

Samfunnsøkonomiske virkninger av fergefri E-39 Stavanger-Bergen

av

Tom-Reiel Heggedal

Espen R. Moen

Christian Riis¹

Handelshøyskolen BI

Oslo 24 oktober 2014

¹ Tom-Reiel Heggedal er førsteamanuensis ved Handelshøyskolen BI. Espen R. Moen og Christian Riis er
0 Tw 3.614 0 Td 28

Innhold

Sammendrag.....	3.....
Hovedelementene i nyttekostnadsanalysen.....	5.....
Metode og parametervalg.....	6.....
Levetid og analyseperiode.....	6.....
Kalkulasjonsrente.....	6.....
Tidsnytte, realprisjustering og spart tid.....	7.....
Besparelser.....	8.....
Trafikkgrunnlag og trafikkvekst.....	8.....
Kostnadene ved samferdselsinvesteringene.....	9.....

Sammendrag

Rapporten drøfter og beregner samfunnsøkonomiske virkningene av en fergefri veiforbindelse E-39 fra Stavanger til Bergen. Det er to strekninger med to nye forbindelsespunkter som blir gjenstand for analyse. Den første strekningen er Stavanger-Haugesund der nåværende ferge over Boknafjorden erstattes av tunnelforbindelse. Den andre strekningen er Stor-Bergen der fergen over Bjørnefjorden erstattes med tunnelforbindelse.

De nye forbindelsene evalueres hver for seg i et konsistent nytte rammeverk. I analysen inkluderer vi både de direkte nytte og kostnadseffektene, som tidsbesparelser og investeringskostnader, samtidig som vi inkluderer indirekte virkninger forbundet med at økt integrasjon tenderer til å øke produktiviteten i markedene. Det viktige nye bidraget i vår analyse er analysen av agglomerasjonsgevinster forbundet med økt integrasjon av markeder.

Når det gjelder de direkte nytte og kostnadsvirkningene benytter vi etablert metodikk, slik de er beskrevet i NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser. For agglomerasjonseffektene baserer vi oss på et stort litteraturlandskap. Denne drøfter teoretisk de ulike mekanismene som genererer produktivitet og empirisk anslår størrelsesorden på effektene. Vi bidrar ikke med en selvstendig empirisk analyse, men benytter estimater som dokumentert i kvalifiserte og kjente arbeider. Disse integreres i et modellverktøy som korrigerer for at veiinvesteringer reduserer den effektive avstanden mellom befolkningskonsentrasjoner, uten at det medfører full integrasjon.

Vi gjennomfører en hovedanalyse som suppleres med en alternativ beregning. I hovedanalysen legger vi til grunn anslag for trafikkveksten utført i analyser av Transportøkonomisk institutt. I den alternative beregningen benyttes noen alternative anslag gitt fra Statens vegvesen.

² For henvisninger se hovedteksten.

Resultatene av våre hovedberegninger for de to strekningene kan grafisk illustreres slik.

De røde søylene representerer nåverdiene av respektive investering drifts- og vedlikeholdskostnadene, henholdsvis 16,3 milliarder og 18,4 milliarder for de to segmentene. De grønne søylene de aggregerte nytteeffektene som tidsbesparelser, innsparer ferjekostnader osv, dvs de nyttegevinstene som inkorporeres i tradisjonelle nytte kostnadsanalyser. Disse er på 23,8 og 19,7 milliarder for henholdsvis Rogfast og Storbørgen. De mørkeblå søylene representerer vår anslag på agglomerasjonsgevinstene, her beregnet til 13,2 og 6,6 milliarder. Nettogevinstene for samfunnet er representert ved de siste to søylene. Vi finner i hovedberegningen at Rogfast gir diskontert gevinst for samfunnet på 20,7 milliarder, mens Storbørgens gir tilsvarende netto gevinster på 7,9 milliarder. Vi ser at begge strekninger også er lønnsomme eksklusive beregnede agglomerasjonsgevinstene.

