

## Katsaus

# Liikenneinvestoinnit ja hyötykustannusanalyysi epävarmassa maailmassa

*Talvitie, Antti, Professori emeritus, Aalto-yliopisto, rakennetun ympäristön laitos*

## Aluksi

Liikenneinsinööri on ruma sana. Se juontaa 1960–70-lukujen taitteeseen, Wilbur Smith-Polvinen liikennesuunnitelmaan – eikä syyttä — jossa moottoritie kiersi Kauppatorin ja Helsingin rantoja. Sanan negatiivinen kaiku kasvoi 80-luvun alussa – ilman syytä—kun ’monoa moottoritiele’ henki eteni 1970-luvun energiakriisin innoittamana. Silloin vallitsevaa henkistä väyläsuunnittelun ilmapiiriä kuvasi parhaiten raamatullinen ilmaisu ”murheen laakso”. Moottoritiesuunnitelmat pantiin hyllylle. Joukkoliikenteen suunnittelu sai puhtia mutta kohdistui sellaisiin harvoihin projekteihin, joilla oli julkista viehätystä. Tavoitettavuus ei ollut muotisana. Se oli tuntematon käsite ihmisille, paitsi liikenneennusteiden tekijöille. Itämetro oli suuri projekti, jolle haluttiin sekä poliittinen että yleinen tuki. Ohessa tapahtui sekä poliittisia että teknisiä lieveilmiöitä, negatiivisia ja positiivisia, joita puitiin oikeusasteita myöten. Kulussien takana kaavoitus ja maankäyttö olivat merkittäviä tekijöitä, myös rahoituslähteinä poliittisille intressipiireille. Amerikkalaisia eksperttejä kävi kutsusta kertomassa ja luennoimassa metron eduista moottoriväyliin verrattuna. Pääväylien ja -katujen joiden kehityshankkeita kutsutaan bulevardeiksi (ks. MacDonald 2006 ja Jacobs-Macdonald-Rofé 2002) merkitys maan arvolle ja tavoitettavuudelle ymmärrettiin vaieten, samalla kun niiden tarvitsemasta maa-alasta metroon verrattuna äänekkäästi valitettiin. Nykyhetken peilattuna, mitä enemmän muutosta on tapahtunut, sitä enemmän maailma on pysynyt samana.

Viisikymmentä vuotta sitten kokemamme maailma oli vakaa, liikenne- ja tuotantoteknologian kehitystä ei ajateltu, tai se oli tietoisuutemme ulkopuolella. Maailmanmeno oli ennustettavissa. Riskit olivat lueteltavissa ja jopa rahallisesti arvioitavissa. Ympäristöhaitoista ei puhuttu, koskivat ne sitten ihmisiä tai luontoa, vuoropuhelu vaikutusalueen asukkaiden kanssa oli harvinaista, kiinteistöjen arvonnousu ei ylittänyt julkisuuden kynnystä. Oli ilmiselvää, että projektit rahoitettiin ja maksettiin verovaroin. Eräs tuntemani vaikutusvaltainen Helsingin insinöörivirkamies puki asian sanoiksi: ”ei maalla ole mitään arvoa”. Nykyisin kiinteistöjen arvonnousu on yksi valtti kalliiden väyläinvestointien hyötyjä laskettaessa. Näiden asioiden arvostus -- ympäristö, sen ihmisille ja luonnolle aiheuttamat haitat, ihmisten kuuleminen, maankäyttö, ja tavoitettavuus – on perusteellisesti muuttunut ja ovat tärkeitä tekijöitä hankkeiden arvioinnissa, joita säännöllisesti kuvataan hyöty-kustannusanalyysin raameissa. Kaksi tekijää, matkojen hinta ja niiden maksaja, loistavat kuitenkin poissaolollaan.

Samoilla 1960- ja 70-luvuilla Suomi hankki Maailmanpankin lainan ja alkoi rakentaa kahta moottoritietä. Merkittävää oli, että hankkeista oli tehtävä hyöty-kustannusanalyysi (HKA) ja suunnittelu ja rakentaminen tuli kilpailuttaa ja tehdä yksityisten yritysten toimesta. Siihen asti suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon olivat tehneet Tie- ja vesirakennushallitus ja sen piiriorganisaatiot. Myöhemmin tiesektorin julkisen ja yksityisen sektorin rooli ovat kehittyneet ja muuttuneet. Olin näissä mukana sekä läheltä että kaukaa. Tässä artikkelissa keskityn vain hyöty-kustannusanalyysiin ja sen käyttöön.

Ennen kuin sen teen, on syytä selventää pääotsikon sanavalintaa. Epävarmuus on tila, jossa tuleville tapahtumille ei voida antaa edes todennäköisyyttä: tulevaisuus on epävarma, eikä sen riskillä ole todennäköisyysnumeroa. Kuitenkin liikenneinvestointeja on tehtävä, vaikka ne kaikki ovat riski-investointeja, kokeita, jota sana ’experiment’ kuvaa paremmin. Epävarmuus koskee lähes kaikkia HKA:n tekijöitä. Niiden arvoja en haarukoi, mutta monille tekijöille

nykytilanne ja nähtävissä olevan kehityksen suunta voidaan arvioida. Kokeiden tulos nähdään vasta ehkä vuosikymmenien kuluttua. Siitä huolimatta, ennen investointeja on hyödyllistä tehdä 'ajatuskokeita', *thought experiments*. Niihin HKA antaa hyödylliset raamit.

