would take into account that the average initial incomes  $y_i^0$  and number of workers  $T_i$  vary by residential zone  $i$ .)

This is a fairly large number, although it is in fact smaller than previous similar studies such as Anderstig et al (2016), which seems to be due to the Isacsson et al. study having access to microdata and using more careful econometrics with instrumental variables

and better controls. To put it in perspective, the marginal tax wedge<sup>5</sup> for the top income bracket is over 2. If the consumer surplus is completely converted into paid work in the long run (for example by using travel time savings to work more hours or commute to higher-paying jobs), then the ratio between the income effect (measured as gross wages) and the consumer surplus would be equal to this marginal tax wedge. If there are spillover effects (discussed in the next section), the ratio can be even higher.

This enables us to calculate an interesting number, namely how large share of an accessibility increase (such as a travel time saving) that is converted into paid work (e.g. through working more hours). Assuming that the marginal tax rate is 0.55 (which is relevant for the highest income bracket), the share is approximately  $(1-0.55)*0.6 \approx 0.3$ . A lower marginal tax rate (corresponding to the average income bracket) of 0.3 gives  $(1-0.3)*0.6 \approx 0.4$ . We can hence conclude that the results indicate that 30-40% of a reduction in generalized travel cost is converted into monetary income, e.g. through higher wage rates or more working hours.

Note that for this rule of thumb to hold, the consumer surplus has to be calculated in precisely the same way as in the estimation of the income effect. In particular, the value of time savings has to be the same. Since the recommended valuation of time savings in the CBA is changed from time to time, this needs to be taken into account.

#### 4.2 Hur mycket av inkomsteffekten ska läggas till i kalkylen?

När väl inkomsteffekten av en tillgänglighetsökning är beräknad är nästa fråga hur stor del av den som ska läggas till i kalkylen. Problemet behandlas formellt i Eliasson (2015) och Eliasson och Fosgerau (forthcoming). I detta avsnitt sammanfattas insikter och resultat.

En tillgänglighetsökning kan leda till ökade medellöner på tre sätt, nämligen genom fler arbetade timmar (om en restidsförkortning åtminstone delvis används till att arbeta fler timmar), bättre matchning (om en minskad generaliserad reskostnad åtminstone delvis används till att acceptera ett bättre avlönat arbete med högre generaliserad reskostnad än det nuvarande) samt s k *spillover*-effekter. Spillover-effekter representerar här alla mekanismer som gör att företag och arbetare blir mer produktiva när de får bättre kontakter med varandra, t ex genom att de lär av varandra eller lättare kan dela på gemensamma resurser. Skillnaden mellan matchnings- och spillover-effekter är att vinsten av bättre matchning huvudsakligen tillfaller resenären själv, eftersom det är han/hon som byter arbete, medan spillover-effekter är *externa*, dvs. de tillfaller inte resenären. Om man t ex tänker sig att en restidsförkortning leder till att en arbetare byter till ett annat arbete som passar honom bättre, och han därför är mer produktiv och därför får högre lön, så är det en matchningseffekt. Men om arbetaren t ex har kunskaper som gör att *övriga* anställda på arbetsplatsen blir mer produktiva så är det en spillover-effekt.

Man kan visa att de första två mekanismerna – fler arbetade timmar samt matchningseffekter som ger högre lön – fångas av det konsumentöverskott som ingår i vanliga kalkyler. Dock ingår bara värdet *efter skatt* av dessa två effekter. Den del av värdet som ur resenärerens synvinkel "går bort i skatt" finns inte med. Till kalkylen ska

<sup>5</sup> The marginal tax rate for the top income bracket is around 0.55, depending on municipality. The full income effect should also include the "employer tax", paid on top of the nominal gross wage, which is 0.33. This increases the ratio between total wage paid by the employer and after-tax wage to  $1.33/0.45 = 2.96$  at the margin. That the focus is on the top income bracket is because an earlier study (Anderstig, Berglund, Eliasson, & Andersson, 2016) showed that most of the income effect is due to income increases in the top income bracket.

man därför lägga den del av inkomsteffekten som går bort i skatt. Eftersom kalkylen betraktar marginella effekter så är det marginskatten som är relevant, och eftersom inkomsteffekterna framför allt orsakas av högavlönade arbetare (Anderstig et al., 2016) så handlar det om betydande belopp – cirka två tredjedelar av en inkomstökning går bort i skatt (marginell inkomstskatt ca 55% plus arbetsgivaravgift ca 33% på toppen av bruttolönen).

Vidare så kan man visa (Eliasson & Fosgerau, forthcoming) att man också ska lägga till inkomstökningen efter skatt multiplicerad med  $\frac{\eta}{\eta+1}$ , där  $\eta$  är en parameter som mäter hur stark spillover-effekten är. Den definieras som produktionselasticiteten med avseende på det effektiva arbetsutbudet, eller formellt: låt  $q$  vara en arbetares produktivitet, och  $f(q)$  fördelningen av arbetarnas produktivitet. Det effektiva arbetsutbudet definieras som  $L = \int qf(q)dq$ , där integralen tas över alla arbetare som interagerar med varandra (t ex arbetar i samma stad). Anta att den totala produktionen ("output") är en funktion av  $L$  på detta sätt:  $Y = L^{\eta+1}$ . I detta uttryck är alltså  $\eta$  spillover-parametern. Om  $\eta = 0$  så är produktionen helt enkelt summan av alla arbetares produktivitet, och det finns inga spillover-effekter. Om däremot  $\eta > 0$  så ökar produktionen snabbare än proportionellt mot arbetarnas samlade produktivitet, t ex därför att man lär av varandra eller kan dela på gemensamma resurser.

Det finns mycket som tyder på att spillover-effekter är viktiga, alltså att  $\eta > 0$ , men få eller inga bra empiriska studier på hur stor  $\eta$  egentligen är. Än värre är att man kan visa att det är omöjligt att separera matchningseffekter från spillover-effekter enbart med aggregerade data (genomsnittliga löner osv.) – man måste ha tillgång till mikrodata, vilket är svårt att få tag i och besvärligt att hantera.