Vi finner at agglomerasjonseffektene utgjør en vesentlig større andel av de samlede nyttegevinstene for Rogfast enn for Storbørgen, henholdsvis 36 % mot 25 %. Det er et selvstendig poeng. Evurdering av agglomerasjonseffektene har potensielt stobetydning, ikke bare for vurdering av lønnsomheten av veiinvesteringer generelt, men også for rangeringen av ulike prosjekter. Prosjekter som bedrer integrasjonen mellom befolkningskonsentrasjoner vil, alt annet likt, gi en positiv integrasjonseffekt som ikke fanges opp i tradisjonelle nytte kostnadsanalyser.

Hovedelementene i nyttekostnadsanalysen

Vår analyse hviler på etablert metodikk innen samfunnsøkonomisk analyse og utgangspunktet er å kartlegge de individuelle nytte og kostnadseffektene for trafikantene, enten det er forbindelse med jobbrelatert eller privat transport, for bedrifter eller offentlig sektor. I tillegg inkluderer vi avledete virkninger forbundet med at økt integrasjon tenderer til å øke produktiviteten i markedene. Vår analyse av agglomerasjonsgevinster er beskrevet nedenfor i kapitlet Ringvirkninger³.

Verdien av fremtidige inntekter og kostnadsstrømmer beregnes som en nåverdi, dvs vi diskonterer fremtidige strømmer. Her legger vi til grunn de anbefalinger som er offentlig utredningen om samfunnsøkonomiske analyser (NOU 2012:16).

I beregningene legger vi til grunn at finansieringen skjer uten bompenger. Det betyr at vi antar

finansiering som er (g)10(s)-1(f)3(or)3(m)-2(ha)4(s)-11(e)4(l)-2(vg)10(vs)- finansieringsform reduserer eller eliminerer det isolerte skattevridningsreduserer nyten av utest som egen oom følge 10(m)-av trafikkavvis rammen for å vurdere oppporten å vurderer samlede 10(m)-konsekvenser. Men vi vil likevel føre til at den samfunnsmessige verdien i markedene blir mer effektiv (om), isolert sett øker verdien i markedene bompenger og verdien, isolert sett, taler mot mer effektivitet.

Disse elementene vil vi med oss videre om den spesifikke nyttekostnadsanalysen som er (g)10(s)-1(pr)3(os)-11(j)-2(e)4(kvs)-1(om)ne.

Metode og parametervalg

Levetid og analyseperiode

Levetiden for et prosjekt må defineres som perioden det kan forventes å gi nytteeffekter og/eller kostnadseffekter for samfunnet. Det er vanlig å dele prosjektlevetiden inn i en såkalt analyseperiode og en periode som blir gjenstand for restverdiregning. Finansdepartementet

Spart effektiv reisetid per kjøretøy

Trafikkgrunnlaget er i denne rapporten oppgitt som mål på årlig daglig trafikk (ÅDT). ÅDT uttrykker bruk av strekningen på de aktuelle tidspunkt, målt som antall enheter bruk hver dag over ett helt år. Merk at det ikke skiller mellom personbil og tungaretransport. Deling mellom disse kategoriene blir ivaretatt gjennom beregningen av totalbesparelsen per kjøretøy. ÅDT blir hentet fra statistikk over bruk av ferge på de aktuelle strekningene.

Trafikkveksten er hovedsak basert på beregninger fra Minken (2013). Denne veksten er igjen basert på Madslie.net

Empiriske estimater av agglomerasjonseffekter

Som nevnt ovenfor er agglomerasjonseffekter en samlebetegnelse for svært ulike mekanismer

samløkaliserings-effekten at disse små for avstander som overstiger 50 kilometer. Lignende resultater er også påvist i Graham (2009). I denne rapporten vektørderfor agglomerasjonseffektene med med distanser. Detaljeri dette drøftes nærmere i neste kapittel der vi presenterer modellen

Agglomerasjonsmodellen

Litteraturen om agglomerasjonseffekter er etterhvert blitt omfattende, men er stadig under utvikling. I litteraturen analyseres alternative forklaringsmekanismer, og det pekes på en rekke mulige mekanismer som kan forklare effektene. Det er imidlertid ingen generisk modell for agglomerasjonseffekter, det tilfang av dels mer partielle modeller, som analyser enkelteffekter til mer generelle likevektsmodeller som forsøker å fange opp virkningene på aggregert nivå.

