

JUKKA RISTIKARTANO  
PEKKA IIKKANEN  
TAPANI TOURU

## Rakentamisen aikaiset vaikutukset hankearvioinnissa





Jukka Ristikartano, Pekka Iikkanen, Tapani Touru

# Rakentamisen aikaiset vaikutukset hankearvioinnissa

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2012

Liikennevirasto

Helsinki 2012

*Kannen kuva: Liikenneviraston kuva-arkisto*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-144-3

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

**Jukka Ristikartano, Pekka Iikkanen, Tapani Touru: Rakentamisen aikaiset vaikutukset hankearvioinnissa.** Liikennevirasto, liikennesuunnitteluosasto. Helsinki 2012. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2012. 57 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-144-3.

**Avainsanat:** Rakentamisen haitat, väylähankkeet, hankearviointi

## Tiivistelmä

Liikenneväylähankkeiden rakentamisen aikaisten vaikutusten arviointia ei ole aikaisemmin ohjeistettu. Vuonna 2011 valmistuneessa Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohjeessa edellytetään, että arvioinnissa otetaan huomioon vähintään rakentamisen aikaiset viivytykset henkilö- ja tavaraliikenteelle. Tarkemmat ohjeistukset annetaan myöhemmissä liikennemuotoikohtaisissa arviointiohjeissa. Tämä selvitys on laadittu näiden ohjeiden tausta-aineistoksi.

Aiemmissä kotimaisissa selvityksissä on tarkasteltu yksittäisten tienpitotoimenpiteiden vaikutuksia tienkäyttäjien lisäkustannuksiin. Esitetyt menetelmät ovat edelleen käyttökelpoisia. Sen sijaan kansainvälisistä käytännöistä ei löytynyt Suomeen suoraan sovellettavissa olevia tarkastelutapoja. Yleisimmin käytetyt ohjelmistot QUATTRO ja HDM-4 olisivat käyttökelpoisia, mutta ne eivät sovellu hankearviointitilanteissa käytettävissä olevaan lähtötietotasoon.

Neljän erityyppisen tiehankkeen esimerkkitarkastelujen avulla on saatu varsin hyvä näkemys tarkasteluihin liittyvistä mahdollisuuksista, ongelmista sekä näkemys rakentamisaikaisten vaikutusten suuruusluokista. Näitä on lisäksi täydennetty asiantuntijahaastatteluin. Tuloksien perusteella voidaan yleissuunnitteluvaiheen hankearvioinnissa tehdä vain karkeahkoja tarkasteluja, jolloin rakentamisen aikaiset vaikutukset voidaan arvioida prosentteina rakennuskustannuksista. Tämä tukee myös niiden jatkokäsittelyä tarkemmissa suunnitteluvaiheissa, jolloin voidaan valita kokonaistaloudellisesti edullinen tapa toteuttaa työmaan aikaiset liikennejärjestelyt.

Ratahankkeiden tarkastelumenetelmät poikkeavat tiehankkeista, joten niiden käsittelyn lähtökohtina ovat olleet vaikutusten muodostumiseen vaikuttavat tekijät. Määrävinä tekijöinä ovat työrakojen pituus ja ajoitus sekä niiden aikaiset liikennejärjestelyt. Rakentamisen aikaiset vaikutukset muodostuvat samoista tekijöistä kuin ratahankkeen hyödytkin. Menettelyä on kuvattu myös kahdella esimerkkihankkeella. Vesiväylähankkeilla ei käytännössä ole rakentamisen aikaisia vaikutuksia, joten niitä on raportissa käsitelty vain suppeasti.

Selvityksen tuloksena on esitetty tulevaa ohjeistusta varten eri liikennemuodoille suositeltavat menetelmät eri arviointitilanteissa ja kuvattu menetelmien avulla saatavat tulokset taulukoiden, kaavojen ja laskentaesimerkkien avulla. Johtopäätöksissä on myös esitetty perustelut työn tuloksien ja esimerkkien pohjalta annetuille suosituksille kun liikennemuotoikohtaisia hankearviointiohjeita uusitaan.

**Jukka Ristikartano, Pekka Iikkanen, Tapani Touru: Byggtida konsekvenser i projektbedömning.** Trafikverket, Trafikplanering. Helsingfors 2012. Trafikverkets undersökningar och utredningar 12/2012. 57 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-144-3.

**Nyckelord:** olägenheter vid byggande, trafikledsprojekt, projektbedömning

## Sammanfattning

Tidigare har det inte funnits anvisningar för bedömning av byggtida konsekvenser i trafikledsprojekt. I de allmänna anvisningarna för bedömning av byggtida konsekvenser vid trafikledsprojekt som blev klara år 2011 förutsätts att man i bedömningen beaktar minst byggtida fördröjningar i person- och godstrafiken. Noggrannare anvisningar kommer att ges senare i de trafikformsspecifika bedömningsanvisningarna. Denna utredning är gjord som bakgrundsmaterial för dessa anvisningar.

I tidigare inhemska utredningar har man granskat enskilda väghållningsåtgärders inverkan på väganvändarnas tilläggskostnader. De uppvisade metoderna är fortfarande användbara. Däremot hittade man inte utländsk praktik om betraktelsesätt som direkt kunde tillämpas i Finland. De mest använda programmen QUATTRO och HDM-4 skulle vara användbara, men de lämpar sig inte till den nivå på ursprungsdata man använder i projektbedömning.

Genom granskningen av fyra olika typer av vägprojekt har man fått en mycket god syn på möjligheterna och problemen gällande granskningarna samt en syn på storleksklassen på byggtida konsekvenser. Granskningarna har även kompletterats med intervjuer av sakkunniga. På basen av resultaten kan man bara göra relativt grova granskningar av generalplaneringsskedets projektbedömning, varvid byggtida konsekvenser kan granskas som procent av byggkostnaderna. Detta stöder även deras fortsatta behandling i de noggrannare planeringsskedena, varvid man kan välja det helhetsekonomiskt mest lönsamma formen att förverkliga byggplatsens byggtida trafikarrangemang.

Banprojektens granskningsmetoder avviker från vägprojektens, så utgångspunkten för deras behandling har varit faktorerna som påverkar konsekvensernas uppkomst. Avgörande faktorerna är längden på och tajmingen av luckorna i byggena samt trafikarrangemangen under dessa. Byggtida konsekvenserna utgörs av samma faktorer som fördelarna i banprojekten. Förfarandet har även beskrivits med två exempelprojekt. Vattenledsprojekt har i praktiken inte byggtida konsekvenser, så de ha bara behandlats kortfattat i rapporten.

Som resultat för utredningen har man presenterat metoder i olika bedömningsfall som man rekommenderar för de kommande anvisningarna. Dessutom har man med hjälp av tabeller, formler och räkneexempel beskrivit de resultat man får med metoderna. I slutsatserna har man även presenterat motiveringar för arbetets resultat samt motiveringar för de rekommendationer för de trafikformsspecifika projektbedömningsinstruktionerna som givits på basen av exemplen.

**Jukka Ristikartano, Pekka Iikkanen, Tapani Touru: Effects during construction activities in project evaluation.** Finnish Transport Agency, Transport Planning. Helsinki 2012. Research reports of the Finnish Transport Agency 12/2012. 57 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-144-3.

**Keywords:** effects during construction activities, project evaluation

## Summary

There are no guidelines for evaluations of the traffic effects during construction within Finland. Although there are minimum requirements within the guidelines of general project evaluation (published in 2011) that delays on passenger and freight traffic are to be taken into account in the evaluations of the projects. More detailed instructions are given in the upcoming mode of transport specific evaluation guidelines. This report is prepared to be a basis for these more detailed guidelines.

In the previous Finnish surveys there has been research of user-costs of individual maintenance tasks. These Finnish methods are still valid. In the survey of international methods, no directly applicable methods were found. Most commonly used international methods QUATTRO and HDM-4 would otherwise be feasible, but the information available at the project evaluation stage is not sufficient enough to use these programs.

The evaluation of four different examples of road construction projects has given relatively good insight about the possibilities, problems and the scale related to the evaluation of the user effects during construction. The information from the examples has been complemented with professional interviews. With these outcomes it is possible to produce rough project evaluations during the general planning phase. The effects during construction can be evaluated as a percentage from the total construction costs. This evaluation can be used in a more detailed planning phases. Therefore it is possible to choose the most economical way to carry out the traffic management during the construction.

The evaluation methods of railroad projects differ from road projects. The bases for the evaluation of the railroad projects are factors that influence the effects during construction. Significant factors are the length and timing of the work periods and the traffic management and system during the work periods. The effects during construction have same factors that the benefits of the railroad projects have. The evaluation procedure is described with two example projects.

Waterway projects don't have significant effects in practice, so they have been considered with lightly within the report.

The results of the survey are recommendations for methods in different situations for the coming mode of transport specific evaluation guidelines. The results achieved with the methods are presented with charts, formulas and calculation examples. There are also recommendations which are reasoned in the conclusions, what should be developed when renewing the mode of transport specific project evaluation guidelines.