Den tryggaste bedömningen just nu är därför att anta  $\eta = 0$ , i synnerhet eftersom vi inte vet något om huruvida *marginella* tillgänglighetsökningar orsakar några större spillover-effekter. (Min egen bedömning är att det är ganska klart att spillover-effekter spelar stor roll för att förklara att större städer uppkommer och växer så snabbt. Men därav följer inte nödvändigtvis att marginella tillgänglighetsökningar i en existerande stad för med sig att spillover-effekterna ökar. Själv skulle jag dock tro att det finns en sådan effekt, men det går inte att veta idag.)

### 4.3 Slutsatser

Jag menar att det finns ett tillräckligt stabilt stöd för att ökad tillgänglighet för arbetsresor leder till inkomstökningar för att det ska vara motiverat att lägga till denna effekt till kalkylerna. Detta spelar roll eftersom andelen av nyttorna som kommer från arbetsresor är olika stor för olika typer av investeringar – jämför t ex åtgärder för att underlätta regional pendling med åtgärder som underlättar långväga resande.

Baserat på Isacson et al. (forthcoming) kan man visa att inkomsteffekten är omkring 0,6 gånger det traditionella konsumentöverskottet för arbetsresor. Helst ska man förstås beräkna inkomsteffekten exaktare, men denna tumregel kan vara användbar som storleksordning.

Hela inkomsteffekten ska inte läggas till, utan bara den del som motsvarar den marginella skattekillen. För höginkomsttagare (som står för den största delen av inkomsteffekten) går 55% av en bruttolönen plus 33% på toppen av lönen till skatt.  $0,6 \cdot 0,88 \approx 0,5$  gånger konsumentöverskottet för arbetsresor till kalkylen. (Notera dock att vanligen så kommer mindre än hälften av det *totala* konsumentöverskottet från arbetsresor.)

Dessa tumregler är givetvis osäkra av flera skäl. Sambandet mellan tillgänglighet och inkomster mycket mer än många andra samband som används för samhällsekonomiska analyser (som t ex vanliga trafikprognoser). Estimerade man sambandet på andra data och för andra tidsperioder skulle resultatet antagligen bli lite annorlunda (även om storleksordningen torde bli densamma). Tumreglerna ovan bygger också på två kritiska antaganden, nämligen den initiala medelinkomsten (230 000 kr/år i samplet) samt den marginella skattekillen (66% av en löneökning (inklusive arbetsgivaravgift) går till skatt). Mer noggranna beräkningar bör ta hänsyn till att både skattesatser och inkomster varierar geografiskt och över tid. Det innebär för övrigt att uppräknigen kommer att vara olika i olika delar av landet.

Även om uppräkningsfaktorn är osäker kan beräkningarna och uppräkningsfaktorerna ovan ge en användbar storleksordning på effekterna. För transportåtgärder och -investeringar där huvuddelen av nyttorna består av ökad tillgänglighet till arbetsplatser så är tillägget betydande. För transportåtgärder där nyttorna huvudsakligen är av andra slag – förbättringar för långväga resor t ex – finns inga motsvarande tillägg (åtminstone inte som har något forskningsstöd). Att *inte* lägga till inkomsteffekter riskerar därför att innebära en betydande snedvridning när projekt av olika slag ska jämföras med varandra.

Eftersom dessa resultat är alldeles nya finns ingen officiell ASEK-rekommendation att de bör användas. I väntan på en sådan kan man alltså inte använda dessa tillägg om man resultaten ska jämföras med åtgärder vars nyttor är beräknade enligt nuvarande ASEK-standard.

#### 4.4 Rekommendationer

- I en samhällsekonomisk kalkyl bör man lägga till den del av en inkomstökning som går till skatt.
- Som en tumregel motsvarar det ungefär att konsumentöverskottet *för arbetsresor* blir 40% högre (obs. att konsumentöverskottet för arbetsresor bara utgör något mindre än hälften av de totala nyttorna för regionala investeringar).
- Om olika åtgärder och investeringar ska jämföras är det dock viktigt att man räknar på samma sätt för samtliga. Än så länge finns ingen standardiserad rekommendation för hur inkomsteffekter ska beräknas eller läggas till kalkyler.
- Eftersom detta är ett livaktigt och ganska nytt forskningsområde är rekommendationer och resultat fortfarande relativt osäkra.

## 5 PÅVERKAN PÅ FASTIGHETSPRISER AV TILLGÄNGLIGHET

Det är välkänt att tillgänglighet spelar stor roll för fastighetspriser, och därmed för villigheten att bygga på olika platser. Ökar man tillgängligheten i ett område, t ex med infrastrukturinvesteringar, så kommer vanligen också fastighetspriserna i området öka. Denna värdeökning ska dock inte läggas till i kalkylen: den avspeglar bara den tillgänglighetsökning som redan finns i kalkylen.

Teoretiskt sett ska en marginell ökning av tillgängligheten i ett begränsat område<sup>6</sup> ge en lika stor ökning av fastighetspriserna i området. (efter att man tagit hänsyn till fastigheternas övriga egenskaper, som t ex storlek och ålder). Det ska inte heller spela någon roll med vilket transportslag tillgängligheten ökas: själva tillgänglighetsmättet ska redan i sin konstruktion ta hänsyn till olika transportslags attraktivitet. Frågan är om detta gäller även empiriskt. I synnerhet är det intressant att undersöka om en tillgänglighetsökning av en given storlek men som åstadkoms med olika transportslag – buss, bil, tunnelbana – påverkar fastighetspriser på samma sätt, oavsett transportslag. Syftet med denna studie är således att analysera om förbättrad tillgänglighet i kollektivtrafiken kapitaliseras olika beroende på om den förbättrade tillgängligheten kommer från spårbunden kollektivtrafik (tunnelbana) eller kollektivtrafik på väg (bussar), allt annat lika.