### **Taloudellinen (economic) ja yhteiskunnallinen (social) hyötykustannusanalyysi**

Esimerkkien avulla kuvaan seuraavassa HKA:n taloudellista ja yhteiskuntataloudellista merkitystä. Käy ilmi matkan hinnan suuri merkitys liikenneinfrainvestoinneista tai liikennepalveluista saataville hyödyille ja niiden nykarvolle.

Sekä taloudellinen (HKA) että yhteiskuntataloudellinen (HKA) hyötykustannusanalyysi ovat tarpeellisia. Ero näiden kahden välillä mainitaan harvoin, hybridisovellukset ovat sääntö ja molempien käytössä on niin suuria puutteita, että niitä voisi sanoa jopa disinformaatioksi. Kaksi numeerista esimerkkiä selventää eroa näiden kahden HKA:n välillä. Niiden yksi tarkoitus on tuoda esille matkan hinnoittelun vaikutus liikenteen kysyntään, millä on puolestaan suuria seurauksia. Tämä tosiasia jätetään usein huomiotta. Suomalaisissa hankearvioinneissa tuskin edes mainitaan, mitä matkustaja maksaa matkastaan. Molemmat esimerkit tähdentävät tämän paperin päätelmää: matkan hinta on keskeinen liikenneinvestointien sekä taloudellisille että yhteiskunnallisille hyödyille. Niihin kuuluvat tavoitettavuus, maankäyttö, ympäristö, luonto, turvallisuus, tuottavuus, taloudellinen kestävyys ja kaupunkimaisema. Liikuntarajoitteisten, vanhusten, nuorten, pienituloisten ja muiden erityisryhmien tavoitettavuus, turvallisuus ja muut tarpeet on mahdollista hoitaa kohdistetusti alennetuilla maksuilla, joiden tarkempi sisältö ja käyttö on selvityksin tarkasti harkittava (World Bank, 2017, 2019, 2020, 2022). Hankeselvityksissä ja -arvioinneissa vuoropuheluissa matkan todennäköinen hinta tulisi aina tunnistaa ja avoimesti keskustella siitä

## Taloudellinen (economic) hyöty-kustannusanalyysi, HKA.

Jules Dupuit'in (1844, Maneschi 1996, Mouter 2017) mukaan "ainoa hyöty on se, josta ihmiset ovat valmiita maksamaan" ja "subventio on aina sama kuin vero ... Vaurautta ei niillä luoda, vaan ... vaurautta menetetään". Suomessa ja useimmissa EU-maissa liikenteen subventointia perustellaan rajakustannushinnoittelulla. Subventioita suositellaan kulkumuodoille, joilla on laskeva keskimääräkustannus (declining average costs), ja joka ekonomisti Pigoun mukaan johtaisi yhteiskunnallisen hyödyn maksimiin. Tämä säännöllisesti tarkoittaa raideliikenteen subventointia. Taloustieteen Nobelisti Ronald Coase (1987) tyrmäsi rajakustannushinnoittelun vaikutusvaltaisessa kirjassaan, ja prof. Keeler (1974) kyseenalaisti junaliikenteen laskevan keskimääräkustannuksen (kts. myös Nash ja Smith 2007). Huomiota vaille jää, että liikenteen subventiot aiheuttavat ruuhkaa ja sitä kautta virheinvestointeja.

Kirjoittaja ja Colin Gannon (silloin Maailmanpankissa) kehittivät numeerisen esimerkin HKA:stä tielainan yhteydessä kahteen esimerkkitapaukseen A ja B, jotka muuten olivat samanlaisia, paitsi että vaihtoehdossa A matkan hinta on subventoitu, kun taas B:ssä se kattaa kaikki kustannukset. Talvitie (2018) lisäsi myöhemmin tapauksen C, jossa matkan hinta on ylihinnottelu. Kuvassa 1 ja sitä seuraavassa taulussa ja sen selityksessä on tarkasti kuvattu näiden vaihtoehtojen seuraukset. Suomessa junaliikenteen matkustajat maksavat murto-osan aiheuttamistaan kustannuksista, raitininfrastruktuurin käytön kustannusvastaavuus on ollut yli 10 vuotta 10–12 % (Väylävirasto 2022). Bussien kaukoliikennettä subventoidaan teiden infrastruktuurin osalta (ehkä n. 40 %, Leviäkangas ja Talvitie, 2000) mutta bussimatkojen lippuhintaa ei subventoida. Auton käyttäjät Suomessa ja vanhoissa EU-maissa maksavat 2–3 kertaa enemmän kuin aiheuttamansa tiekustannukset (Talvitie et al. 2015). Rautatietariffit EU- maissa kattavat noin 10–50 % raitininfrastruktuurikustannuksista.