## Esipuhe

Liikenneväylähankkeiden rakentamisen aikaisten vaikutusten arviointia ei ole Suomessa aikaisemmin ohjeistettu. Hankearviointeja koskevissa yleisohjeissa näiden arviointi on kuitenkin todettu tarpeelliseksi hankkeiden kokonaistarkastelujen kannalta. Tarkempi ohjeistus on suunniteltu tehtävän liikennemuotokohtaisissa ohjeissa. Tämä selvitys on tehty näiden liikennemuotokohtaisten ohjeiden tausta-aineistoksi. Työn ohjausryhmässä ovat olleet seuraavat eri liikennemuotojen edustajat Liikennevirastosta:

- liikennetalousasiantuntija Jukka Valjakka, pj.
- liikennetalousasiantuntija Taneli Antikainen
- liikenne-ekonomisti Anton Goebel
- ratatyökoordinaattori Juha Kröger
- liikenneasiantuntija Harri Lahelma.

Työ on tehty Ramboll Finland Oy:ssä, jossa työn projektipäällikkönä on ollut DI Jukka Ristikartano. Hän on myös vastannut tiehankkeita koskevista teksteistä. DI Pekka Iikkanen on vastannut rata- ja vesiväylähankkeita koskevista teksteistä. Työn projekti sihteerinä on toiminut DI Tapani Touru vastaten myös kansainvälisistä tarkasteluista.

Helsingissä kesäkuussa 2012

Liikennevirasto  
Liikennesuunnitteluosasto



# Sisällysluettelo

1	TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET .....	9
1.1	Lähtökohdat.....	9
1.2	Tavoitteet.....	10
2	KATSAUS NYKYISEEN KÄYTÄNTÖÖN .....	11
2.1	Yleistä.....	11
2.2	Suomi.....	11
2.2.1	Liikennemuotokohtaiset hankearviointiohjeet.....	11
2.2.2	Taustaselvitykset .....	12
2.3	Ruotsi.....	16
2.4	Iso-Britannia .....	17
2.5	HDM 4 .....	18
2.6	Muut ulkomaiset aineistot.....	20
3	TIEHANKKEIDEN RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET .....	21
3.1	Yleistä.....	21
3.2	Valtatie 4 välillä Toivakka - Vaajakoski.....	21
3.2.1	Kohde ja tehdyt toimenpiteet .....	21
3.2.2	Rakentamisen aikaiset haitat.....	22
3.3	Valtatie 5 välillä Koirakivi - Hurus.....	23
3.3.1	Kohde ja tehdyt toimenpiteet .....	23
3.3.2	Rakentamisen aikaiset haitat.....	25
3.4	Vt 6 ja Vt 9 Joensuun kehätie.....	26
3.4.1	Kohde ja sen toimenpiteet.....	26
3.4.2	Rakentamisen aikaiset haitat.....	28
3.5	Kehä I välillä Leppävaara - Vallikallio .....	29
3.5.1	Kohde ja tehdyt toimenpiteet .....	29
3.5.2	Rakentamisen aikaiset haitat.....	31
3.6	Erilliset asiantuntijanäkemykset .....	32
3.7	Yhteenveto.....	33
4	RATAHANKKEIDEN RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET .....	35
4.1	Työraot ja liikennejärjestelyt.....	35
4.2	Vaikutusten muodostuminen .....	36
4.2.1	Kuljetusyritysten kustannukset.....	36
4.2.2	Kuljetusyritysten tulot.....	38
4.2.3	Kuluttajan ylijäämän muutokset .....	38
4.3	Esimerkkihankkeita.....	39
4.3.1	Radan tason nosto ja peruskorjaus.....	39
4.3.2	Vähäliikenteisen radan peruskorjaus .....	42
4.4	Johtopäätöksiä.....	43
5	VESIVÄYLÄHANKKEIDEN RAKENTAMISEN AIKAISET VAIKUTUKSET .....	45
6	VAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETELMÄT .....	46
6.1	Tiehankkeet .....	46
6.1.1	Arviointitilanteen merkitys.....	46
6.1.2	Arviointimenetelmät.....	47
6.1.3	Suosituksset.....	48
6.1.4	Laskentaesimerkki .....	49

6.2	Ratahankkeet.....	50
6.3	Vesiväylähankkeet.....	54
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	55
	LÄHTEET .....	57

# 1 Työn lähtökohdat ja tavoitteet

## 1.1 Lähtökohdat

Liikenneväylien hankearvioinnin vuonna 2011 valmistuneessa yleisohjeessa (Liikennevirasto 2011) lähdetään siitä, että rakentamisen aikaiset vaikutukset tulee ottaa huomioon hankkeiden yhteiskuntataloudellisissa kannattavuustarkasteluissa. Ohjeessa rakentamisen aikaisista vaikutuksista on kirjattu mm. seuraavaa:

- Liikenneväyläinvestointien rakentamisen aikaiset vaikutukset kohdistuvat pääasiassa samoihin asioihin kuin hankkeen käytönaikaiset vaikutukset. Tyyppillisiä rakentamisaikaisia vaikutuksia voivat olla matka-aikaan vaikuttavat liikenteen rajoitukset ja tilapäisratkaisut, työmaaliikenteen haitat liikenteelle ja ympäristöön sekä rakentamisen pöly-, päästö- ja meluhaitat.
- Pääsääntönä on, että hankearvioinnissa otetaan aina huomioon rakentamisen aikaiset viivytykset henkilö- ja tavaraliikenteelle. Muut rakentamisen aikaiset vaikutukset esimerkiksi matkustusmukavuuteen ja elinympäristön viihtyvyyteen otetaan huomioon, jos ne ovat arvioitavissa ja merkityksellisiä.
- On myös aiheellista huomata, että merkittävät rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset selvitetään hankkeen YVA:ssa

Yleisohjeessa on myös esitetty esimerkit rata- ja tiehankkeen rakentamisen aikaisten viivytysten arvioinnista.

Ohjeen liitteessä todetaan rakentamisen aikaisten vaikutusten huomioon ottamisen olevan periaatteessa selvää, koska ne ovat hankkeen todellisia vaikutuksia. Ne voidaan myös arvioida periaatteessa yhtä tarkasti (ellei tarkemmin) kuin hyödyt avaamisen jälkeiselle 30 vuodelle. Rakentamisen aikaiset haitat voivat olla merkittäviä esimerkiksi hankkeen toteutuksen venyessä ja niiden arvioinnin avulla voidaan täydentää hankearviointiin sisältyviä herkkyystarkasteluja.

Käytännön kokemuksia eri laskentamenetelmien ja käytettävissä olevien lähtötietojen soveltuvuudesta erilaisten hankkeiden arviointiin ei kuitenkaan ole ollut käytettävissä yleisohjetta laadittaessa. Uudistettaessa yleisohjeen periaatteiden mukaisesti eri väylämuotokohtaisia hankearvioinnin ohjeita, on ohjeissa käsiteltävä myös rakentamisen aikaisia vaikutuksia yleisohjetta kattavammin.

Odotettavaa on, että rakentamisen aikaisten vaikutusten problematiikka kohdistuu ensisijaisesti tie- ja ratahankkeisiin sekä erityisesti viivytysten ja liikenteen sujuvuuden arviointiin. Tässä selvityksessä on keskitytty rahassa arvoitettaviin merkittäviin vaikutuksiin. Ympäristön kannalta rakentamisen aikaisia vaikutuksia voidaan käsitellä osana YVA-prosessia tai hankkeen muuta suunnittelua.

## 1.2 Tavoitteet

Tämä selvitystyö palvelee liikennemuotokohtaisten hankearviointiohjeiden päivitystyötä. Työn tuloksena on tarkoitus saada aikaan luonnos riittävästä ohjeistuksesta rakentamisaikaisten rahallisten vaikutusten ja haittojen suuruusluokan arviointiin. Työn tavoitteeseen pääsemiseksi on määritetty seuraavia osatavoitteita:

- hankkeita on pystyttävä tyypittelemään siten että rakentamisen aikaisia vaikutuksia voidaan arvioida
- vaikutuksista on tunnistettava ne, jotka ovat merkityksellisiä hankkeen arvioinnin kannalta ja määritellä mitkä niistä voidaan arvottaa rahassa
- rakentamisaikaisten vaikutusten laskemisen periaatteet on määritettävä ja vaikutusten arvioinnissa käytettävät menetelmät on kuvattava.

Tavoitteiden saavuttamiseksi työssä on selvitettävä Suomessa käytetyt ja kehitetyt periaatteet ja menetelmät sekä luotava katsaus ulkomaisiin käytäntöihin ja laskentamenetelmiin. Lisäksi on tarkasteltava esimerkein erilaisia tie- ja ratahankkeita lähtötietoineen, jolloin menetelmien käyttökelpoisuudesta saadaan hankearvioinnin ohjeistusta tukevaa taustatietoa eri suunnittelutilanteissa.

## 2 Katsaus nykyiseen käytäntöön

### 2.1 Yleistä

Suomessa rakentamisen aikaisia vaikutuksia on käsitelty lähinnä sanallisilla kuvauksilla eri hankkeita tarkasteltaessa. Tiehankkeissa ne ovat olleet osana yleissuunnitteluvaiheen erilaisissa vaihtoehtotarkasteluissa (uusi/nykyinen tielinja) sekä myöhemmissä suunnitteluvaiheissa tehdyissä työmaan liikennejärjestelyjen suunnitteluissa. Lisäksi ne on otettu huomioon määrittäessä rakentamiseen liittyviä latuvaatimuksia ja reunaehtoja. Ratahankkeissa niiden merkitys on ollut lähinnä työmaiden tarvitsemien työrajojen (samalla liikennekatkosten) pituuksien suunnittelussa ja ajoittamisessa.