### 5.1 Metod

Analysen av kapitaliseringen av tillgänglighet i bostadspriser kommer att ske med den så kallade hedoniska metodiken. Metoden innebär att vi relaterar transaktionspriser på småhus och bostadsrätter med de värdepåverkande attribut som bostaden har. De viktigaste attributen utgörs av storleken på bostaden och dess kvalitet. Naturligtvis är bostadens geografiska läge ett viktigt värdepåverkande attribut. Här kommer det geografiska läget att bestämmas av närheten till tunnelbanestation respektive busshållplats. I analysen kommer vi att använda oss av ett "poolat" tvärsnittsdata, det vill säga vi kommer att analysera bostadsförsäljningar över en tidsperiod. Då är det viktigt att också inkludera tidsaspekten i den hedoniska priskekvationen. Det har vi gjort genom att inkludera konstanta månadseffekter i modellen. Sammanfattningsvis kommer således priset på bostaden att förklaras av bostadsattribut, lägesattribut och tid.

Sambandet mellan fastighetspriser (villor och bostadsrätter) och tillgänglighet kan förenklat beskrivas på följande sätt:

$$pris = \alpha * T_{bil} + \beta * T_{buss} + \gamma * T_{tbana} + \text{övrigt}$$

"Pris" är försäljningspris (i modellen används dock logaritmen av priset), och "övrigt" alla övriga egenskaper hos fastigheten och området utöver tillgängligheten.  $T_{bil}$ ,  $T_{buss}$ ,  $T_{tbana}$  är tillgänglighet (mätt i kronor) med dessa tre transportslag. De grekiska bokstäverna är parametrar som estimeras i modellen. Teoretiskt ska alltså detta resultera i  $\alpha = \beta = \gamma = 1$ . Separata modeller har estimerats för villor och bostadsrätter. Data är från Nacka, Västerort och området längs röda linjen mot Fruängen/Norsborg.

<sup>6</sup> Om tillgängligheten ökar i en hel stad på samma gång måste man ta hänsyn till jämviktseffekter, dvs. att områden i viss grad "konkurrerar" om samma köpare. Det gör att en tillgänglighetsökning inte nödvändigtvis slår igenom fullt ut i fastighetspriserna (Arnott & Stiglitz, 1979).

Resultaten ska tolkas med försiktighet av flera skäl, inte minst att de är känsliga för hur modellen specificeras och vilka variabler som finns med i som här kallats "övrigt". Med detta sagt är dock resultaten intressanta och intuitivt rimliga.

Den hedoniska prisekvationen har här estimerats med OLS (ordinary least squares). Man skulle kunna argumentera för att mer sofistikerade rumsliga modeller (spatial econometrics) borde användas men inom ramen för detta projekt har det inte varit möjligt. Vad vi däremot har kontrollerat för är påverkan av avvikande transaktioner (outliers) i datamaterialet. Vi har estimerat modellerna där avvikande transaktioner har viktats ned på basis om feltermen är onormalt stor, om observationen avviker när det gäller de bakomliggande variablerna och/eller om skattningen av koefficienterna förändras kraftigt om observationen utesluts ur estimeringen<sup>7</sup>.

## 5.2 Data

### *Undersökningsområde*

Undersökningsområdet består av dels områden längs tunnelbanelinjer i Stockholm stad, dels områden längs busslinjer i Nacka kommun. Avsikten har varit att identifiera områden som är "tunnelbaneområden" respektive "busslinjeområden" för att kunna särskilja effekten av en förbättrad tillgänglighet i kollektivtrafiken mellan tunnelbana och buss, det vill säga om det finns en "spåreffekt".

Nacka är en kommun där kollektivtrafiken utgörs av buss. I Stockholms stad däremot utgörs kollektivtrafiken av både tunnelbana, pendeltåg och buss. För att kunna identifiera områden där kollektivtrafiken nästan uteslutande utgörs av tunnelbana har områden runt tunnelbanestationerna definierat undersökningsområdet. I grundmodellerna har vi endast analyserat bostadsförsäljningar som ligger maximalt 2000 meter från stationen. Inom detta område är vårt antagande att tunnelbanan är det "bästa och viktigaste" kollektivtrafikalternativet. I bussalternativet har vi definierat undersökningsområdet på liknande sätt, det vill säga vi har avgränsat ett område runt ett antal busshållplatser och där kriteriet även här har varit att fastigheten ska ligga maximalt 2000 meter från närmaste busshållplats.