Matkan hinta kuvassa 1 on tarkoituksella rahaa. Lisäksi on oletettu, että tien käytöstä ei aiheudu muita kustannuksia tai vääristäviä veroja. Vaikka on yleistä sisällyttää matka-ajan säästöt ja monia ulkoisvaikutuksia yhteiskuntataloudellisiin hyötyihin, niitä ei HKA laiminlyö tai ”unohda”. Dupuit’in perustelu pätee: ”ainoa hyöty on se, josta ihmiset ovat valmiita maksamaan”. Matkoilla, kuten useimmilla tavaroilla ja palveluilla, on yksityisiä kustannuksia, jotka vaikuttavat kysyntään – polttoaine tai muu energian lähde, aika, vakuutus, ajoneuvo ja korjaukset; mutta sinänsä ne eivät ole hyötyjä tai kustannuksia HKA:ssä. Ne ovat henkilökohtaisia, tietoisia valintoja, ja sisältyvät kysyntäkäyrään, joka kuvaa matkan tekijän maksuhalukkuutta (ja sen alapuolinen alue hyötyä). Investointi, kunnossapito, ja monet haitat ja ulkoiset kustannukset (eksternalititeetit) voidaan tavallisesti sisällyttää matkan hintaan ja maksaa tiemaksuna.

Taulu 1, tapaus A, osoittaa, että jos syntyneen (generated) liikenteen aiheuttama hyödyn menetys (alue unwz kuvassa 1) jätetään ottamatta huomioon subventoidun hinnan vuoksi, kuten lähes aina tehdään, hyödyt yliarvioidaan. Hyödyt ovat suurimmat tapauksessa B, jossa ei ole subventiota. Ylihinnoittelu-esimerkissä syntyneen liikenteen hyödyt on lisättävä taulun 1 alaviitteiden mukaisesti. Ellei käyttäjien tai veronmaksajien todellisuudessa maksamia hintoja, jotka kattavat kustannukset, käytetä hyöty-kustannusanalyyseissä ja oikaisuja (ylös tai alas) tehdä subventioiden osalta, valitaan ”väärä” hanke tai liikennepolitiikka. Tapauksessa A on veronmaksajilta siirretty hyötyä (rahallista tuloa) auton käyttäjille. Päinvastaisessa tilanteessa, tapaus C, ylihinnoittelu aiheuttaa (rahallisen) hyödyn siirtymisen auton käyttäjiltä kansantalouteen. Subventiot (ja lainat) maksavien ei-käyttäjien ylijäämä (consumer surplus) tappiot jätetään yksinkertaisesti huomiotta.

Normaali mutta virheellinen oletus HKA:ssa on, että käyttäjät maksavat todelliset kustannukset, eivät sitä hintaa, mikä määrää kysynnän. Subventoidut investoinnit ja liikenne näyttävät

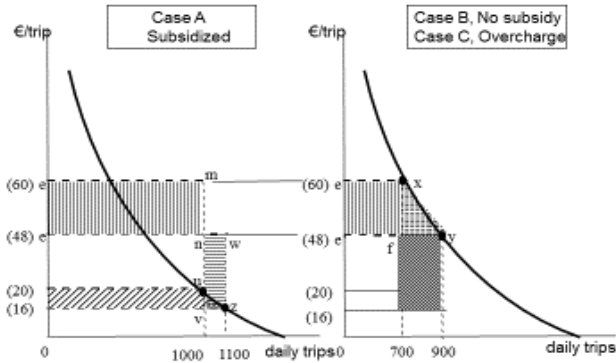
taloudellisemmalla kuin ne todellisuudessa ovat, kun ne ylihinnoitellussa ympäristössä ovat vähemmän taloudellisia kuin ne todellisuudessa ovat. Ulkoiset kustannukset tulee ottaa mukaan matkan hinnassa. Ne voidaan usein maksaa ruuhkamaksuina.

”Aikakustannussäästöt” ja maan arvon nousu ovat kumpikin melkoista humpuukia. Aikaa ei voi säästää kuten rahaa. Ajan arvottamisessa on suuria epävarmuuksia (Goodwin 2019, Daly & Hess 2019). Jos käyttäjä maksaa aiheuttamansa kustannukset rahana, niin aikasäästöhyödyt putoavat pois. Jos taas aikasäästöhyödyillä perustellaan muuten kannattamatonta investointia, joku muu kuin käyttäjä maksaa kustannukset, joten se on poissa ei-käyttäjien ja veronmaksajien ylijäämästä (tapaus A). Dupuitin perustelut pätevät. Kysymyksessä on siis tulonsiirto, ei hyöty. Sama pätee kiinteistöjen arvon nousuun. Se on vain kuntien kaavoituksen kautta keksimä rahan lähde, ei hyöty.

### **Kuva 1. Matkojen hyödyt kolmessa esimerkissä**

Esimerkki viittaa tieyhteyteen, muuta se voisi olla myös rautatieyhteys. Tariffi, joka ei kata kustannuksia, johtaa tehottomaan investointiin ja liikennepolitiikkaan, Hintavääristymät leviävät kysynnästä tuotannon tekijöiden hintoihin ja muihin ”vääriin” investointeihin sekä maankäyttöön. Jopa kehitysmaissa, joissa polttoaineiden ja matkojen subventointi on yleistä, matka-ajan ”säästöt” ovat 65-80% HKAM:n hyödyistä ilman selvää rahallista näyttöä.