Kattavia hankearviointiin rinnastettavia tai sovitettavissa olevia laskelmia ei kuitenkaan ole tehty eikä niiden tekemistä ole ohjeistettu. Käytettävissä on kuitenkin ollut erilaisilla simulointitarkasteluilla tehtyjä arvioita tieliikenteelle aiheutettujen haittojen määristä. Kansainvälinen käytäntö on vaihtelevaa eikä yhdenmukaisia periaatteita rakentamisen aikaisten haittojen määrittelemiseksi ole yleisesti esitetty.

Seuraavassa on käyty läpi nykyinen ohjeistus, Suomessa laaditut selvitykset tärkeimpine tuloksineen sekä kansainvälisestä käytännöstä löydetyt menettelyt ohjelmistoi-neen.

### 2.2 Suomi

#### 2.2.1 Liikennemuotokohtaiset hankearviointiohjeet

**Tiehankkeiden** arviointiohjeessa (Tiehallinto 2008) rakentamisen aikaiset vaikutukset mainitaan yhtenä arvioitavana vaikutustekijänä. Toisaalta ohjeessa todetaan seuraavasti "Vaikka rakentamisen aikaisten häiriöiden kustannuksissa voi eri hankevaihtoehtojen välillä olla erittäin suuria eroja, ei niitä yleensä ole syytä tarkastella kannattavuuslaskennassa erillisinä hyöty- tai kustannuserinä, koska niiden määrittämiseen liittyy suurta epätarkkuutta. Vaihtoehtoja vertailtaessa niitä voidaan kuitenkin tarkastella osana laskelmiin liitettäviä herkkyystarkasteluja".

Herkkyystarkastelujen osalta ohjeeseen on kirjattu seuraava maininta: "Rakentamisen aikaiset haitat liikenteelle voivat muodostua suuriksi, kun ongelmallista tieosuutta parannetaan nykyisellä paikallaan. Vaihtoehtoja vertailtaessa näistä aiheutuvia kustannuksia voidaan tarkastella yhtenä kustannuseränä muiden joukossa, mutta hankkeen kannattavuuslaskennassa ne on pääsääntöisesti syytä ottaa huomioon vain mahdollisena herkkyystarkastelutekijänä".

Toteutettavuuden arvioinnissa hankkeen rakentamisen aikaiset merkittävät vaikutukset liikenteelle, ympäristölle ja maankäytölle tulee tuoda esille. Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkitys tulee kuitenkin suhteuttaa hankkeen kokoon ja merkitykseen.

Ohjeessa ei kuitenkaan ole mitään tarkentavia ohjeita tai esimerkkejä siitä, millä menetelmällä rakentamisen aikaiset vaikutukset pitäisi tai voidaan arvioida.

**Ratahankkeiden** arviointiohjeessa (RHK 2004) rakentamisen aikaisia vaikutuksia käsitellään pääosin ympäristövaikutusten kannalta. "Uusinvestoinneilla ja usein myös laajennusinvestoinneilla on vaikutuksia luontoon ja rakennettuun ympäristöön. Osa näistä vaikutuksista syntyy rakentamisen seurauksena investoinnin välittömässä ympäristössä. Yleisimmin tarkasteltavia luontovaikutuksia ovat:

- vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen
- vaikutukset harvinaisten kasvien ja eläinten elinympäristöön
- vaikutukset maaperän ja ilman pilaantumiseen, ilmaston muutoksiin sekä geologisiin muodostumiin
- vaikutukset pohjavesiin ja vesistöihin."

Toteutettavuuden arvioinnissa on esitettävä merkittävät rakentamisen aikaiset haitat, joita ovat:

- haitat liikenteelle
- haitat ympäristölle
- haitat maankäytölle.

Ohjeessa ei ole esitetty menetelmiä tai esimerkkejä rakentamisen aikaisten vaikutusten arvioimisesta.

**Vesiväyläinvestointien** hankearviointiohjeessa (Merenkulkulaitos 2005) rakentamisen aikaisia vaikutuksia käsitellään vain viitteellisesti: "Liikenteellisistä vaikutuksista tai hankkeesta sinänsä seuraavia laajemmalle yhteiskuntaan ja luontoon kohdistuvia vesiväylähankkeen vaikutuksia ovat väylän rakentamisen välittömät haitat (esimerkiksi ruoppauksen vaikutukset merenpohjan eliöstöön)".

Toteutettavuuden arvioinnissa todetaan lisäksi yhtenä esille otettavana tekijänä rakentamisen aikaiset riskit, esimerkiksi väylän ruoppaamisen aiheuttamat haitat alusliikenteelle. Tarkempia menetelmiä tai laskentaesimerkkejä ei esitetä.

Meriväyliä koskevien kannattavuustarkastelujen osalta todetaan, että laskelman ulkopuolelle jäävät yleensä osittain vaikutukset alueen kehitykseen sekä väylän rakentamisen vaikutukset luontoympäristöön.

### 2.2.2 Taustaselvitykset

Suomessa on tehty useampia erillisiä selvityksiä tietyömaiden liikennehaittojen arvioinnista. Käytännössä selvityksistä saatuja tuloksia ei ole ainakaan laajasti hyödynnetty.

**Tietyömaiden liikennehaittojen arviointia** koskeva selvitys (Tiehallinto 2000) tehtiin pääteiden parantamisratkaisuja koskevan strategisen projektin yhteydessä. Selvityksessä käytiin läpi sen aikainen kansainvälinen käytäntö sekä tehtiin simulointiajoja.

Tehtyjen tarkastelujen perusteella laadittiin arviointiohje kolmeen erilaiseen työmaatapaukseen: kaistan sulkeminen kaksiajorataisella tiellä (esim. sillankorjaus), kaistan sulkeminen kaksikaistaisella tiellä (esim. päällystystyö) sekä kiertotie kaksikaistaisella tiellä (esim. alikulkutunnelin rakentaminen).

**Tietyömaiden ja muiden tieliikenteen häiriötilanteiden vaikutuksia** koskevassa selvityksessä (Kalliokoski et al. 2004) on tarkasteltu erilaisia työmaita seuraavalla luokituksella:

- päällystystyöt
- silta-, eritasoliittymä- ja tunnelityömaat
- ajoradan ulkopuolella tehtävät työt
- peruskorjaustyömaat
- laajennusinvestoinnit
- uusinvestoinnit

Hankearvioinnin kannalta kaksi viime mainittua ryhmää ovat oleellisimpia. Näistä on selvityksessä seuraavat tarkennukset.

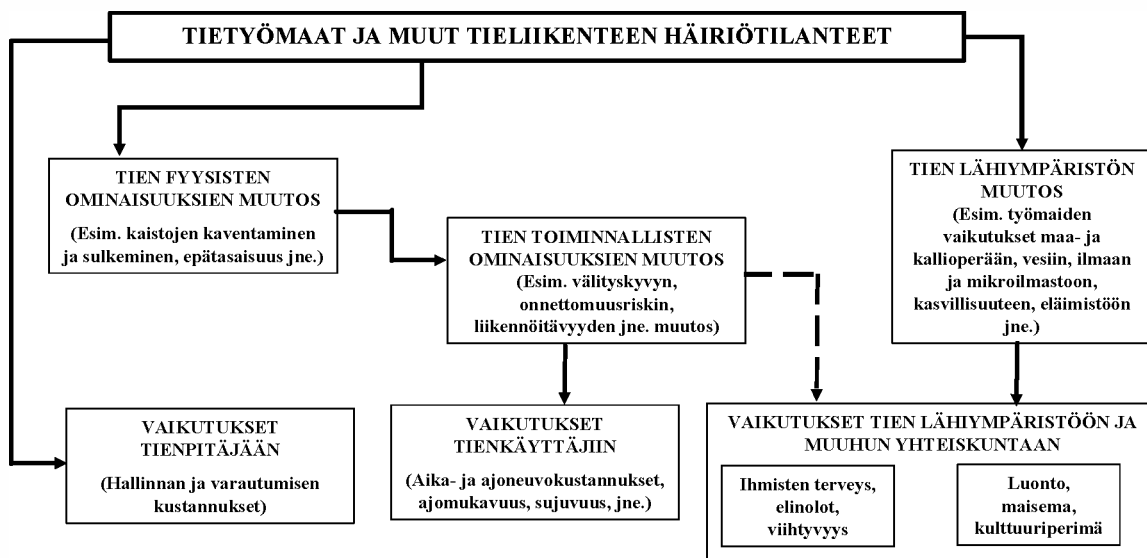
"Laajennusinvestoinnit ovat tienparantamishankkeita, jotka tehdään pääosin olemassa olevan tien päällä. Ne ovat yleensä pitkäkestoisia ja niissä on kaikkien aikaisemmin mainittujen työmaatyypin ominaisuuksia. Kiertotiet ovat tyypillisiä laajennusinvestoinneissa. Samoin teiden kavennukset sekä alennetut nopeusrajoitukset ovat yleisiä. Tien murskepintaisuudesta, kiertoteistä ym. erityisjärjestelyistä johtuen tien liikennöitävyys heikkenee. Kavennusten ja alennettujen nopeusrajoitusten takia välityskyky heikkenee oleellisesti ja onnettomuusriski kasvaa jonkin verran. Esimerkkeinä laajennusinvestoinneista ovat tien leventäminen ja rautateiden tasoristeysten poistaminen."