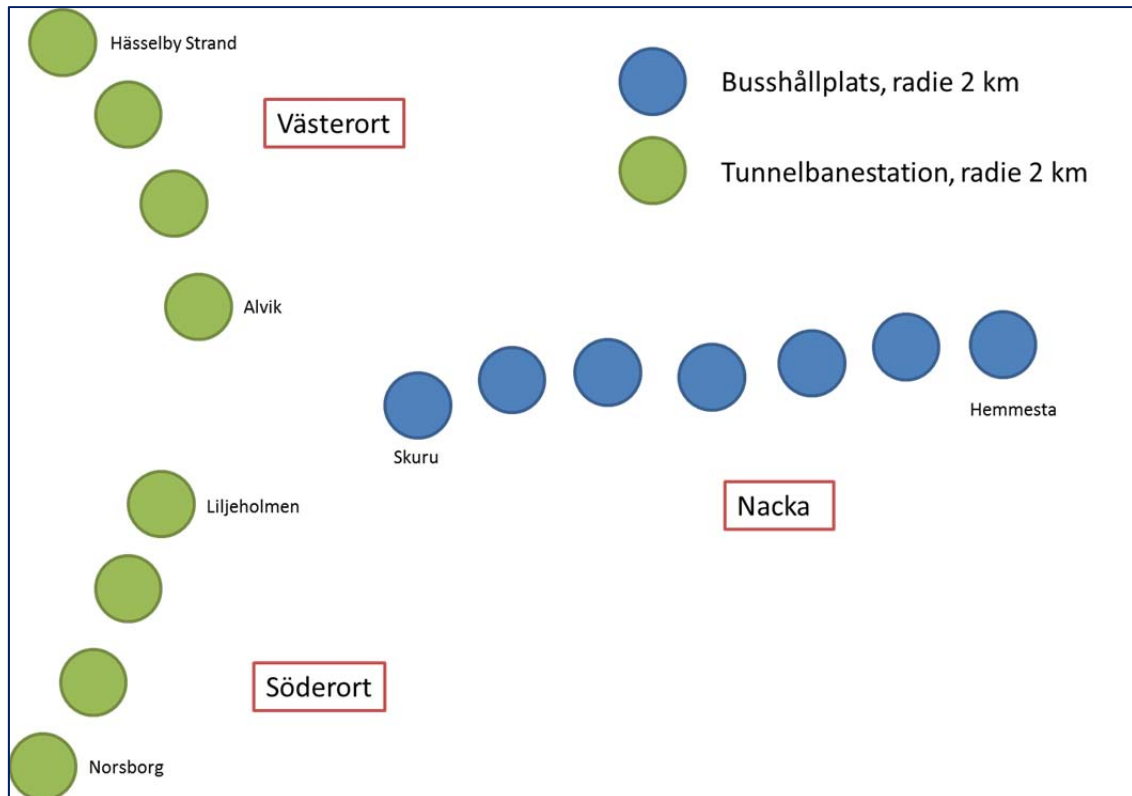
Figur 2 visar undersökningsområdet schematiskt. Tunnelbanealternativet utgörs dels av sträckningen Alvik till Hässelby strand i Västerort, dels sträckningen Liljeholmen till Norsborg i Söderort. Bussalternativet utgörs av sträckningen Skuru till Hemmesta. Runt varje station/hållplats har ett område med en radie på 2 kilometer skapats och alla bostadstransaktioner inom detta område utgör vårt undersökningsmaterial.

---

<sup>7</sup> Li, G. 1985. Robust regression. In Exploring Data Tables, Trends, and Shapes, ed. D. C. Hoaglin, F. Mosteller, and J. W. Tukey, Wiley.

Verardi, V and Croux, C. 2009. Robust regression in Stata. The Stata Journal, Vol 9. No 3

John Fox, Applied regression analysis, linear models, and related models, Sage publications, Inc, 1997



Figur 2. Undersökningsområdet.

### Datatillgång

Data kommer från två källor, nämligen Valueguard och WSP. Data från Valueguard utgörs av bostadsförsäljningar i Stockholms stad och Nacka kommun mellan åren 2005-2015 och avser både villor och bostadsrätter. Från WSP har vi fått tillgång till data avseende tillgänglighet (mätt i kronor) till arbetsplatser med bil respektive kollektivtrafik. Tillgängligheten är inte mätt från varje fastighet utan är mätt i olika stora trafikområden där samtliga fastigheter inom ett och samma område har samma tillgänglighet. För att komplettera tillgänglighetsmättet har vi därför även inkluderat en variabel som mäter fågelavståndet till närmaste tunnelbanestation eller busshållplats. WSP har även tillhandahållit data om andel bebyggd area, andel hög- respektive lågbebyggelse och andel småhus inom respektive trafikområde. Dessa variabler avser att fånga upp bebyggelseyp och områdeskaraktär och kan betraktas som en approximation på urbaniseringsgrad.

Initialt har vi valt att exkludera villor med ett lägre pris än 800 000 kronor och bostadsrätter med ett lägre pris än 600 000 kronor. Vi har även valt att exkludera bostäder med en bostadsyta på mindre än 20 kvadratmeter och biareor på mindre än 0 kvadratmeter eller större än 200 kvadratmeter. Slutligen har vi exkluderat villatransaktioner med en standardpoäng på mindre än 16 poäng och en tomtareal på mindre än 30 kvadratmeter.

### Deskriptiv statistik

I nedanstående två tabeller redovisas beskrivande statistik avseende vårt undersökningsmaterial. Tabell 4 redovisar statistik avseende analyserat bostadsrättsmaterial och Tabell 5 redovisar statistik avseende analyserat villamaterial. Statistiken avser försäljningar för perioden 2005-2015 medan tillgänglighetsmåttan avser 2015.

Antalet analyserade observationer i bostadsrättsmaterialet utgörs av nästan 23 000 transaktioner. Förutom transaktionspris i kronor har vi också information om bostadens storlek, månadsavgift, antal rum och fastighetens byggår.

Med hjälp av koordinaterna har vi skapat variabeln avstånd till närmaste tunnelbanestation eller busshållplats. Endast de fastigheter som ligger närmare än 2 kilometer till den närmaste stationen/hållplatsen ingår som sagt i urvalet. Utöver nämnda variabler ingår även mått på tillgängligheten mätt i kronor avseende kollektivtrafik och biltrafik i databasen. Slutligen har vi också inkluderat variabler som approximativt mäter urbaniseringsgraden i området där bostadsrätten ligger. Fyra olika variabler är inkluderade: bebyggd area, andel högbebyggelse respektive lågbebyggelse samt andelen småhus i området. I Tabell 4 och Tabell 5 redovisas beskrivande statistik (medelvärde och standardavvikelse) för totala urvalet och urvalet avseende tunnelbanealternativet (cirka 18 300 observationer) respektive bussalternativet (cirka 4 300 observationer).