Figure 5: Traffic Benefits in Three Cases



Taulu 1. Matkojen hyödyt (€) tapauksissa A, B, ja C (per päivä) – (Talvitie, 2018)

	Tapaus A (subventoitu) <sup>a</sup> Hinta ennen/jälkeen 20/16 €		Tapaus B <sup>b</sup> Hinta ennen jälkeen 60/48 €		Tapaus C (ylibinnoiteltu) <sup>c</sup> Hinta ennen/jälkeen 60/48 €	
	Käyttäjät	Koko maa	Käyttäjät	Koko maa	Käyttäjät	Koko maa
Nykyinen liikenne	4,000	12,000	8,400	8,400	8,400	2,800
Syntynyt liikenne	200	(-3,000)	1,200	1,200	1,200	6,400
Yhteensä	4,200	9,000	9,600	9,600	9,600	9,200

<sup>a</sup> Tapaus A, hinta subventoitu hinta. Nykykyisten käyttäjien hyödyt tulevat pienemmästä maksusta  $\text{€}(20-16) \cdot 1000 = 4000 \text{ €}$ . Syntyneen liikenteen hyöty on  $\text{€}(20 - 16) \cdot 0,5 \cdot 100 = 200 \text{ €}$  (pinta-ala uvz kuvassa 1).

Käyttäjien kokonaishyöty on siten 4200 €. Koko maan liikennekustannukset laskevat  $\text{€}((60-48)*1000 = 12\ 000\ \text{€})$ , mutta syntyneestä liikenteestä aiheutuu tappiota  $\text{€}(48*100 - 0,5*(20+16)*100) = 3\ 000\ \text{€}$  (alue nuzw kysyntäkäyrän yläpuolella). Koko maan kansantalouden hyöty on siis  $\text{€}(12000-3000) = 9000\text{€}$ . Tapauksessa A on tulon (hyödyn) siirto veronmaksajilta käyttäjille on  $1000*40\text{€} = 40000\text{€}/\text{vrk}$  ja 32 200 € väylän parantamisinvestoinnin jälkeen.

<sup>b</sup> *Tapaus B, ei subventiota.* Nykyisten käyttäjien ja koko maan hyödyt ovat yhtä suuret;  $\text{€}((60-48) * 700 = 8400\ \text{€})$  ja generoitu liikenne antaa lisää hyötyä  $\text{€}((60-48)*0,5*200 = 1200\ \text{€})$ . Koko maan kansantalouden ja käyttäjien yhteissumma on sama 9600 €. Jos käyttäjät maksavat infrastruktuurikustannukset, tulonsiirtoja ei ole.

<sup>c</sup> *Tapaus C, ylihinnottelu.* Hyötyihin on lisättävä syntyneen liikenteen hyöty kysyntäkäyrän alapuolella, josta pitää vähentää sitä vastaava kustannus. Nykyisen ja syntyneen liikenteen ovat samat kuin tapauksessa B, 9600 €. Kansantalouden hyödyt ovat erilaiset. Ne koostuvat nykyliikenteen maksuista  $\text{€}(20-16)*700 = 2800\ \text{€}$ , syntyneen liikenteen maksuista (hyödyistä)  $\text{€}(48*200) = 9600\ \text{€}$  miinus sen maksut  $\text{€}(16*200) = 3200\ \text{€}$ . Koko maan kansantalouden saama hyöty on siis  $\text{€}(2800+9600-3200) = 9200\ \text{€}$ . Tapauksessa C on väylän parannuksen jälkeen tulonsiirto (hyödyn siirto)  $\text{€}((60-20)*700 = 28\ 000\ \text{€}/\text{vrk}$  käyttäjiltä kansantaloudelle.

---

Yhteenvedo näistä esimerkitapauksista on se, että matkan hinnalla ja aikakustannussäästöillä on suuri merkitys investoinnin hyötyihin ja konstaileu aikakustannussäästöillä ja kiinteistöjen arvon nousulla on harhaanjohtamista. Jos esimerkiksi Väyläviraston laskelmista Turun tunnin junan hyödyistä poistetaan aikasäästöhyödyt, on H/K-suhde 0,17. Jos sen lisäksi vähennetään radan jäännösarvo 30 vuoden jälkeen on H/K-suhde 0,07! HKA<sub>c</sub> on siis erittäin vakuuttava ja vaikuttava tapa analysoida hankkeiden taloudellista kannattavuutta. Erityisen tärkeätä on, että vaihtoehdoissa on mukana ei vain fyysisiä vaan myös



matkan hintaan ja väylän käyttöön liittyviä vaihtoehtoja. Herkkyyksianalyysit eri tekijöiden vaikutuksista ovat myös tärkeitä. Juuri edesmennyt liikenneinsinööri Olav Smeds, joka hioi HKA-osaamistaan Maailmanpankin lainan toimistossa TVH:ssa, käytti aina saman väylähankkeen vaihtoehtoissa kolmea teknisesti eritasoista ja eri suurta vaihtoehtoa: mini, midi, maxi. Se on suositeltava tapa, sekä väylän laajuudessa että käytössä.