"Uusinvestoinnilla tarkoitetaan työmaata, joka sijaitsee pääosin olemassa olevan tiiverkon ulkopuolella. Työmaa aiheuttaa erityisjärjestelyjä nykyisen tien liityntäkohdissa. Lisäksi se voi vaikuttaa olemassa olevan tien liikennöitävyyteen esimerkiksi räjäytystyömaiden ja työmaata palvelevan liikenteen vuoksi. Liityntäkohdissa voi olla alennettuja nopeusrajoituksia ja tilapäisiä kiertoteitä, jotka heikentävät välityskykyä jonkin verran."

Suunnittelu- ja päätöksentekotilanteista häiriöiden vaikutusten selvittämisellä on merkitystä mm. toimenpidevaihtoehtojen vertailussa. "Yksittäisten hankkeiden arvioinnissa häiriöiden vaikutustiedon tarkkuusvaatimukset ovat suurimmat. Erialaisten toimenpide-, linjaus- yms. vaihtoehtojen vertailussa työmaiden häiriövaikutuksia ei kuitenkaan toistaiseksi tunneta kovinkaan tarkasti."

Työmaita koskeviin häiriötilanteisiin voidaan vaikuttaa ennakolta mm. työmaajärjestelyjä koskevan suunnittelun, rakentamista koskevien ehtojen ja rajoitusten sekä niiden rikkomista koskevien sanktioiden avulla.

Häiriötilanteiden vaikutusmekanismit on selvityksessä esitetty kuvan 1 mukaisena.



Kuva 1. Tieliikenteen häiriötilanteiden vaikutusmekanismit (Kalliokoski et al. 2004).

Merkittävimpien työmaiden (uus- ja laajennusinvestoinnit) vaikutusten arvioinnista selvityksessä on seuraava maininta:

”Uus- ja laajennusinvestoinneissa vaikutukset tienkäyttäjiiin vaihtelevat tapauskohtaisesti. Uusininvestoinneissa vaikutukset keskittyvät nykyisen tien liityntäkohdissa tarvittaviin järjestelyihin. Laajennusinvestoinneissa vaikutuksia syntyy usein koko työmaan alueella. Merkittävässä hankkeissa vaikutukset voidaan selvittää työmaa-aikaisten vaikutusten laskennalla esimerkiksi simuloinneilla tai erillisillä IVAR-tarkasteluilla. Laskenta voidaan tällöin tehdä samanaikaisesti hankkeen vaikutusten laskennan kanssa. Tämä voi olla tarpeen etenkin silloin, kun vertaillaan erilaisia vaihtoehtoisia rakentamiskäytösratkaisuja. Tienkäyttäjille aiheutuvia kustannuksia voidaan silloin verrata tienpitäjälle aiheutuviin kustannuksiin.”

Selvityksen suosituksina todetaan merkittävimiksi vaikutuksiksi viivytykset, jotka johtuvat joko liikenteen alemmista nopeusrajoituksista, ruuhkautumisesta tai liikenteen pysäyttämisestä sekä kiertoteistä. Polttoaineenkulutuksen ja päästöjen todetaan lisääntyvän eniten tilanteissa, joissa matkan pituus kasvaa. Näiden arvioimiseen on selvityksen mukaan käytettävissä erilaisia keinoja.

Onnettomuusriskin arvioimiseen ei ole vastaavia valmiita malleja, joten niiden osalta selvityksessä todetaan parhaaksi keinoiksi asiantuntija-arviot tai aiemmat kokemukset vastaavista tilanteista.

Selvityksessä on lisäksi tehty tapaustarkasteluja mikrosimulointiohjelmistolla, joissa tarkastellaan yksittäisen rajatun työmaakohteen vaikutuksia kaksi- tai nelikaistaisella tiellä. Seuraavia perustapauksia on käsitelty:

- kaistan sulkeminen kaksikaistaisella tiellä
- kaksi samansuuntaista kaistaa kavennetaan yhdeksi.

Tapaustarkasteluissa on arvioitu haitan suuruus eri liikennemäärillä ja häiriökohdan pituuksilla. Vaikutuksina on arvioitu keskimääräinen viivytys sekä polttoaineenkulutuksen kasvu ajoneuvoa kohti. Nämä on muunnettu myös ajokustannuksiksi vuoden 2000 yksikköhinnoilla. Vuotuiset kustannusmuutokset on määritetty normaalin ja korkean työmatkan tuntivaihtelun mukaisina.



**Kaistanvuokrausta** koskevan selvitystyön julkaisemattomissa raporteissa (Tiehallinto 2005, Kemppinen ja Tervonen 2005) kehitettiin menettelyjä, joilla pyritään minimoimaan rakentamisen aikaisia häiriöitä tienkäyttäjille. Menettelyn mukaan liikenteen haitat vähenevät, kun urakoitsija minimoi liikenteelle aiheutetun haitan kokonaiskestoja ja erityisesti liikennettä haittaavien toimenpiteiden kestoja sekä ajoittaa työmaatoimenpiteet sellaiseen ajankohtaan, että liikenteelle koituvat haitat ovat mahdollisimman vähäiset. Raporteissa on eritelty neljä erilaista tarkastelutilannetta seuraavasti:

- kaistan sulkeminen kaksikaistaisella tiellä
- ajokaistan sulkeminen monikaistaisella tiellä
- ajoradan sulkeminen monikaistaisella tiellä
- liikenteen lyhytaikainen pysäyttäminen kaksikaistaisella tiellä.

Kolmelle ensimmäiselle perustapaukselle on määritelty ajokustannuslisät eri tuntiliikennemäärille ja vuorokausiliikennemäärille sekä työmaan pituuksille. Vuorokausiliikennemäärätarkasteluissa on lisäksi erotettu kaksi erityyppistä tuntivaihtelutilannetta (normaali- ja työmatkapainotteinen jakauma). Neljännen tapauksen osalta tarkastellaan vain tuntiliikennemäärää ja pysäytyksen kestoja. Laskelmien ja niiden avulla tehtyjen nomogrammien taustalla on simuloinneilla saadut tulokset sekä vuoden 2000 ajokustannusjulkaisun arvot.

**Siltojen ajokustannusten** määrittämistä koskevassa selvityksessä (Ristikartano et al. 2009) on kartoitettu sekä kotimaiset että kansainväliset mallit, jotka soveltuvat siltoja koskeviin tarkasteluihin. Yksittäisten sillankorjaustoimenpiteiden tarkasteluun on kehitetty malleja, joilla voidaan arvioida vaihtoehtoisten liikennejärjestelyjen ja työmaan kestoajkojen vaikutusta ajokustannuksiin. Liikennejärjestelyinä ovat nopeusrajoituksen alentaminen, tilapäinen valo-ohjaus sekä kiertotie.

Selvityksessä malleja on täydennetty niin, että niiden avulla voidaan ottaa huomioon myös onnettomuus- ja ympäristökustannukset. Julkaisussa on myös laskentaesimerkki, jonka tuloksena on saatu taulukon 1 mukainen esimerkkilaskelma eri kustannuskomponenttien osuuksineen. Kehitetyt mallit soveltunevat sillankorjaustoimenpiteiden lisäksi myös muihin yksittäisiin toimenpiteisiin.

*Taulukko 1. Yksinkertaistetusta laskentaesimerkistä saadut tulokset sillankorjaustoimenpiteiden ajokustannusvaikutuksista (Tiehallinto 2009).*

Kustannuskomponentti	Työmaan aikaiset lisäkustannukset (€)		
	Malli 1 hidastaminen	Malli 2 hidastaminen ja valo-ohjaus	Malli 3 kiertotie
Aiakustannus, TC	61 000	169 000	208 000
Ajoneuvokustannus, VOC	12 000	16 000	64 000
<b>Käyttäjän kustannus, RUC</b>	<b>73 000</b>	<b>185 000</b>	<b>272 000</b>
Onnettomuuskustannus, AC	9 000	4 000	23 000
Ympäristökustannus, EC	2 000	2 000	9 000
Mukavuuskustannus, CC	3 000	8 000	10 000
<b>Kokonaiskustannus, RUC + AC + EC + CC</b>	<b>86 000</b>	<b>199 000</b>	<b>314 000</b>

Taulukon luvut kuvastavat selvästi sitä tosiasiaa, että aikakustannukset muodostavat suurimman osan (65 - 85 %) kokonaiskustannuksista. Ajoneuvokustannusten osuus on esimerkiksi 8- 20 % ja onnettomuuskustannusten osuus 2 -10 %. ympäristökustannuksille on saatu vain 1 - 3 %:n osuus.

**Ratahankkeen Lielähti-Kokemäki ns. kokonaisetutarkastelussa** (Liikennevirasto 2012, julkaisematon aineisto) arvioitiin rakentamisaajan pituuden rakentamisaikaisia vaikutuksia rautatieyrityksen ja matkustajien kannalta. Tarkasteltavina vaihtoehtoina olivat kaksi ja kolme vuotta kestävät rakennustyöt, joissa käytetään sekä 4 että 9 tunnin työrajoja. Molemmissa vaihtoehdoissa työrajojen yhteispituus oli noin 2300 tuntia. Selvityksessä vaikutuksia arvioitiin sekä Trafikverketin mallilla että VR:n asiantuntijoiden toimesta.