Selv om dette er en litteratur under utvikling, er generelt akseptert at det er kausale sammenhenger mellom befolkningskonsentrasjon og produktivitet, se for eksempel Behrens et.al. (2014) I en analyse av nettogevinstene ved bedret infrastruktur mellom befolkningskonsentrasjoner, er effekter som må inkluderes.

Utgangspunktet for analysene av agglomerasjonseffekter i denne rapporten er at forbindelsen (bro/tunnel) som erstatter ferge på de relevante strekningene, binder sammen to regioner ("økonomiske øyer") som tidligere i mindre grad var

Agglomerasjonsfekte fanges opp ved at individer, gjennom interaksjon med andre

der \hat{U} er reiseavstanden mellom dem R J H U H Q J L W W S R V L W L Y S D U D P H W H
 illustreres slik:

To individer med samme lokalisering har $\hat{U} = H D Y V W D Q G /$ som gir interaksjon A
 Interaksjonen mellom to individer bosatt i hvert sitt sentrum er diskontert ned med avstanden
 / R J J L U A W D I O D i f.eks. reisetiden er 55 minutter, dvs $\hat{U} = 0,92$, og
 samtidig setter \hat{U} som en illustrasjon lik 1, blir verdien $\hat{U} = 0,4$. / H J J P H U N H W L O D W
 opp hvor raskt interaksjonsmulighetene uttømmes i avstand, antar man f.eks. at 20 prosent av
 interaksjonen er eliminert ved en reiseavstand på én time, tilsier det at $\hat{U} = 0,5$.

En viktig egenskap, som fanges opp ved å diskontere avstand eksponentielt, er at effekten
 som avstand har på aggregerte interaksjoner $0.50(r)^3(a)^4((t)-12(a)^4ke(a)^4(nde))TJ 5.36 0 Td [, n(o)-10(e$

Vi vil nå presentere beregningene til grunn for anslaget på agglomerasjonseffekter som følger av prosjektet. I et appendix går vi nærmere inn på de matematiske detaljene.

Det aggregerte antallet interaksjoner i de to regionene, som funksjon av reiseavstanden mellom regionene, kan uttrykkes

$$Q(\bar{U}) = \frac{2/5^6}{\bar{U}^6} \left(1 - F\left(\frac{A^2 \bar{Q}}{\bar{U}}\right)\right) + \frac{2/6^6}{\bar{U}^6} \left(1 - F\left(\frac{A^2 \bar{Q}}{\bar{U}}\right)\right) + 2 \frac{1/5/6}{\bar{U}^6} \left(1 - F\left(\frac{A^2 \bar{Q}}{\bar{U}}\right)\right) (A \bar{Q} F1) (A \bar{Q} F1) A^2$$

9 HLLQYHVWHULQJHQ UHGXVHUHU UHLVHWLGHQ / 'HQ UHO
UHLVHWLGHQ ÜNQNHU IUD / WLO

$$\lambda_2 = \frac{Q(\bar{U})}{Q(\bar{U})} F1$$

der λ_2 er endringen i populasjonstettheten som følge av redusert reisetid.

Legg her merke til at driveren for produktivitetseffekten er at veiinvesteringer, gjennom redusert reiseavstand, øker mengden interaksjoner for en gitt befolkning. Det øker populasjonstettheten prosentvis like mye som antallet interaksjoner

Tilslutt kalkuleres den prosentvise produktivetsendringen ved å multiplisere med produktivitetselastisiteten. Med vårt moderate anslag på 0,04, blir produktivitetseffekten i prosentvis endring, uttrykt ved

$$6 (\lambda_2 = 0,04 \cdot 2)$$

Dette gir et mål på den prosentvise produktivetsendringen som følge av ringvirkninger fra et samferdsesprosjekt som binder sammen områder.