## **Yhteiskuntataloudellinen (social) hyöty-kustannusanalyysi HKA**

Liikenneinvestoinneilla on yhteiskuntataloudellisia hyötyjä ja kustannuksia, jotka ovat suuremmat kuin HKA:ssa lasketut. Suomessa julkaistut yhteiskuntataloudelliset HKA:t ovat hybridejä. Hyödyt on rajattu sisältämään lähialueen käyttäjä-, maankäyttö- ja muut hyödyt, mutta haitat on suljettu pois kuin myös kuluttajan ylijäämän menetys niille, jotka eivät käyttäisi investoinnin tulosta. Selkeimmin tämä tapahtuu matka-ajan lyhentymisen hyödyissä, jotka ovat aina suurin hyötykomponentti, mutta niiden maksajina ovat muut kuin hyödyn saajat. Maan arvo saattaa myös laskea vaikutusalueen ulkopuolella. Molemmat ovat vaikeita ongelmia, jos käyttäjät eivät maksa. Ja vaikka käyttäjät maksaisivat, hyötykustannus suhteeltaan (HKA<sub>c</sub>) hyvät liikenneinvestoinnit yleensä johtavat suuriin hyötyihin.

Yhteiskunnallisia hyöty-kustannusanalyysseja on harvassa. Tuoreessa artikkelissa Reginald Arkell (2021) käsittelee yhteiskuntataloudellisia hyötyjä ja kustannuksia laajasti. Siinä osoitetaan, että suuret yhteiskuntataloudelliset hyödyt tulevat pääasiassa "optimaalisen" *second best* -hinnoittelupolitiikan toteuttamisesta, jonka seurauksena olisi myös pidättäytytty moottoriteiden lisärakentamisesta suuren kaupunkiseudun urbaanisella alueella (Hypothetical Alternative Scenario (HAS)-vaihtoehto, joka on määritelty alempana). Tästä olisi siunaantunut paljon hyötyä, joka jäljitetään *second best* -hinnoittelun vaikutuksista liikennekysyntään (vähenemiseen), kaupunkialueen kehittämiseen, erityisesti sen tiivistymiseen, liikenneturvallisuuteen ja

tuottavuuteen. Tulokset ovat taulussa 2 ja herkkyysanalyysit taulussa 3.

Arkell'in Chicago Expressway (moottoritiet) analyysi on perusteellinen HKA<sub>y</sub>. Se kattaa 50 vuoden ajanjakson vuodesta 1947 vuoteen 1996 eli moottoriteiden oletetun käyttöiän. Chicagon alueen moottoritie rakentaminen tapahtui vuosina 1947–1971. Ne vaikuttivat kaupunkikehitykseen ja kaupungin tiiveyteen, matkojen hintaan ja nopeuksiin sekä moniin muihin tekijöihin. Arkell rakensi kolme skenaariota: *viiteverrokki* (counterfactual), joka oli vertailuskenaario kahdelle muulle, *hypoteettinen vaihtoehtoskenaario* (HAS) ja toteutetulle liikenneverkolle, jonka nimi on *Projekti*.

- *Viiteverrokkissa* on jo toteutettu moottoritieverkko, 169 mailia (1014 kaistamailia), joka oli (melkein) valmistunut vuoteen 1970 mennessä ja lisäsi 314 mailia (628 kaistamailia) liikennepääkatuja (arterial streets), mutta ei uusia moottoriteitä Chicagon kaupungin sisällä.
- *Projekti* sisältää moottoritiet. 169 mailia (olemassa olevaa tai toteutukseltaan päätettyä) ja 92 mailia uusia moottoriteitä, jotka on rakennettu vuoteen 1996 mennessä tutkimusalueen sisällä, mukaan lukien Chicagon kaupunki (noin 65 mailia). Nämä 92 mailia (628 kaistamailia) korvasivat verrokkiverkon oletetut 628 mailia liikennekatuja.
- HAS-verkossa on toteutettu moottoritieverkko, mutta ei uusia moottoriteitä Chicagon kaupungissa. Mukana on joukkoliikenteen parantaminen. Mikä tärkeintä, HAS:issa on *second best* -automatkojen hinnoittelu.