Vaikka rakentamistyö suunnitellaan poikkeuksellisesti tavaraliikenteen ehdoilla, selvityksen mukaan hankkeen suurimmat rakentamisaikaiset haitat aiheutuvat tavaraliikenteessä vaunujen ja veturien kalustokierron hidastumisen vuoksi. Rataosa on osa Tampereelta Raumalle ja Poriin johtavaa ns. pussinperärataa, minkä vuoksi vaunujen kierron on arvioitu hidastuvan noin yhdellä vuorokaudella.

Henkilöliikenteessä matkustajille aiheutuu pieniä viivytyksiä työrajojen aikaisten Tampereen ja Porin välisten junavuorojen korvaamisella busseilla. Tampereen ja Porin välillä liikennöidään sekä suorilla busseilla että kaikkien liikennepaikkojen kautta kulkevilla busseilla. Suorien bussien matka-aika ei poikkea juuri lainkaan junien nykyisestä matka-ajasta. Henkilöjunaliikenne on ostoliikennettä, jossa saavutettavat säästöt, korvaavien bussien kustannukset ja rautatieyrityksen lipputulojen vähentyminen vaikuttavat rautatieyritykselle maksettavan korvauksen suuruuteen. Kokonaisuutena yhteiskuntataloudellinen vaikutus jää vähäiseksi.

## 2.3 Ruotsi

Ruotsissa tiehankkeiden arviointia koskeva ohjeistus on koottu yhteen julkaisusarjaan "Effektsamband för vägtransportsystemet". Ohjeistuksen osassa Gemensamma förutsättningar" (Vägverket 2009a) ei edellytetä rakentamisen aikaisten vaikutusten laskemista tai niiden tarkastelua osana yhteiskuntataloudellista vertailua. Ainoat maininnat niistä sisältyvät ei rahamääräisiä vaikutuksia koskeviin tarkistuslistoihin ympäristön ja maankäytön osalta.

Osassa on myös käyty läpi arvioinnissa käytettävät ohjelmistot, joissa useissa (EVA, CAPCAL, Sampers, Samgods, PMS) on esitetty yksiselitteinen maininta, että ohjelmisto ei tarkastele mitään rakentamisen aikaisia vaikutuksia.

Julkaisusarjan rakentamista ja parantamista koskevassa osassa "Nybyggnad och förbättring, Effectkatalog" (Vägverket 2009b) rakentamisen aikaisia vaikutuksia käsitellään vain ympäristöä koskevassa luvussa. Siinäkin ei esitetä mitään arviointimenetelmiä.

Ratahankkeita koskevissa arviointiohjeissa (Banverket 2009) ei ole käsitelty rakentamisen aikaisia vaikutuksia.

## 2.4 Iso-Britannia

Isossa-Britanniassa tienhankkeiden vaikutuksia arvioidaan COBA11-ohjelmistolla, jossa kannattavuuslaskelmaa varten vertaillaan tienkäyttäjien hyötyjä ja hankkeiden kustannuksia. Ohjelmistoa täydentämään on laadittu QUADRO-ohjelma (QUeues And Delays at ROadworks), joka ottaa huomioon rakennuskustannusten lisäksi myös tienkäyttäjille tietyöstä aiheutuneet kustannukset. Ohjelmiston ja sen menetelmien toiminta on kuvattu Ison-Britannian liikenneministeriön (Department for Transport) julkaisusarjan ”Design Manual for Roads and Bridges: Volume 14” osassa ”Economic Assessment of Road maintenance”.

Ohjelmat ovat toisiaan täydentäviä, jolloin COBA arvioi HK-suhdetta ja QUADRO rakentamisen kustannustehokkuutta. QUADROlla voidaan myös vertailla erilaisten vaihtoehtoisten toimenpiteiden kokonaiskustannuksia ja valita edullisin ratkaisu minimoimalla rakennuskustannusten ja tienkäyttäjien kustannusten summaa koko elinkaaren ajalla. Kustannuksina käytetyt rahamäärät on ymmärrettävä ”valmiutena maksaa” eikä ”yhteiskunnallisina kustannuksina”. Suuri osa rakentamisen aikaisista kustannuksista syntyy niiden aiheuttamista viivytyksistä, jolloin on olennaista keskittyä niiden minimoimiseen.

QUADROa käytetään pääsääntöisesti väylillä, joilla on suuret liikennemäärät ja paljon raskasta liikennettä. Se on pääsääntöisesti laadittu maaseutualueille, mistä johtuen sen käyttö taajama-alueilla tehtävien toimenpiteiden aiheuttamien viivästysten määrittämiseen on epäluotettavampaa. Erityisesti risteykset ovat ohjelmistolle ongelmallisia. Ohjelmaa ei myöskään voi käyttää liikenteen hallinnan toimenpiteiden arvioimiseen mallien karkeuden vuoksi.

Ohjelman käyttökohteina ovat sekä kunnossapidon toimenpiteiden laajuuden ja ajoituksen arvioiminen että uusien tieinvestointien työnaikaisten vaikutusten arvioiminen. Kunnossapidon toimenpiteiden ja tienkäyttäjien kustannukset voidaan arvioida joko osaprojektikohtaisesti tai tien koko elinkaaren aikana. Ohjelman käytöstä saadaan tietoa esimerkiksi seuraaviin päätöksentekovaiheisiin: 1) elinkaaren kunnossapitoratkaisut, 2) oikean kunnossapitotyypin valinta, 3) kunnossapitotoimien ajoitus perustuen liikenneverkon ja liikennemäärien kehitykseen, 4) liikenteen hallinnan ratkaisut. Uusien tieinvestointien yhteydessä QUADRO määrittelee kunnossapidon elinkaarikustannukset käytettäväksi seuraavissa päätöksentekotilanteissa: 1) tiehankkeen kannattavuuden arviointi 2) vaihtoehtovertailut 3) tien rakenneratkaisujen arviointi 4) päällysteratkaisujen arviointi.

QUADRO laskennan perusosana on yksittäinen kunnossapidon toimenpide, joita summaamalla muodostetaan kunnossapitoprofiili, jonka kesto on pisimmillään 60 vuotta tien valmistumisesta. Erilaisina arvioitavina vaihtoehtoina voivat olla esimerkiksi seuraavat:

- ennaltaehkäisevä vai rakenteellinen kunnostustyö
- toistuvat pienet toimenpiteet vai isot kunnostustoimenpiteet
- arkipäivänä tehty työ, yötyö tai viikonlopputyö
- eripituiset urakat
- kerrallaan kunnostettavan tieosuuden pituus
- erilaiset liikenteen hallintamenetelmät ja kiertotievaihtoehdot.

Kokonaiskustannusten laskemiseksi käyttäjän on annettava rakentamis- ja kunnossapitokustannukset, tiedot tieverkosta, työmaasuunnitelma sekä liikennevirrat häiriötömässä tilanteessa. Ohjelma laskee tietöistä aiheutuvat liikennevirtojen muutokset ja niistä aiheutuvat aika- ajoneuvo- ja onnettomuuskustannukset. Tuloksista on luetavissa nopeuden muutokset, kiertoteiden käyttö, jonotusajat sekä käyttökustannukset ajoneuvotyypeittäin. Kokonaiskustannukset diskontataan tarkasteluvuodelle, jolloin eri ajanjaksoina toteutettavien toimenpiteiden tulokset ovat vertailukelpoisia.

Arvioitava liikenneverkko tutkitaan homogeenisten linkkien muodostamana kokonaisuutena, jossa tietyt on sidottu tietyille osuudelle. Työmaalle annetaan ominaisuuksina osuuden pituus, avoimet kaistat sekä etäisyys kiertotien risteykseen. Kiertotien määrittäminen tehdään paikallistietämykseen perustuen yhdistämällä mahdollisista vaihtoehdoista yksi kuvaava homogeeninen reitti. Ohjelma määrittelee liikennevirtojen muutokset työmaan ominaisuuksien perusteella. Liikennevirroissa otetaan huomioon kausi-, viikko- ja tuntivaihtelut ajoneuvotyypeittäin. Matkojen määrän ohjelma olettaa pysyvän samana vertailtavissa vaihtoehdoissa. Eri kustannuskomponentit määritellään Iso-Britanniassa käytetyillä periaatteilla.

QUADRO on tehokas ja tarkka arviointiohjelma, mutta se on laadittu paikallisiin olosuhteisiin ja pääosin kunnossapidon eri toimenpiteiden ja menetelmien vertailuun. Lähtötietojen on oltava vähintään tie- tai rakennussuunnittelutasoa, jolloin sen käyttö ei sovellu yleissuunnitelmatasoisten tarkastelujen tekemiseen osana hankearviointia. Ohjelma pitää kuitenkin sisällään ominaisuuksia, joita voidaan harkita käyttöön otettaviksi joko liikennemallitarkasteluissa (esim. EMME) tai uutta vaikutusten laskentaohjelmistoa kehitettäessä. Yksistään hankearviointia varten vastaavan tyyppistä ohjelmistoa ei kuitenkaan kannata kehittää, koska riittävä laskentatarkkuus on tehtävissä joko erillisillä arvioilla tai edellä esitetyissä kotimaisissa selvityksissä käytetyillä menetelmillä.