**Tabell 4. Beskrivande statistik - Bostadsrätter**

Variabler	Totalt		T-bana		Buss	
	Medel	Standard- avvikelse	Medel	Standard- avvikelse	Medel	Standard- avvikelse
Pris	1793136	859129	1809062	869425	1725156	810297
Bostadsarea	67,43	22,33	66,72	21,82	70,47	24,15
Månadsavgift	3751,39	1295,01	3691,79	1252,44	4005,80	1435,47
Antal rum	2,6	1,0	2,6	1,0	2,6	1,1
Byggår	1972	26	1972	28	1972	17
Avstånd hållplats	196,48	109,13	200,30	110,92	180,19	99,50
Tillgänglighet - kollektivtrafik	111,42	3,02	111,93	2,96	109,27	2,21
Tillgänglighet - bil	112,95	5,28	113,19	5,16	111,88	5,61
Bebyggd area	0,48	0,17	0,49	0,16	0,42	0,16
Andel högbebyggelse	0,63	0,33	0,66	0,32	0,54	0,34
Andel lågbebyggelse	0,27	0,32	0,24	0,31	0,39	0,35
Andel småhus	0,18	0,30	0,17	0,29	0,22	0,33
Antal observationer	22660		18359		4301	

I analyserat undersökningsmaterial uppgår det genomsnittliga bostadsrättspriset till cirka 1,7-1,8 miljoner kronor. Standardavvikelsen uppgår till ungefär 850 000 kronor. Positivt är att medelpriset är likvärdigt i de två urvalen även om storleken på bostadsrätterna är något större i bussurvalet (70 kvadratmeter jämfört med 67). Noterbart är att tillgängligheten i snitt är något bättre i tunnelbaneurvalet både avseende kollektivtrafik och bil. Exempelvis är tillgängligheten i kollektivtrafiken 112 kronor i tunnelbaneurvalet vilket kan jämföras med 109 kronor i bussurvalet. Även områdenas karaktär skiljer sig åt i de två delurvalen. I tunnelbaneurvalet ligger en högre andel av bostadsrätterna i bebyggt område (49 % jämfört med 42 %) och med en högre andel högbebyggelseområden (66 % jämfört med 54 %). Skillnaderna mellan delurvalen är överlag inte stora men intrycket är att bostadsrätterna i tunnelbaneurvalet ligger i områden som har en högre befolkningstäthet och i vissa stycken kanske är mer "stadsaktiga" i sin karaktär medan bostadsrätterna i bussurvalet ligger i områden som är mer "lantliga". Detta kan naturligtvis orsaka ett problem vid skattningen av den hedoniska prisekvationen eller rättare sagt tolkningen av enskilda koefficientskattningar.

Vi har valt att analysera frågan genom att skatta *variance-of-inflation* (VIF) för att analysera om korrelationen mellan variablerna förorsakar en multikollinearitet vilket skulle göra det svårt att särskilja på effekterna mellan tillgänglighet och övriga



inkluderade variabler. Den stora skillnaden mellan urvalen är att urvalsstorleken skiljer sig avsevärt åt. Det är naturligtvis olyckligt men det borde inte skapa systematiska fel vid estimeringen av priskvationen.

I Tabell 5 presenteras motsvarande beskrivande statistik för analyserat villamaterial. Variablerna avseende tillgänglighet och områdets karaktär är desamma som för bostadsrättsmaterialet. När det gäller villamaterialet har vi dock tillgång till fler förklarande variabler avseende bostaden. Det avser exempelvis information om bostadens kvalitet (standardpoäng), sjönära läge och tomtareal. Villamaterialet utgörs av ungefär 10 000 transaktioner under perioden 2005-2015.

**Tabell 5. Beskrivande statistik - Villor**

Variabler	Totalt		Tunnelbana		Buss	
	Medel	Standard- avvikelse	Medel	Standard- avvikelse	Medel	Standard- avvikelse
Pris	4223525	2248949	4064700	2252218	4714003	2166959
Bostadsarea	124,72	35,40	123,53	33,41	128,40	40,72
Biarea	37,71	36,24	40,45	35,88	29,27	36,07
Byggår	1962	21	1959	20	1970	23,95
Standardpoäng	28,52	3,80	28,28	3,69	29,23	4,01
Andel kedjehus	0,12	0,33	0,12	0,33	0,13	0,34
Andel radhus	0,36	0,48	0,39	0,49	0,27	0,44
Sjötomt	0,002	0,048	0,000	0,019	0,008	0,92
Sjöutsikt	0,031	0,172	0,018	0,133	0,069	0,25
Tomtareal	592,34	967,57	509,21	1018,40	849,05	733,11
Avstånd hållplats	266,74	175,39	262,69	175,52	279,24	174,43
Tillgänglighet - kollektivtrafik	108,77	3,08	109,45	3,02	106,70	2,23
Tillgänglighet - Bil	120,40	3,80	121,48	3,37	117,09	3,06
Bebyggd area	0,62	0,19	0,63	0,19	0,60	0,19
Andel högbebyggelse	0,04	0,12	0,04	0,13	0,04	0,10
Andel lågbebyggelse	0,92	0,15	0,93	0,15	0,88	0,16
Andel småhus	0,88	0,19	0,89	0,17	0,83	0,24
Antal observationer	10482		7918		2564	

Även när det gäller villamaterialet är det betydligt fler observationer i delurvalet Tunnelbana (nästan 9000 observationer) jämfört med delurvalet Buss (knappt 2600 observationer). Det kan även konstateras att medelpriset på en villa i Bussurvalet är dyrare än i Tunnelbaneurvalet. Skillnaden är nästan 700 000 kronor vilket motsvarar nästan 20 % av medelpriset, vilket får betraktas som relativt mycket och eventuellt problematiskt. En del av det högre priset kan förklaras av att i genomsnitt är storleken på bostäderna större i Bussurvalet jämfört med Tunnelbaneurvalet. Även standarden är högre och förekomsten av sjötomter och bostäder med sjöutsikt är betydligt vanligare i Bussurvalet vilket till stor del kan förklara det högre medelpriset. Även tomtarealen är större i Bussurvalet och andelen radhus är lägre. När det gäller tillgänglighetsmått så är dock skillnaderna små (109 jämfört med 107 kronor).