<b>KUSTANNUKSET</b>	<b>HAS 3%</b>	<b>Project 3%</b>	<b>HAS –5%</b>	<b>Project 5%</b>
Melu – Transit	(\$3.7)		(\$2.1)	
Joukkoliikenne – Kapasiteetti ja Käyttö.	(\$878.2)		(\$509.8)	
Joukkoliikenne – Aikasäästöt	(\$1,066.3 )		(\$661.8)	
Pääomakustannukset (Vält. kustannukset)	\$109.4	(\$625.9)	\$88.5	(\$503.4)
Käyttö ja kunnossapito (Vältetyt kust.)	\$10.0	(\$0.8)	\$6.2	(\$0.6)
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>(\$1,846.3 )</b>	<b>(\$626.7)</b>	<b>(\$1,079.0)</b>	<b>(\$504.0)</b>
<b>HYÖDYT</b>	<b>HAS 3%</b>	<b>Project 3%</b>	<b>HAS – 5%</b>	<b>Project 5%</b>
Maanviljelyn vähentynyt tuotto	343.7	(\$18.2)	\$204.3	(\$10.7)
Ajon-km – HA	\$4,543.2	\$404.2	\$2,746.5	\$221.0
Ajon.km – KA	\$75.6	\$18.2	\$42.8	\$9.3
Ajon-tunnit – HA	\$13,785.4	\$4474.0	\$8,249.3	\$2,511.4
Ajon-tunnit – KA	\$1,331.5	\$821.9	\$767.3	\$461.4
Melu – HA	\$45.7	(\$1.6)	\$28.0	(\$0.9)
Melu – KA	?	(\$1.3)	?	(\$0.7)
CO2	\$528.6	(\$22.0)	\$528.6	(\$22.0)
NOX	\$3.3	(\$7.6)	\$2.6	(\$4.4)
PM	\$862.8	(\$66.2)	\$532.8	(\$38.2)

Reurssien käyttö (e.g, öljyturvallisuus)	\$142.3	(\$5.6)	\$89.2	(\$3.3)
Pysäköinti	\$1,135.2	(\$40.3)	\$697.2	(\$23.3)
Terveys – vähentynyt liikunta	\$57.9	(\$2.4)	\$28.8	(\$1.2)
Estevaikutus	\$236.6	(\$9.3)	\$145.4	(\$5.4)
Tuottavuus	(\$540.8)	\$3669.4	(\$376.8)	\$2431.4
Kuolemaan johtaneet onnettomuudet	\$3,080.4	\$520.7	\$2,057.3	\$294.7
Henkilövahinko onnettomuudet	\$2,497.5	\$575.6	\$1,376.0	\$286.1
Omaisuusvahinko-onnettomuudet	\$366.5	\$65.1	\$238.9	\$35.8
Jäännösarvo	\$8.7	\$47.3	\$3.3	\$17.8
<b>DISKONTATUT HYÖDYT YHTEENSÄ</b>	<b>\$28,504.1</b>	<b>\$10,421.9</b>	<b>\$17,453.0</b>	<b>\$6,158.8</b>
<b>NYKYARVO (NET PRESENT VALUE)</b>	<b>\$26,657.8</b>	<b>\$9,795.2</b>	<b>\$16,275.9</b>	<b>\$5,654.8</b>
<b>H/K-SUHDE</b>	<b>15.43</b>	<b>16.63</b>	<b>14.83</b>	<b>12.22</b>

Taulu2. Yhteiskuntataloudellinen HKA<sub>a</sub>, HAS vs. Projektit<sup>a, b</sup> (viiteverrokkeihin verrattuna; 1960 hinnat)

- a. Jotkut kustannukset on muutettu “viivan alle” joka vaikutti vähän H/K-subteeseen mutta ei vaikuttanut projektin nykyarvoon (Net Present Value, NPV))
- b. Huomaa, että H/K-subde on melkein sama HAS-vaihtoehdolle kuin Projektille, mutta NPV-arvot ovat huomattavasti eri suuruiset. Siksi

*H/K ei ole yhtä hyvä ja paljon kertova tulosindikaattori kuin NPV, joka on parempi mitta hankeeseen tai verkkosuunnitelman tehokkuudelle ja vaikuttavuudelle.*

Seuraavat taustatiedot taulun 2 HKA-numeroihin tulisi rohkaista lukijaa tutustumaan alkuperäiseen artikkeliin. *HAS:n second best* -autoliikenteen hinta ei ole rajakustannushinta (ruuhkautuneilla) välillä. Se on laskennallinen hinta eli kuinka paljon enemmän auton käytön tulisi maksaa kattamaan autoliikenneväylien todelliset kustannukset (paitsi asuntokadut). Tämä *second best* -hintapolitiikka vähensi liikennettä n. 20 %. Samanlaista *second best*-periaatetta ei käytetty joukkoliikenteen lipuille, vaan niiden subventointi jatkui vanhaan malliin. Tämä on puute, jonka hyväksyttävyydestä voidaan olla eri mieltä. Muut yksikköarvot on hankittu ja laskettu perusteellisesti.

Tutkimusalue oli maantieteellisesti niin laaja, että sen kokonaisuusluku pysyi samana, vain sen sijoittuminen tutkimusalueelle vaihteli liikenneverkon mukaan. Moottoritie- ja bulevardipainotteiset tieverkot (Jacobs et al. 2002, MacDonald 2006) levittivät kaupunkialuetta ulospäin ja asukastiheydet pienenivät. Vastaavasti asukastiheys kasvoi, jos uusia moottoriteitä ei kaupunkiin rakennettu. *Urban sprawl* -suuntaus oli voimakkaampi *Projekti*-moottoritiepainotteisessa vaihtoehdossa kuin verrokin 'bulevardi'-verkossa. Projektiverkon kaikki tilastonumerot ovat vuodelle 1996. *HAS*-verkon ja verrokin numerot perustuvat tutkimuksiin ja muutoksiin USA:n kaupungeissa.