Arbeidstilbud

Redusert reisetid mellom byer og tettsteder kan føre til at det effektive arbeidsmarkedet øker i størrelse og dybde. Dette kan gi en økning i tilbudet av arbeidskraft som har positive samfunnsøkonomiske virkninger. Særlig kan dette være relevant i områder med stor

¹¹ La oss belyse det med et eksempel. Betrakt to byer, hver med 10 individer, lokalisert i samme punkt, men avskåret av en "Berlinmur". Eliminering av "muren" fordobler befolkningstettheten fra 10 til 20, og samtidig fordobler antallet aggregerte interaksjoner fra 200 til 400. Denne situasjonen må derfor ikke forveksles med en situasjon der befolkningen som sådan øker, i hvilket tilfelle antallet aggregerte interaksjoner øker kvadratisk med befolkningstilveksten.

arbeidsledighet eller med en relativt stor andel av befolkningen på offentlige støtteinstitusjoner. Det er tildels betydelig variasjoner i yrkesdeltakelsen mellom regioner, og det er viktig vi spørsmål om økt integrasjon vil medføre at områder med lav yrkesdeltakelse og høy pengespunktet vil få en utvikling mot et mer normalt nivå. Man kan se for seg at lavere transportkostnader bedrer arbeidsmarkedsutsiktene særlig for individer som bor i mindre befolkningstette områder. Det er imidlertid to grunner til at vi ikke integrerer denne effekten i analysen.

Det ene er at empiriske studier av agglomerasjonseffekter også

Drifts- og vedlikeholdstgifter settet til 2 millioner kroner per kilometer per år
tunnelkilometer lik 54 kilometer på grunn av dobbelt løp. Med en skattefinansieringsgrad
på 20 øre per krone, er årlige drifts og vedlikeholdskostnader 129,6 millioner kroner.

Produktivitetvirkninger

De to regionene som bindes sammen med tunnelforbindelsen er Stavanger regionen med
121 109 sysselsatte og Haugesundregionen med 31 204 sysselsatte.

\$ Y V W D Q G H Q L H I I H N W L Y W L G I U D V H Q W U X P W L O V H Q W U X P
1,73 timer. Endringen i denne avstanden mellom regionene er like den sparte reisetiden på
0,73 timer Dette gir avstand etter åpning av forbindelsen (parameter τ) på 1 time.

Vi antar at 55 prosent av interaksjonen i en populasjon er effektiv ved en reiseavstand på en
halv time. Dette gir en diskonteringsfaktor $\beta = 0,55 \cdot (1 + 0,04)^{-0,5}$

Agglomerasjonsmodellen gir endringen i populasjonstetthet som følge av at regionene
bindes tettere sammen. Med valgte parametere blir prosentvise økningen i
populasjonstettheten 12 prosent for den nye regionen etter åpningen av forbindelsen.

I analysen bruker vi elastisiteter for produktivitet med hensyn på populasjonsstørrelse på 0,04.
Dette gir en produktivitetsøkning på 0,48 prosent for hele den nye regionen som følge av
agglomerasjonseffekter ved åpning av forbindelsen.

Agglomerasjonseffekter gir en produktivitetsøkning som medfører at de sysselsatte

Dggduktivitet $m_{370kn} T_d [(-)4(n_i) - 2(e)41(t) n \quad 45sj(\pi 9.21 \ 05.24[(r) - 7(e) - 2()4(n)]) TJ (v(de6) - e)4$

Nytte-

Reisetider langs E39 for ny trasé er hentet fra konseptvalgutgreiingen Aksdal-Bergen (SVV 2011). Den nye strekningen vil være 77 kilometer og ta 51 minutter fra Stord sentrum til Bergen sentrum.

I denne rapporten beregnes ikke tid og kostnader av strekningen Aksdal-Stord (Leirvik).