## 2.5 HDM 4

Maa- ja liikennealan kehittäjänä HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model) -ohjelmistosta on käytössä neljäs kehitysversio, jonka sisältö on kuvattu ”Highway development & management” julkaisusarjan osassa seitsemän ”Modelling road user and environmental effects in HDM-4”. Ohjelmistoa käytetään tienkäyttäjien kustannusten ja kunnossapidon standardien arviointiin. Sillä simuloidaan tien elinkaaren fyysistä ja taloudellista kehitystä käyttäjän määrittämällä strategioilla ja skenaarioilla. Ohjelmistolla voidaan nykyisin laskea myös tietöiden aiheuttamat käyttäjäkustannusten muutokset.

Käyttäjäkustannusten laskemisen kannalta ohjelmiston pääasialliset käyttökohteet ovat seuraavat:

- Investointitarpeiden arviointi strategisessa suunnittelussa, jossa otetaan huomioon mm. teiden pituudet, tieluokka, päällyste, päällysteen kunto sekä liikennekuormitus. Pääasiallisia tuloksia ovat arviot tieverkon pitkän- tai keskipitkän aikavälin budjetista, jossa otetaan huomioon päällysteen kuluminen sekä tienkäyttäjien kustannukset.
- Tietöiden ohjelmointia varten tehtävä kunnostus- ja parannustoimenpiteiden suunnittelu, jossa lasketaan nykyarvo ja kustannukset eri vaihtoehdoille. Tuloksena saadaan määritetyissä kustannusraameissa toteutettavissa oleva tien päällystys- ja parannustoimenpiteiden aikataulu.

- Projektitason arviointi, jota käytetään eri investointivaihtoehtojen taloudellisen tai toteuttamiskelpoisuuden vertailuun. Vertailussa otetaan huomioon tien tekniset ominaisuudet, käyttäjäkustannukset ja hyödyt. Projektianalyysi voidaan toteuttaa päällystystöiden, tienlevennyksen, geometristen parannusten ja uusien tieinvestointien yhteydessä.

Ohjelmistossa otetaan huomioon tietöiden vaikutukset liikenteeseen, käyttäjäkustannuksiin, päästöihin ja turvallisuuteen. Suurilla liikennemäärillä edellä mainittujen tekijöiden kustannukset kasvavat selvästi ja ne voivat siten vaikuttaa valittavaan menetelmään. Kalliimpi menetelmä, jolla minimoidaan käyttäjäkustannukset, voi usein olla kokonaistaloudellisesti edullisin.

Arvioitaessa työmaan vaikutuksia, ohjelmisto käyttää lähtötietoina mm. seuraavia tekijöitä:

- toimenpiteen kesto ja vuorokaudenaika
- liikennemäärä (autoa/vrk tai autoa/t)
- tien välityskyky normaalissa ja työmaatilanteessa.

Tienkäyttäjien kustannusten laskemisessa (jopa 16 erilaista ajoneuvotyyppiä) käytetään mm. seuraavia laskentamalleja:

- nopeusmallit vapaan- ja ruuhkautuneen virran tapauksissa
- mallit polttoaineenkulutukselle, renkaiden kulumiselle, autojen arvonalennukselle ja korjaus- ja varaosatarpeille.

Välityskyvyn laskusta aiheutuu käyttäjälle nopeuden laskua ja siihen liittyviä kiihdytyksiä, hidastuksia ja kasvavia matka-aikoja sekä niihin liittyvää jonoutumista. HDM-malli ei tarkastele mahdollisia vaihtoehtoisia reittejä. Ohjelman sisältämä simulointimalli (ROADWORK) generoi jokaiselle työmaa-alueelle saapuvalla ajoneuvolle saapumisajan ja laskee työmaan kapasiteetin ja ominaisuuksien avulla ajoneuvon poistumisajan. Ohjelma määrittelee liikennemääristä ja välityskyvystä riippuen, joutuuko ajoneuvo pysähtymään vai pääseekö se ajamaan alennetulla nopeudella työmaan läpi. Simulointi ottaa huomioon seuraavat tekijät:

- työmaa-alueen välityskyky, johon vaikuttavat kaistaleveydet, poikkileikkauksen vapaan tilan mitat, tien kaltevuus, tien suuntaus, ajoneuvotyyppi ja tien kunto ja päällysteen tyyppi ja karkeus
- liikennemäärien tuntivaihtelu ja liikennetiheys.

Näiden tietojen perusteella ohjelmisto laskee keskimääräisen jonon pituuden ja viivytyksen, joiden avulla edelleen käyttäjälle aiheutuneiden kustannusten lisääntymisen. Simuloinnin tuloksia voidaan hyödyntää suoraan HDM-4 ohjelmassa.

HDM-ohjelmistoa on käytetty jossain määrin myös Suomessa, mutta sen soveltuvuus ei ole ollut kovin hyvä. Ohjelmiston lukuisat laskentamallit on sovitettu pääosin kehitysmaiden olosuhteisiin, jolloin niiden kalibrointi suomalaisiin olosuhteisiin on osoittautunut haasteelliseksi. Vaikka ohjelmiston sisältämä simulointimalli olisikin hyödyllinen, ei ohjelmiston käyttö ole perusteltua ainakaan pelkästään hankearviointien kannalta. Rakentamisen aikaisten kustannusten arvioinneissa voidaan tarvittaessa käyttää Suomessa yleisesti käytettyjä erillisiä simulointiohjelmistoja.

## 2.6 Muut ulkomaiset aineistot

Rakentamisen aikaisten vaikutusten laskennallisista arviointimenetelmistä on tietoa saatavilla rajallisesti. Yleisenä ajatustapana on, että työmaiden rakentamisen aikaisten vaikutusten huomioon ottaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on kannattavaa, koska siten voidaan vaikuttaa parhaiten ongelmien minimoimiseen sekä säästää hankkeiden kokonaiskustannuksissa. Ohjeistukset tähän ovat usein erittäin käytännönläheisiä.

Kansainvälisiä esimerkkejä tutkittaessa huomattiin, että arvioinnit lopetetaan pääsääntöisesti vaiheeseen, jossa eri vaikutukset ja osalliset on saatu tunnistettua määrittämättä vaikutuksille arvoa. Useissa lähteissä työmaa-alueita käsitellään pääasiasa turvallisuuden ja viivytysten näkökulmista, muuttamatta kuitenkaan vaikutuksia kustannuksiksi. Vaikutusten vähentämiseen käytettäviä menetelmiä, sekä joitakin arviointiohjeita, on saatavilla esimerkiksi Yhdysvaltain liikenneministeriön raporteista. Monissa raporteissa ja tutkimuksissa jo aiemmin esitetyt menetelmät, HDM ja QUADRO, nousevat käyttäjäkustannusten arvioinneissa esiin.

## 3 Tiehankkeiden rakentamisen aikaiset vaikutukset

### 3.1 Yleistä

Tiehankkeita koskevat esimerkkitarkastelut on tehty neljästä joko vuonna 2011 valmistuneesta tai vuonna 2012 valmistuvasta hankkeesta. Vaikka kysymyksessä ovat todelliset hankkeet, ei esimerkkilaskelmia ole tehty kattavina tarkasteluina. Niiden osalta on toisaalta pyritty kokeilemaan erilaisia laskentamenetelmiä ja toisaalta käytetty hyväksi joko ennen rakentamista tiedossa olleita suunnitelmia liikennejärjestelyistä tai työn aikana käytettyjä todellisia liikennejärjestelyjä.

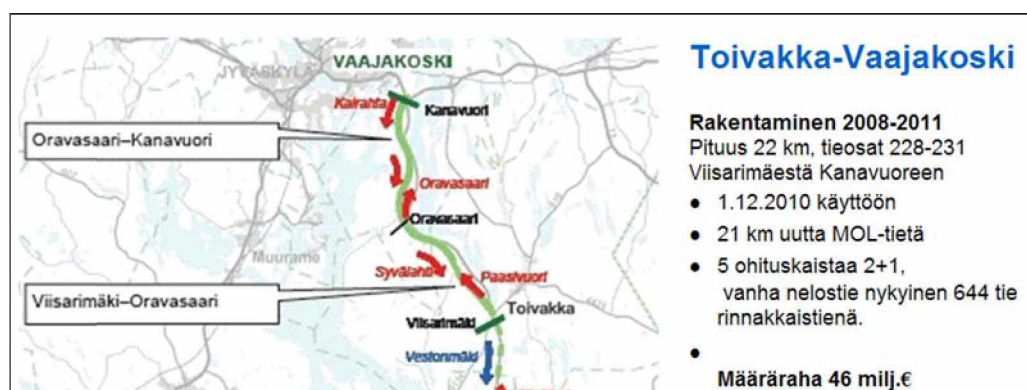
Esimerkkitarkastelujen tavoitteena on ollut testata erilaisia laskentamenetelmien että käytettävissä olevien lähtötietojen merkitystä rakentamisen aikaisten kustannusten arvioinnissa. Siksi jokaista tarkastelua on täydennetty hankekohtaisella herkkyystarastelulla, joiden pohjalta on mahdollista arvioida erilaisten epävarmuustekijöiden merkitystä tuloksiin. Kaikista hankkeista on pyritty muodostamaan vertailukelpoiset tulokset, jolloin niitä voidaan verrata sekä toisiinsa että myös ratakankkeita koskevien tarkastelujen tuloksiin.