### **Tärkeimmät päätelmät (verrokkivaihtoehtoon verrattuna)**

- "Optimaalinen" *second best* -hinnoittelu teki kaupunkialueesta tiiviimmän. Se vähensi paljon matka-aikaa, matkakustannuksia ja liikenneonnettomuuksia. Moottoritiet aikaansäivät suuria tuottavuushyötyjä.
- *Second best* -hinnoittelun yhteiskunnalliset hyödyt tulivat pienemmistä liikennemääristä (ajoneuvokilometreistä),

lyhyemmistä matka-ajoista (ajoneuvotunneista) ja pienemmistä liikennekustannuksista. Liikenneverkon ja liikenteen nykyarvo (NPV) *second best* -hinnoilla on noin kolme kertaa suurempi kuin ilman sitä.

- Noin puolet nettohyödyistä (NPV) tuli matka-ajan säästöistä. *Second best* -hinnoittelulla NPV on noin 70 prosenttia matka-ajan ja matkakustannusten summan hyödyistä; ilman *second best* -hinnoittelua tämä prosenttiosuus on pienempi, noin 55 prosenttia. (*Huom. Verrokkiin verrattuna*)
- *Second best* -hinnoittelulla viidennes NPV:stä tulee onnettomuuksien vähenemisestä, mutta liikenneonnettomuuksien hyödyt ovat vain kymmenesosa kokonaisuudesta ilman "optimaalista hinnoittelua".
- Moottoritieverkko tuotti merkittäviä tuottavuushyötyjä, lähes 40 % sen NPV:stä, mutta 80% enemmän kuin HAS-verkko.
- Päästöillä ja pysäköinnillä on havaittavia, mutta vähäisempiä vaikutuksia, *second best* -hinnoittelu lisäsi niistä tulevia hyötyjä ja *Projekti* moottoriteineen vähensi niitä hieman.
- Skenaarioiden hyöty-kustannussuhteet ovat huomattavan samanlaiset. NPV sisältää kuitenkin enemmän tietoa ja on hämmästyttävän erilainen HAS- ja *Projekti*-skenaarioissa ja osoittaa *second best* -hinnoittelun suuria yhteiskunnallisia hyötyjä.
- Julkisen liikenteen parannukset vaikuttivat negatiivisesti matka-ajan säästöihin, mutta vaikuttivat positiivisesti NPV:n arvoon. Joukkoliikenteen hinnoitteluoletus on todennäköisesti ollut se, että sen investoinnit maksettiin tienkäyttäjämaksuista voimassa olevien sääntöjen mukaan.
- Hyödyt pienenevät 40 prosenttia, jos korko nousee 3 prosentista 5 prosenttiin.

## Herkkyyksanalyysien tuloksia

Arkell teki herkkyyksanalyysejä tutkiakseen HKA:n sisältyvien tekijöiden arvojen epävarmuuksien ja epätarkkuuksien vaikutuksia. Taulu 3 antaa otannan skenaarioiden tuloksista. Ne osoittavat, että NPV pysyy paljon suurempana HAS:n *second best* -hinnoittelun herkkyyksanalyyseissa. Mielenkiintoinen asia HAS-skenaariossa on se, että matka-aikasäästö hyötyjen poistamisella on suunnilleen sama vaikutus kuin 10 %:n liikenteen vähenemisellä (20 % sijasta), mikä viittaa siihen epäyllättävään seikkaan, että liikennekysyntä on hyötyjen tärkein tekijä ja syy.

	3%		5%	
Skenario	H/K Suhde	NPV	H/K Suhde	NPV
Projekti	16.63	\$9,795.1	12.22	\$5,654.7
HAS	15.43	\$26,657.8	14.83	\$16,275.9
<u>Poista henkilöliikenteen matka-aika säästöjen hyödyt (mutta ei k-autojen)</u>				
Projekti	9.49	\$5,321.2	7.24	\$3,647.4
HAS	7.97	\$12,872.4	8.53	\$8,124.7
<u>Poista ympäristö-eksternaliteettien hyödyt ja kustannukset</u>				
Projekti	16.84	\$9,929.4	12.39	\$5,741.6
HAS	14.26	\$24,433.2	14.76	\$14,814.2
<u>Liikenneonnettomuuksien väheneminen HAS-skenaariossa on puolet ennustetusta</u>				
HAS	13.89	\$23,674.6	14.38	\$14,439.8
<u>Second best -hinnoittelu vähentää liikennettä (ajon-km) vain 10% eikä 20%</u>				
HAS	7.82	\$13,355.9	7.85	\$8,067.9

*Taulu 3. Herkekyysanalyysien tuloksia (muista: Projekti tarkoittaa toteutettua suunnitelmaa)*

## **Lopuksi**

Molemmat hyötykustannusanalyysit, taloudellinen ja yhteiskuntataloudellinen, ovat tarpeellisia liikennesuunnitelmien arvioinnissa. Ne kuvaavat suunnitelmien vaikutuksia eri näkökulmista.