Det beregnes heller ikke samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tunnelen mellom Os og Bergen.

Denne rapporten beregner den samfunnsøkonomiske verdien av kryssing av Bjørnefjorden med ferge erstattes med bilforbindelse og nytt trasevalg i henhold til konsept 4c. Analysen gjøres under forutsetning at tunnelen mellom Os og Bergen blir utbygget.

Besparelse per kjøretøysnyttebesparelsen i tillegg til besparelsen for bortfall av fergeulempekostnader dermed $317,3 - 46 = 363,3$ kroner per kjøretøy.

Fergekostnad

Fergekostnaden er beregnet ut i fra inntekten til fergeselskapet. Billettpris for kjøretøykategorier er hentet fra nettsidene til Fjord1, gjort om til 2012. Det er lagt til grunn at halvparten av de betalende har en eller annen form for rabatt. I tillegg er rabatten satt til 50 prosent av fullpris. Merverdiavgiften for transport med ferge er 8 prosent. Dette er en inntektsoverføring og trekkes dermed fra når fergekostnadene beregnes.

Antallet kjøretøy og passasjerer fordelt på de respektive kategoriene er hentet fra SVV (2013) for strekningen Halhjem-Sandvikvåg. Dette gir en årlig inntekt fra fergestrekningen på 250,2 millioner kroner.

Trafikkvekst

Trafikkgrunnet for forbindelsen er hentet fra fergestatistikken. SVV (2013) rapporterer en ÅDT for fergestrekningen Halhjem-Sandvikvåg på 2513 i 2012, inkludert alle typer kjøretøyer. Oppjuster med en årlig vekst på 2 prosent gir dette en ÅDT på 2615 ved starten av analyseperioden for nytt kost beregningene.

Trafikkveksten er 2 prosent årlig i de første 10 årene av analysen, deretter brukes den langsiktige vekstraten på 95 prosent for Hordaland (Madslie m.f. 2011).

Engangsøkningen i trafikken ved ferdigstilling av den nye forbindelse beregnes fra hvor stor endringen er i reisekostnaden. Den analysen bruker som utgangspunkt reisekostnadsendringer beregnet ut fra målsettinger fra konseptvalgutgreiingen (Sjunde Dovre Group og TØI, 2012). Målet der er at avstandkostnadene mellom Stord og Bergen skal reduseres med 40 prosent for lette kjøretøyer. Dette er på linje med reisekostnadsendringen på 38 prosent som blir brukt for Rogfast. analysen brukes også 38 prosent for Stord-Bergen. Med en elastisitet for trafikkøkning på 1 blir engangsøkningen i trafikken for Stord-Bergen 38 prosent.

Investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader

Investeringskostnadene er sikre og flere anslag finnes. SVV (2012) går igjennom løsningsvalg for fjordkryssinger langs E39. For kryssing av Bjørnafjorden oppgis kostnadene til å variere fra 9 000 til 20 000 millioner kroner. I tillegg må det bygges bro over Langenuen og ny trase over Reksteren.

SVV (2011) oppgir en total investeringskostnad på 16 000 millioner kroner for konsept 4c Stord-Bergen. Dovre Group og TØI (2012) setter denne kostnaden til 20 900 millioner kroner etter risikojustering og oppdatering av priser.

I denne analysen brukes et totalt investeringsbæred nåverdi på 15 000 millioner kroner for Stord-Bergen, uten tunnel og ny trase Os-Bergen (kostnadsestimater for denne strekningen er på omtrent 600 millioner kroner). Med en skattefinansieringskostnad på 20 øre per kilometer er investeringskostnaden 18 000 millioner kroner.