### 3.2 Valtatie 4 välillä Toivakka - Vaajakoski

#### 3.2.1 Kohde ja tehdyt toimenpiteet

Hanke liittyy osana laajempaan hankekokonaisuuteen valtatie 4 parantamiseksi välillä Lusi - Vaajakoski. Tarkasteltavana olleen osavälin Toivakka - Kanavuori rakentaminen on aloitettu syksyllä 2008 ja se on otettu liikenteelle joulukuussa 2010. Lusi - Hartola väli on rakennettu vuosina 2007 - 2010 ja Joutsa - Toivakka väli 2009 - 2011.

Tarkastellussa osahankkeessa tie rakennettiin uuteen maastokäytävään noin 21 kilometrin matkalla. Välille on rakennettu keskikaiteellisia ohituskaistoja sekä kaksi eritasoliittymää, joista toinen välin eteläpään ja toinen keskiosalle. Pohjoispäässä hanke liittyy Kanavuoren kiertoliittymään (Vt 4 / Vt 9) Kuvassa 2 on esitetty hankkeen sijainti.



Kuva 2. Yleiskuva valtatie 4 esimerkkihankkeesta.

Hankkeen tarkasteluissa on ollut käytettävissä mm. aiemmin yleissuunnitelman yhteydessä tehdyt osavälin taloudelliset laskelmat, projektin työnaikaiset liikenteen ohjaussuunnitelmat sekä työmaapäiväkirja.

Projektin päiväkirjaa ei juurikaan voida käyttää hyväksi työnaikaisten liikenteellisten vaikutusten arvioinnissa. Päiväkirjassa on kyllä esitetty eri työvaiheita, mutta merkkien avulla ei voida arvioida niiden vaikutusta liikenteeseen. Hankkeen yhteydessä tehtyjen työnaikaisten liikenteenohjaussuunnitelmien avulla voidaan kuitenkin arvioida vaikutuksista liikenteeseen.

Kohteen eteläpäässä, missä uusi ja vanha tielinja liittyvät, olivat työnaikaiset erityisjärjestelyt suurimmat. Kohteessa aiemman nelostien liikenne ohjattiin kiertotielle. Tehdyn tiedotteen perusteella järjestelyjen oletettiin olevan voimassa noin vuoden. Matkapituus sekä vanhaan että uuteen tielinjaan nähden kasvoi noin kilometrillä. Kiertotien nopeusrajoitus oli pääosin 50 km/h ja joissain liittymäkohdissa 30 km/h. Ennen työmaata nopeusrajoitus oli ollut liittymäkohtaa lukuun ottamatta 80 km/h. Paikallis- ja kaukoliikenteen pysäkkien sijainnit muuttuivat kiertotievaiheen ajaksi. Työmaa vaikutti nelostien liikenteen lisäksi tien 6134 Toivakka - Rutalahti liikenteeseen jonka 80 km/h nopeusrajoitus laskettiin 50 km/h noin kilometrin matkalla.

Tielinjat yhtyvät pohjoispäässä Kanavuoren alueella. Liikenteen ohjausjärjestelyt muuttuivat työmaan edetessä. Vaiheiden muutokset eivät oletetusti aiheuttaneet katkoksia liikenteeseen. Nopeusrajoitus laskettiin 50 kilometriin tunnissa ja myöhemmässä vaiheessa oli rajoituksena 30 km/h. Järjestelyt kohdistuivat kaikkiin valtatie 4 käyttäjiin.

Vanhalla valtatie 4 linjauksella oli maansiirtokuljetusten vuoksi kaksi aluetta (n. 3 km ja n. 2 km), joilla nopeusrajoitus alennettiin kuljetusten ajaksi 80 km/h -> 50 km/h. Tarkempaa tietoa näiden töiden kestosta ja ajoituksista ei ole. Maansiirtokuljetukset häiritsevät myös neljän risteävän tien liittymiä, mutta näiden teiden liikennemäärät olivat vähäisiä.

Projektialueella oli lisäksi kahdeksan kohtaa, joissa siltatöiden ajan käytettiin työnaikaisia kiertoteitä uuden tielinjauksen ylittämiseen. Näistä Oravasaaren, Majalahden ja Liinalammen siltatyömailla oli jonkinlaista liikenteellistä vaikutusta, muilla kohdilla liikennemäärät olivat erittäin pieniä.

### **3.2.2 Rakentamisen aikaiset haitat**

Lähin liikenteen automaattinen laskentapiste (LAM 929, Hupeli) sijaitsee osuuden pohjoispuolella tiesamalla 232, jolloin se tiedot sisältävät myös valtatie 9 liikennemäärät. KVL-tason tiedoista ei pysty erottelemaan mahdollisia siirtymiä muille valta-tille, joten niitä ei tässä erikseen tarkastella.

Onnettomuustarkastelussa käytiin läpi vuosina 2006 - 2010 (ja osin 2011) tierekisteihin merkityt onnettomuudet sekä valtatie 4 että rinnakkaistieksi muutetun maantien 644 osalta. Ennen työmaan aloittamista välillä oli tapahtunut keskimäärin 17,4 onnettomuutta vuodessa, joista henkilövahinkoihin oli johtanut 3,8 onnettomuutta vuodessa, josta kuollut 2 henkeä vain vähän ennen työmaan aloittamista. Työmaan keston aikana (syksy 2008 - syksy 2011) oli tapahtunut 23,7 onnettomuutta vuodessa, joista henkilövahinko-onnettomuuksia oli 1,7 onnettomuutta vuodessa. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia ei ollut sattunut. Vain yksi henkilövahinko-onnettomuus oli merkitty tie-



työ-koodilla. Aineiston perusteella ei ollut syytä muuttaa IVAR-ohjelmistolla tehtyjä onnettomuustarkasteluja.

Rakentamisen aikaisia vaikutuksia arvioitiin sekä aiemmin tehtyjen taloudellisten laskelmien että uusien tierekisteritietojen pohjalta. Merkittävimmät vaikutukset syntyivät eteläpään kiertotiestä. Sen lisäksi laskelmaan otettiin mukaan pohjoispään liittymäratkaisut, mutta ei muita edellä arvioituja toimenpiteitä. Vaikutusten arvioitiin kestäneen vuoden verran. Tarkastelut tehtiin kahdelle eripituiselle kiertotiejärjestelylle, jolloin voidaan arvioida erikseen yksittäisen kiertotiepitäyden merkitystä. Kiertotievaihtoehtoina olivat eritasoliittymäratkaisulle tyypillinen noin 300 metrin kiertotie sekä hankkeessa rakennetun uuden rinnakkaisyhteyden muodostama 1000 metrin kiertotie. Seuraavassa taulukossa on esitetty laskennalliset haitat ja hyödyt.

Taulukko 2. Rakentamisen aikaiset haitat valtatie 4 esimerkkihankkeessa.

Kustannuserä	Ensimmäisen vuoden hyöty M€/v	Lisäkustannus rakentamisajalta M€/v		Lisäkustannus / 1. vuoden hyöty	
		kierto 300 m	kierto 1000 m	kierto 300 m	kierto 1000 m
Ajoneuvokustannukset	0,24	0,77	0,95	3,27	3,99
Aikakustannukset	2,07	2,39	2,83	1,16	1,37
Onnettomuuskustannukset	0,57	0,21	0,26	0,37	0,46
Ympäristökustannukset	0,02	0,10	0,12	4,39	5,02
<b>Yhteensä</b>	<b>2,89</b>	<b>3,48</b>	<b>4,15</b>	<b>1,20</b>	<b>1,44</b>

Laskelmien tuloksena voidaan arvioida, että rakentamisen aikaiset haitat vastaavat suuruusluokaltaan 1,2 - 1,5 -kertaisesti ensimmäisen vuoden hyötyjä. Aikakustannusten merkitys oli ratkaiseva.

Esimerkissä hankkeen kokonaisyödyiksi laskettiin nykyisillä laskentaperusteilla 56,7 M€ ja rakennuskustannuksiksi korkoineen 48,8 M€, jolloin HK-suhde ilman rakentamisen aikaisia haittoja oli 1,16. Jos rakentamisen aikaiset haitat 3,48 M€ tai 4,15 M€ kiertotiepitäydestä riippuen otetaan huomioon, saadaan HK-suhteeksi 1,09 tai 1,07.