### 5.3 Estimeringsresultat

Två grundmodeller har skattats med OLS. Den första modellen avser bostadsrätter och den andra modellen avser villor. Den beroende variabeln utgörs av logaritmerat pris och de oberoende variablerna utgörs av fastighetsattribut och tillgänglighetsvariabler samt områdesvariabler och tidsvariabler (presenteras dock inte i tabellen). Resultatet från skattningarna av dessa båda modeller presenteras i Tabell 6.

**Tabell 6. Regressionsresultat - Grundmodell**

Variabler	Bostadsrätter		Villor	
	Koefficient	t-värde	Koefficient	t-värde

## Förbättrade metoder för samhällsekonomisk analys av kollektivtrafikinvesteringar

Konstant	2,0223	13,18	15,0523	47,64
Bostadsarea	0,0143	86,14	0,0038	55,89
Månadsavgift	-0,0002	-92,04	-	-
Antal rum	0,0875	28,98	-	-
Byggår	0,0014	22,09	-0,0026	-20,00
Biarea	-	-	0,0011	15,41
Standardpoäng	-	-	0,0035	5,52
Andel kedjehus	-	-	-0,2104	-26,42
Andel radhus	-	-	-0,3367	-54,52
Sjötomt	-	-	0,6484	14,55
Sjöutsikt	-	-	0,1815	14,17
Tomtareal	-	-	-0,0000	-1,55
Avstånd hållplats	0,0002	13,69	0,0003	23,54
Tillgänglighet – Kollektivtrafik	0,0713	87,78	0,0377	23,54
Tillgänglighet – Bil	0,0023	3,93	0,0018	0,86
Tillgänglighet – Kollektivtrafik * Bussalternativ	-0,0111	-15,80	-0,0288	-10,46
Tillgänglighet – Bil * Bussalternativ	0,0127	18,61	0,0286	11,43
Bebyggd area	0,1499	14,58	0,1480	11,43
Andel högbebyggelse	0,1740	17,35	-0,0009	-0,02
Andel lågbebyggelse	0,0707	5,98	0,0425	1,69
Andel småhus	0,1186	9,95	-0,0779	-2,86
Antal observationer	21993		10443	
VIF (genomsnittligt)	123		141	
Förklaringsgrad	0,769		0,7878	

Not. Beroende variabel: naturlig logaritm av transaktionspris. Konstanta tidseffekter avseende månad är inkluderade i priskvationen men presenteras inte i tabellen ovan.

Modellen som helhet förklarar ungefär 77 % av variationen i priserna. Samtliga koefficienter avseende fastighetsattributen har förväntat tecken, förväntad storlek och är statistiskt signifikanta på en 95 %-ig signifikansnivå. Genomsnittligt VIF-värde är lika med 123 respektive 141. Värden över 10 kan anses problematiska, vilket indikerar att vi har ett mycket stort problem med multikollinearitet åtminstone när det gäller att särskilja på effekterna av en tillgänglighetsförbättring med kollektivtrafik med motsvarande effekt med biltrafik. Stor försiktighet måste därför iaktas när man analyserar och tolkar enskilda koefficientskattningar, speciellt interaktionsvariablerna mellan tillgänglighet och bussalternativet.

Variabeln närhet till station/hållplats har en positiv inverkan på priset vilket innebär att ju längre ifrån stationen/hållplatsen vi kommer desto högre värde på bostaden, allt annat lika. Eftersom vi endast inkluderar försäljningar som ligger inom 2 kilometer från stationen/hållplatsen så är tolkningen inte att närhet till stationer/hållplatser är något negativt. Tolkningen är istället att om fastigheten ligger för nära en station/hållplats så innebär det att man drabbas av lokala störningar i form av exempelvis buller, utsläpp och vibrationer, vilket kapitaliseras negativt i marknadsvärdena.

Tolkningen av tillgänglighetsvariablernas effekt på bostadspriserna är naturligtvis av central betydelse. Generellt kan vi se att förbättrad tillgänglighet i kollektivtrafiken kapitaliseras positivt i bostadspriserna. Det gäller både bostadsrättspriser och villapriser. Resultatet tyder på att en tillgänglighetsförbättring i kollektivtrafiken i de områden där tunnelbanan är den viktigaste kollektivtrafiken är något högre jämfört med de områden där bussen är den viktigaste eller enda kollektivtrafiken. Effekten är statistiskt signifikant vilket tyder på att kapitaliseringseffekten skiljer sig åt beroende på vilken typ av kollektivtrafik man har. Om vi gör en ekonomisk tolkning av estimaten så innebär resultatet att om tillgängligheten i kollektivtrafiken ökar med 1 krona så förväntas bostadsrättspriserna stiga med 0,07 %. För en genomsnittlig bostadsrätt så skulle det innebära en kapitaliseringseffekt på knappt 1300 kronor. Effekten av en

tillgänglighetsförbättring i kollektivtrafiken när endast buss finns att tillgå är något lägre. Skillnaden uppgår till -200 kronor. Effekten på villapriserna är något högre i tunnelbanealternativet nämligen 1500 kronor och i bussalternativet cirka 400 kronor det vill säga hela 1100 kronor lägre kapitalisering.

Analyserar vi kapitaliseringseffekten av en tillgänglighetsförbättring i biltrafiken så är den generellt positiv i bostadsrättspriserna men inte i villapriserna i tunnelbanealternativet. Däremot är kapitaliseringseffekten betydligt högre i bussalternativet. Det vill säga en tillgänglighetsförbättring i biltrafiken kapitaliseras högre om alternativet är buss än om alternativet är tunnelbana. I kronor uppgår kapitaliseringseffekten på bostadsrättsmarknaden i tunnelbanealternativet till 0,002 % av priset om tillgängligheten ökar med 1 krona medan den i bussalternativet uppgår till 0,015 % av priset. På villamarknaden är motsvarande procentuella ökningarna lika med 0% respektive 0,029 % av villapriset.