Liikenteen infrastruktuurikustannukset kattava *second best* -hinnoittelu on paras keino vähentää epävarmuuksia ja liikenneinvestointien riskejä. Suomessa suunnitelmien arvioinneissa liikenteen hinnoittelu on kokonaan jätetty pois laskuista sen tärkeydestä huolimatta.

Nykyarvo (NPV) on huomattavasti parempi ja kertovampi arvioinnin yhteenveto kuin H/K-suhde. Siksi NPV pitää aina esittää. NPV kasvaa huomattavasti, jos *second best* -hinnoittelu otetaan käyttöön.

Suunnittelun alueen rajausta ja sen asukas- ja työpaikkaluvut ovat keskeisiä tekijöitä liikenteen kysynnälle ja muille NPV:n tekijöille, varsinkin jos investointia tai liikennettä aiotaan subventoida. Jos lisäksi suunnittelun alueen ulkopuolelle aiheutuu merkittäviä muuttotappioita ne vaikuttavat ylijäämän laskemiseen ja koko maan liikenneverkon NPV:n laskemiseen.

Liikenneinvestoinnit ovat kokeita, *experiments*, ne ovat aina riski-investointeja. Niiden ulkoisia vaikutuksia tulee avoimesti harkita ja puntaroida. Niihin kuuluvat innovointi ja innovaatioiden kokeilut, logistiikka, huoltovarmuus, teknologian kehitys (myös rakentamisessa), kilpailukyky, alan koulutus, ympäristö, ja kansantalous, vaikka ne ovat harvoin numeroin ilmaistavissa. Kaikkiin näihin tekijöihin vaikuttaa kansantalouden kasvun ja liikenteen ennustamisen skenaariot ja siksi ne ovat tärkeitä investointien epävarmuuksien arvioinnille.



## References

- Arkell, Reginald (2021) “Chicago Expressway System Retrospective Social Benefits Minus Social Costs” *Analysis. Case Studies on Transport Policy* 9(5)
- Coase, Ronald H. (1987) *The Firm the Market and the Law*. The University of Chicago Press, Chicago
- Daly, Andrew & Hess, Stephane (2019) ”VTT or VTTS: a note on terminology for value of travel time work”. *Transportation*, 47(3).
- Dupuit, Jules (1844) “On the Measurement of the Utility of Public Works”. English translation by R.H. Barback. *International Economic Papers*, 2:43-110 (1952)
- Goodwin, Phil (2019) “The Influence of Technologies and Lifestyle on the Value of Time” Discussion paper. OECD, The International Transport Forum (ITF),
- Jacobs, Allan; Macdonald, Elizabeth and Rofé, Yodan (2002). *The Boulevard Book: History, Evolution, Design of Multi-Way Boulevards*. MIT Press.
- Keeler, Theodore E. (1974) “Railroad costs, returns to scale and excess capacity”, *Review of Economics and Statistics*, 56: 201–208.
- Leviäkangas, Pekka and Talvitie, Antti (2000)” Cost Recovery Ratios of Finnish Road Traffic on Public Roads”. Paper in the Transportation Research Board Meeting 2001.
- MacDonald, Elizabeth (2006) “Building a Boulevard” Access Number 28, University of California, Berkeley
- Maneschi, Andrea (1996) “Jules Dupuit: A sesquicentennial tribute to the founder of benefit-cost analysis” *The European Journal of the History of Economic Thought* 3:3 411-432
- Mouter, Niek (2017) “Dutch politicians’ use of benefit-cost analysis” *Transportation* 44(5): 1127-1146

Mouter, Niek (2015) “Value of Travel Time: To differentiate or not to differentiate”, Manuscript submitted to a Journal for Review

Nash, Chris and Smith, Andrew (2007) “Modelling Performance of Rail”, *Handbook of Transport Modelling*, Edited by David A. Hensher and Kenneth J. Button, Chapter 35, Elsevier Ltd

Talvitie, Antti (2018) “Jules Dupuit and benefit-cost Analysis: Making past to be the present”. *Transport Policy*, vol. 70, issue C, 14–21

Talvitie, Antti; Nieweglowska, Magda; and Czapki, Radek (2015) *Benchmarking Road Sector Infrastructure for Policy Guidance* (unpublished paper)

Väyläviraston tilinpäätös (2021) Väyläviraston Julkaisuja 16–2022. Verkojulkaisu (pdf) ([www.vayla.fi](http://www.vayla.fi))

World Bank (2017) Note 1: Operationalizing the Greater Cairo Transport Regulatory Authority (GCTRA) ja Note 2: Proposed Targeting Mechanisms for Public Transport Subsidies in Egypt

World Bank (2019) *Multimodal network planning, identification of big- capacity bus corridor and park and ride facilities*. UK Government World Bank, Mobility and Logistics Program

World Bank (2020) *Achieving Green, Inclusive, Safe, and Effective Transport for Egypt*.

World Bank (2022) *Sustainable Mobility in South Africa: Gender and Mobility Assessment and Roadmap for Action*.