Broen over Bjørnafjorden vil være på omtrent 5 kilometer. I tillegg kommer vedlikehold av bro over Langenuen. Drifts- og vedlikeholdstgifter settet til 2 millioner kroner per kilometer per år for bro, med brokilometer lik 11 kilometer (doblet for flytebro). Det vil være en ny trase nordover etter kryssing av Langenuen, over Reksteren, på 22 kilometer. F 16.m-1(t)-3(e)4(k)

Agglomerasjonsmodellen gir endringen i populasjonstettheten som følge av at regionene bindes tettere sammen. Med valgte parametere blir den prosentvise økningen i populasjonstettheten 6

Nytte-kostnadsberegning av StoreBergen

Nåverdien av investeringdrifts- og vedlikeholdskostnader for strekningen StoreBergen er

18 477 millioner kroner. Ved nåverdiberegningen brukes en kalkulasjonsrente på 4 prosent i

Robusthetsanalyse av trafikkvekst

Nytte-kost beregningene er følsomme for hvilke antakelser som legges til grunn vedrørende fremtidig trafikkvekst. Oppdragsgiver har utført noen alternative beregninger for fremtidig trafikk, som kan brukes som utgangspunkt i alternativ beregning av fergefri E39. I dette avsnittet legger vi disse justerte trafikk tallene til grunn og gjør nye beregninger som en robusthetsanalyse av hovedanalysen ovenfor

Trafikkgrunnlag

Hovedanalysen

Trafikkgrunnlaget er i denne rapporten er årlig daglig trafikk (ÅDT) på de aktuelle strekningene. Underlagsmaterialet for trafikkveksten er basert på basert på Madslien et al. (2011), med langsiktige årlige vekstrater på 1,17 prosent for Rogaland og 0,95 prosent for Hordaland. Det er gjort en justering for nye befolkningsfremskrivninger, ved at det legges til grunn vekstrater på 2 prosent fra 2024. I tillegg beregnes en engangsøkning i trafikken som følge av redusert reise tid på 38 prosent for begge strekningene. Dette gir en beregnet ÅDT for 2060 på 9770 for Rogfastnoesom tilsvarende en gjennomsnittlig årlig trafikkvekstrate på omtrent 2 prosent over perioden. For Aksdal/Bergen er beregnet ÅDT 5067 for 2060 som tilsvarende en gjennomsnittlig årlig trafikkvekstrate på omtrent 1,5 prosent

Alternativanalyse

I alternativanalysene legger vi til grunn gjennomsnittlige årlige trafikkvekstrater basert på ÅDT i 2060

Alternative nytte-kostnadsberegninger

Rogfast

Nåverdien av tidsnyttene for trafikantene av investeringen er i alternativanalyse 29 035 millioner kroner. Dette er en økning på 4805 millioner kroner i forhold til hovedalternativet.

Nåverdien av sparte fergekostnader er 9297 millioner kroner i alternativanalysen. Dette er en økt besparelse på 3703 millioner kroner i forhold til hovedalternativet.

Nåverdien av investeringdrifts- og vedlikeholdskostnader på 16 352 millioner kroner er uforandret mellom alternativene. Nåverdien av agglomerasjonseffektene på 13 266 millioner kroner er uforandret mellom alternativene.

perspektiv kan vi sammenligne dem med den årlige TFP-veksten i Norge. I følge Finansdepartementet (2013) var den gjennomsnittlige årlige TFP-veksten 1.6 prosent i perioden 1972-2011. Våre beregninger gir en engangsjustering for Stavanger og Haugesundregionen på 0,48 prosent, dvs en justering som korresponderer til gjennomsnittlige produktivitetsveksten over 3,5 måneder for Stord-Bergenregionen får vi en tilsvarende engangsjustering som er noe mer beskjeden på 0,25 prosent, noe som tilsvarer om lag 2 måneders vekst.

Litteratur

Behrens, K., G. Duranton, og F. Robert-Nicoud (2014). Productive Cities: Sorting, Selection, and Agglomeration, *Journal of Political Economy* June 2014, Vol. 122, 3: 505-53.

Bernard, A.B., Moxnes, A. og Saito, Y.U. (2014). Production Networks, Geography and Firm Performance working paper.