Utöver de två grundmodellerna har även ett antal modeller skattats på delurval av datamaterialet. I Tabell 7 och Tabell 8 presenteras resultatet där vi har analyserat effekten av tillgänglighet i delurval som endast inkluderar observationer 6-10 kilometer från CBD och 10-18 kilometer från CBD. I Tabell 9 och Tabell 10 analyserar vi delurvalen där Bussalternativet endast jämförs mot Tunnelbanealternativet i Västerort respektive Söderort.

**Tabell 7. Regressionsresultat - Bostadsrätter**

Variabler	6-10 km		10-18 km	
	Koefficient	t-värde	Koefficient	t-värde
Avstånd hållplats	0,0003	17,63	0,0000	5,11
Tillgänglighet – Kollektivtrafik	0,0089	4,58	0,0727	79,34
Tillgänglighet – Bil	0,0151	14,49	-0,0105	-9,35
Tillgänglighet – Kollektivtrafik * Bussalternativ	-0,0099	-9,33	-0,0231	-23,86
Tillgänglighet – Bil * Bussalternativ	0,0099	9,63	0,0237	26,54
Antal observationer	13244		8749	
Förklaringsgrad	0,7593		0,8264	

Utan att lägga för mycket fokus på själva estimaten så kan man försiktigt tolka resultaten som att tillgänglighet i kollektivtrafiken har en större prispåverkande effekt på bostadsrätterna ju längre ut från CBD man kommer. Skattningen avseende tillgänglighet i kollektivtrafiken är statistiskt signifikant. Detsamma gäller för tillgänglighet i bil men där är kapitaliseringseffekten positiv i intervallet 6-10 kilometer från CBD och negativ i intervallet 10-18 kilometer. Tolkningen är att tillgängligheten i kollektivtrafiken är viktigare ju längre ut från stadens centrum man kommer.

Tillgänglighetens effekt på bostadsrättspriserna där vi endast har ett bussalternativ skiljer sig åt beroende på om tillgängligheten förbättras inom kollektivtrafiken eller för biltrafik. Förbättrad tillgänglighet i kollektivtrafiken har en lägre påverkan på bostadsrättspriserna i bussalternativet. Det gäller i båda intervallen från CBD. Förbättrad tillgänglighet i biltrafiken har dock en större positiv påverkan på bostadsrättspriserna i bussalternativet.

Tolkningen är således att förbättrad kollektivtrafik har en större påverkan på priserna längre ut från staden och en större påverkan där vi har tunnelbana jämfört med endast buss. Gäller samma samband mellan tillgänglighetsförbättringar och villapriser? I Tabell 8 presenteras resultatet för dessa regressionsmodeller.

**Tabell 8. Regressionsresultat - Villor**

Variabler	6-10 km		10-18 km	
	Koefficient	t-värde	Koefficient	t-värde
Avstånd hållplats	0,0004	19,70	-0,0000	-0,15
Tillgänglighet – Kollektivtrafik	-0,0586	-9,61	0,0262	13,87
Tillgänglighet – Bil	0,0397	9,32	-0,0154	-6,45
Tillgänglighet – Kollektivtrafik * Bussalternativ	0,0324	7,30	-0,0425	-13,28
Tillgänglighet – Bil * Bussalternativ	-0,0286	-7,07	0,0406	13,90
Antal observationer	4206		6236	
Förklaringsgrad	0,7524		0,8190	

Analyserar vi kapitaliseringseffekten av förbättrad tillgänglighet på villapriserna så kan man konstatera att det är en skillnad i effekterna. För det första kan man fastslå att förbättrad tillgänglighet i kollektivtrafiken närmast CBD inte har en positiv effekt på villapriserna utan en signifikant negativ effekt. Den positiva effekten framträder endast i lägen som ligger mer än 10 kilometer från stadens centrum. För det andra kan man konstatera att det omvända förhållandet gäller för tillgänglighet i bil. Här kan naturligtvis resultatet påverkas av att det råder en hög korrelation mellan variablerna tillgänglighet i kollektivtrafik och i bil. Som vi har sett tidigare så är det ett uppenbart problem att särskilja på effekterna av tillgänglighet mellan kollektivtrafik och bil på grund av multikollinearitet. För det tredje visar resultatet på att kollektivtrafikförbättringar har en negativ effekt på villapriserna i bussalternativet och när bostaden ligger långt ut från staden, men en biltrafikförbättring har en positiv effekt.

I basmodellen så jämförs kollektivtrafikförbättringars effekt på bostadspriser i bussalternativet mot en kontrollgrupp där kollektivtrafiken utgörs i huvudsak av tunnelbana. Kontrollgruppen i basmodellen inkluderar tunnelbanan både i Västerort och i Söderort. I nedanstående tabeller så redovisas resultatet där endast Västerort (Tabell 9) respektive Söderort (Tabell 10) utgör kontrollgruppen.

**Tabell 9. Regressionsresultat – Endast Västerort som kontrollgrupp**

Variabler	BR		Villor	
	Koefficient	t-värde	Koefficient	t-värde
Avstånd hållplats	0,0067	10,21	0,0003	24,77
Tillgänglighet – Kollektivtrafik	0,0559	41,04	0,0268	10,88
Tillgänglighet – Bil	0,0067	10,21	0,0128	4,89
Tillgänglighet – Kollektivtrafik * Bussalternativ	-0,0108	-15,55	-0,0515	-16,41
Tillgänglighet – Bil * Bussalternativ	0,0117	17,29	0,0486	17,16
Antal observationer	14513		7989	
Förklaringsgrad	0,7847		0,7957	

När vi enbart använder Västerort som kontrollgrupp kan man konstatera att riktningen på effekterna är desamma som när man använder samtliga observationer i tunnelbanealternativet som kontrollgrupp även om enskilda skattningar kan skilja sig åt. En förbättrad tillgänglighet i kollektivtrafiken har en positiv påverkan på bostadspriserna och effekten är större i tunnelbanealternativet jämfört med bussalternativet. När det gäller villapriser så är till och med kapitaliseringseffekten

negativ i bussalternativet. Men som tidigare nämnts så bör man vara försiktig med tolkningarna.

**Tabell 10. Regressionsresultat – Endast Söderort som kontrollgrupp**

Variabler	BR		Villor	
	Koefficient	t-värde	Koefficient	t-värde
Avstånd hållplats	-0,0000	-1,26	0,0000	0,13
Tillgänglighet – Kollektivtrafik	0,0786	72,17	0,0713	25,72
Tillgänglighet – Bil	-0,0023	-2,33	-0,0454	-15,53
Tillgänglighet – Kollektivtrafik *	-0,0229	-28,92	-0,0380	-12,80
Bussalternativ				
Tillgänglighet – Bil * Bussalternativ	0,0249	32,28	0,0371	13,78
Antal observationer	11669		5021	
Förklaringsgrad	0,8230		0,8226	

I fallet där vi endast använder Söderort som kontrollgrupp så ändras slutsatserna något. Dock inte när det gäller kollektivtrafikförbättringar utan det är framför allt tillgänglighetsförbättringar i biltrafiken som får omvända kapitaliseringseffekter. Här är det tydligt att en förbättring i tillgängligheten i biltrafiken i tunnelbanealternativet har en signifikant negativ effekt på bostadspriserna medan effekten är positiv i bussalternativet.

#### 5.4 Slutsatser

Det finns en klar korrespondens mellan fastighetspriser och tillgänglighet, och allmänt sett ligger den i häradet 1:1, dvs 1 kr i tillgänglighet som den mäts i kalkyler omsätts i 1 kr i fastighetsvärde. Det är dock svårt att jämföra på detta sätt, bl a eftersom man måste översätta försäljningspriser till en motsvarande årlig kostnad.

Tillgänglighet med tunnelbana ökar värdet på bostadsrättslägenheter ca 50% mer än samma tillgänglighet med buss (mätt på det sätt man gör i samhällsekonomiska kalkyler). Motsvarande skillnad finns dock inte för villor: här är tillgänglighet med buss resp. tunnelbana lika mycket värd.

Tillgänglighet med bil ökar värdet på både villor och lägenheter mindre än vad tillgänglighet med kollektivtrafik gör. Skillnaden är större för lägenheter än för villor, vilket t ex kan förklaras av att boende i villor i högre grad har tillgång till bil, och gör större andel av sina resor med bil (även med hänsyn tagen till skillnad i biltillgång). Skillnaden på värdeeffekten av bil- respektive kollektivtrafiktillgänglighet beror dock nästan säkert på att det finns fler variabler som påverkar priset än dem som finns med i modellen.

Slutsatserna är fortfarande preliminära och bygger på en enda studie. Men om de håller så skulle det innebära att kollektivtrafik, och särskilt tunnelbana, skapar större värden på fastighetsmarknaden än vad kalkylerna visar. Skälet skulle t ex kunna vara att kollektivtrafik, särskilt tunnelbanor med sina större stationer, skapar underlag för lokal service, vilket i sig skapar bättre tillgänglighet, men på ett sätt som inte fullt ut avspeglas i kalkylerna. Om slutsatserna håller skulle det i princip kunna motivera tillägg till kalkylerna. Man ska dock vara försiktig med att dra långtgående slutsatser av dessa resultat.

## 5.5 Rekommendationer

- Resultaten är ännu för osäkra för att man ska göra några tillägg i de formella kalkylerna.
- Det står dock klart att de tillgänglighetsmått som används i samhällsekonomiska kalkyler är en relativt god indikator på förväntade ökning av fastighetspriser.
- Slutsatserna är fortfarande preliminära och bygger på en enda studie. Men om de håller så skulle det innebära att kollektivtrafik, och särskilt tunnelbana, skapar större värden på fastighetsmarknaden än vad kalkylerna visar. Skälet skulle kunna vara att kollektivtrafik, särskilt tunnelbanor med sina större stationer, skapar underlag för lokal service, vilket i sig skapar bättre tillgänglighet, men på ett sätt som inte fullt ut avspeglas i kalkylerna.
- Eftersom denna fråga är så viktig för regionens kollektivtrafikplanering är det befogat att djupare analysera på vilka sätt tillgänglighet och infrastrukturinvesteringar påverkar fastighetspriser. Resultaten hittills verkar visa att de metoder som använts i denna studie är ett framkomligt sätt.

## 6 REFERENSER

- Anderstig, C., Berglund, S., Eliasson, J., & Andersson, M. (2016). Congestion charges and labour market imperfections. *Journal of Transport Economics and Policy*.
- Arnott, R. J., & Stiglitz, J. E. (1979). Aggregate Land Rents, Expenditure on Public Goods, and Optimal City Size. *The Quarterly Journal of Economics*, 93(4), 471–500.
- Combes, P.-P., Duranton, G., & Gobillon, L. (2008). Spatial wage disparities: Sorting matters! *Journal of Urban Economics*, 63(2), 723–742.
- Eliasson, J. (2015). How “wide” are the “wider economic impacts”? On the overlap between standard CBA and agglomeration benefits. Presented at the Advancing Metropolitan Modeling for the Analysis of Urban Sustainability Policies, UC Riverside.
- Eliasson, J., & Börjesson, M. (2014). On timetable assumptions in railway investment appraisal. *Transport Policy*, 36, 118–126.
- Eliasson, J., & Fosgerau, M. (forthcoming). *Cost-benefit analysis of transport improvements in the presence of spillovers, matching and income tax*. Working paper, .

Isacsson, G., Börjesson, M., Andersson, M., & Anderstig, C. (forthcoming). *The impact of accessibility on labour earnings*. CTS Working Paper. KTH Royal Institute of Technology.

Rosenthal, S. S., & Strange, W. C. (2004). Chapter 49 Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. In J. Vernon Henderson and Jacques-François Thisse (Ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. Volume 4, pp. 2119–2171). Elsevier.

Wardman, M., & Whelan, G. (2011). Twenty years of rail crowding valuation studies: Evidence from lessons from British Experience. *Transport Reviews*, 31(3), 379–398.