Caslino, G. og Kerr, W.R. (2014). Agglomeration and Innovation, NBER Working Paper (r)ra ToC /P /CS1 c

Halse, A.H., S. Flügel og M. Killi (2010) Den norske verdsettingsstudien. Korte lange reiser (tilleggsstudie) – verdsetting av tid, pålitelighet og komfort. TØI-rapport 1053H/2010.

Madslie, A., C. Steinsland og T. Maqsood (2011) Grunnprognoser for persontransport. TØI-rapport 1122/2011.

Minken, H. (2013). Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av ferjeavløsningsprosjektene på E39 mellom Stavanger og Trondheim. TØI-rapport 1272/2013.

NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser. Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 18. februar 2011. Avgitt til Finansdepartementet 3. oktober 2012.

Rosenthal, S. S. and W. C. Strange (2004): "Evidence on the nature and sources of agglomeration economies", in Henderson, J. V. and Thisse (eds.), Handbook of Urban and Regional Economics, Volume 4, Cities and Geography, North Holland.

Sasson, A., M.K. Nordkvelde og T. Reve, (2014). Ferjefri E39. Samfunnsøkonomiske gevinster ved fjordkryssing

Statens vegvesen (2008) Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6. Rapportnr. 2008/02, Utbyggingsavdelingen.

Statens vegvesen (2010). E39 Rogfast. Konsekvensutredning.

Statens vegvesen (2011). Konseptvalutgreiing E39. Aksholmen.

Statens vegvesen (2012). Ferjefri E39. Hovedrapport.

Statens vegvesen (2012). Ferjestatistikk 2012. Håndbok 159.

Venables, A.J. (2007). Evaluating Urban Transport Improvements: Cost-Benefit Analysis in the Presence of Agglomeration and Income Taxation, Journal of Transport Economics and Policy

Appendix

Vi presenterer her detaljene i agglomerasjonsmodellen.

Distanse diskonteres med en faktor β , dvs intensiteten i en kontakt mellom individ i og j er

$$e^{-\beta d_{ij}};$$

der d_{ij} er avstanden mellom dem og β er en gitt positiv parameter. Vi ser på to befolkninger av størrelse M_1 og M_2 . Befolkning 1 er antatt uniformt fordelt over et intervall av lengde a , der a er reiseavstanden i timer fra de ene enden av regionen til den andre. Tilsvarende er M_2 uniformt fordelt over et intervall av lengde b . Sentrum antas som en forenkling å ligge på midtpunktene av de respektive intervallene. Reiseavstanden i timer mellom

Vi finner det aggregerte antallet interaksjoner, N , ved å integrere over alle individer i de to områdene, dvs beregne uttrykket

$$N = \int_0^a D_1(y_i) \frac{M_1}{a} dy_i + \int_{\frac{a+b}{2}}^{\frac{a+b}{2}+b} D_2(y_i) \frac{M_2}{b} dy_i;$$

der igjen, M_1/a er tettheten av individer i ethvert punkt i område 1, og $D_1(y_i)$ er det aggregerte antallet interaksjoner en person med lokalisering y_i har, med analoge uttrykk for område 2.

Utfører vi integrasjonen får vi følgende uttrykk for antallet aggregerte interaksjoner:

$$N = \frac{2M_1^2}{a^2} a \frac{(1 - e^{-a})}{a} + \frac{2M_2^2}{b^2} b \frac{(1 - e^{-b})}{b} + 2 \frac{M_2 M_1}{2ab} e^{-\frac{a+b}{2}} e^{-b} (1 - e^{-a}) e^{-b} :$$

Som en illustrasjon, hvis regionene som sådan ikke har utstrekning (dvs at alle individer bor i de respektive sentra), blir målet på antallet aggregerte interaksjoner som følger:

$$N = M_1^2 + M_2^2 + 2M_2 M_1 e^{-b} :$$

Center for Research in Economics and Management (CREAM)
Handelshøyskolen BI / BI Norwegian Business School
0442 Oslo, Norway

The objective of CREAM is to provide research and analysis in the area of industrial economics and labor economics with applications to management, and provide research-based analysis for decision makers in public and private sector.