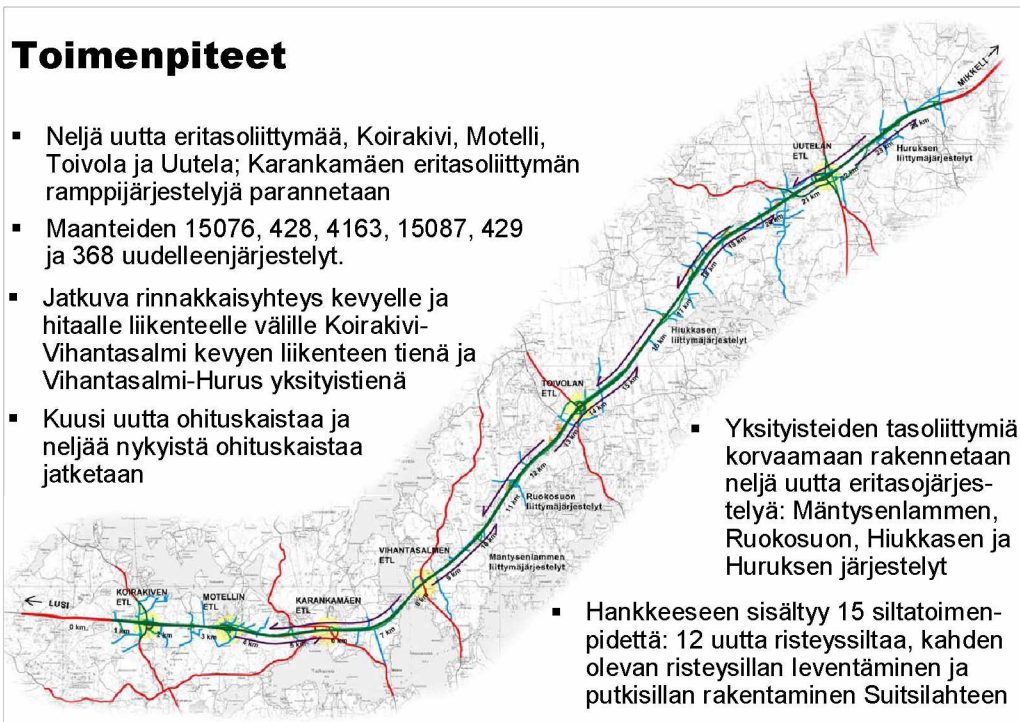
Arvioidut rakentamisen aikaiset haitat ovat esimerkiksi 7,6 - 9,0 % varsinaisista rakennuskustannuksista.

## 3.3 Valtatie 5 välillä Koirakivi - Hurus

### 3.3.1 Kohde ja tehdyt toimenpiteet

Hanke on osa valtatieparantamista välillä Lusi - Mikkeli. Tarkasteltavana oleva välin Koirakivi - Hurus rakentaminen on aloitettu kesäkuussa 2009 ja se on valmistunut kokonaisuudessaan joulukuussa 2011. Liikenteelle osuus on otettu vaiheittain vuosina 2010 - 2011. Hankkeessa rakennettiin yksiajorataista, ohituskaistoilla ja jatkuvalla keskikaiteella varustettua valtatieta noin 24 km:n pituudelta joko nykyisen tien viereen tai nykyistä tietä leventämällä. Lisäksi tehtiin neljä uutta maanteiden eritasoliittymää ja neljä eritasojärjestelyä yksityisteitä varten, sillä keskikaiteen vuoksi yksityistie-liittymistä voi käntyä vain oikealle.

Koko matkalle tuli kevyttä liikennettä ja hidasta paikallista liikennettä varten yhtenäisen rinnakkainen tie joko kevyen liikenteen väylänä tai yksityistienä. Uusia ohituskaistoja rakennettiin kuusi kappaletta ja neljää nykyistä jatkettiin. Riista-aita rakennettiin koko matkalle ja siltoja tehtiin 15 kpl, joista yksi on tarkoitettu riistan alikulkuun. Melusuojausta parannettiin. Hankkeen kustannusarvio oli 42 M€. Kuvassa 3 on esitetty hankkeen toimenpiteet ja niiden sijoittuminen.



Kuva 3. Yleiskuva valtatie 5 esimerkkihankkeesta.

Hankkeen rakentamiseen aikaisten vaikutusten arviointia varten oli käytävissä hankkeen suunnitelmätietoja sekä liikennekeskukseen ilmoitettuja tietoja liikennettä häiritsevästä työvaiheista. Näitä hyödynnettiin seuraavasti:

- Nopeusrajoituksia lasketaan 100 km/h -> 80 km/h kymmenen kilometrin matkalla 16,5 kk:n ajaksi. Samana aikana suoritetaan räjäytyksiä, joiden maksimikestoksi ilmoitetaan 12 minuuttia.
- Kiertoteiden käyttöä on jaksotettu, jolloin niiden vaikutuksia voidaan käsitellä seuraavissa vaiheissa.
  1. Tieosat 118/3300 - 120/4100, 10 kk ajalla 8/09 - 4/10. Nopeusrajoitus n. 4.2 km matkalla 80 km/h -> 50 km/h.
  2. Tieosat 119/0 - 120/4100, 4 kk ajalla 4/10 - 9/10. Nopeusrajoitus n. 5.3 km matkalla 80 km/h -> 50 km/h. Yhden kiertotien lisäpituus 300 m ja toisen yhteydessä on arvioitu lisäviiveeksi 1 min.
  3. Tieosa 121/0 - 121/600, 11 kk ajalla 11/10 - 9/11. Nopeusrajoitus 0.6 km matkalla 80 km/h -> 50 km/h.
  4. Tieosa 117/3000 - 117/4000, 1 kk ajalla 8/11 - 9/11. Nopeusrajoitus 50 km/h.

Kiertotiet ja rajoitukset aiheutuivat joko rakentamisen aiheuttamista esteistä, kiertotien tarpeista tai työvaiheiden vaatimasta lisätilasta ja kaistojen kaventamisista.

### 3.3.2 Rakentamisen aikaiset haitat

Lähin LAM-piste (630 Kuortti) sijaitsee osuuden länsipuolella tieosalla 116, jolloin sen liikennemäärän kehitys vastanee varsin hyvin osuuden liikennemääriä. KVL-tason tiedoista ei kuitenkaan pysty erottelamaan mahdollisia siirtymiä muille valta-teille, eikä niitä siksi ole erikseen tarkasteltu.

Onnettomuustarkastelussa käytiin läpi vuosina 2006 - 2010 (osin vuosi 2011) tierekisteriin merkityt onnettomuudet valtatie 5 osalta. Ennen työmaan aloittamista välillä oli tapahtunut keskimäärin 20,5 onnettomuutta vuodessa, joista henkilövahinkoihin oli johtanut 4,3 onn/vuosi. Onnettomuuksissa oli kuollut 1 henkilö. Työmaan keston aikana (kesä 2009 - syksy 2011) oli tapahtunut 21,7 onnettomuutta vuodessa, joista henkilövahinko-onnettomuuksia oli 2,7 onn/vuosi. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia oli sattunut kaksi. Noin puolet onnettomuuksista oli merkitty tietyö-koodilla. Aineiston perusteella ei ollut syytä muuttaa IVAR-ohjelmistolla tehtyjä onnettomuustarkasteluja.

Rakentamisen aikaisia vaikutuksia arvioitiin sekä aiemmin tehtyjen yhteysvälitarkastelujen että uusien tierekisteritietojen pohjalta. Käytettävissä ei kuitenkaan ollut hankkeelle tehtyjä varsinaisia taloudellisia laskelmia. Hankekortin mukaan koko yhteysvälin HK-suhde on 1,7, mutta siitä ei käy selville tämän osavälin tunnuslukuja. Merkittävimmät vaikutukset syntyivät nopeusrajoitusten alentamisista. Kiertoteiden vaikutukset jäivät varsin vähäisiksi, koska niiden aiheuttama matkan pidennys oli vähäinen. Vaikutusten arvioinnissa kaikki tarkastellut toimenpiteet muunnettiin pituudeltaan sellaisiksi että ne saadut tulokset vastasivat vuoden aikana syntyneitä lisäkustannuksia. Esimerkiksi 4 kuukautta kestäneen toimenpiteen vaikutusalueesta otettiin tarkasteluun vain kolmasosa (4 kk/12 kk).

Räjätystöiden aiheuttamien liikennekatkojen vaikutukset on arvioitu erikseen ja niiden vaikutus on otettu mukaan herkkyytstarkasteluna, koska niiden ajoituksista ei ollut riittävästi tietoa. Tarkka räjäytysten luku oli hankkeella 464 kpl ja laskennassa käytettiin kaikille 12 minuutin pituista katkoa ja tuntiliikennemäärän arvioitiin näiden aikana olevan 8 % KVL-arvosta. Katkoista laskettiin mukaan vain lisääntyneet aikakustannukset.

Seuraavassa taulukossa on esitetty laskennalliset haitat ja hyödyt.

Taulukko 3. Rakentamisen aikaiset haitat valtatie 5 esimerkkihankkeessa.

Kustannuserä	Ensimmäisen vuoden hyöty M€/v	Lisäkustannus rakentamisajalta M€/v		Lisäkustannus / 1. vuoden hyöty	
		ei pysäytyksiä	pysäyt. mukana	ei pysäytyksiä	pysäyt. mukana
Ajoneuvokustannukset	0,26	0,31	0,31	1,17	1,17
Aikakustannukset	1,08	2,77	3,23	2,57	2,99
Onnettomuuskustannukset	1,31	0,08	0,08	0,07	0,07
Ympäristökustannukset	0,01	0,01	0,01	1,06	1,06
<b>Yhteensä</b>	<b>2,66</b>	<b>3,17</b>	<b>3,63</b>	<b>1,19</b>	<b>1,37</b>

Laskelmien tuloksena voidaan arvioida, että rakentamisen aikaiset haitat vastasivat suuruusluokaltaan 1,2 - 1,4 -kertaisesti ensimmäisen vuoden hyötyjä. Haitoista lähes 90 % muodostui aikakustannuksista.

Esimerkissä hankkeen kokonaishyödyiksi laskettiin nykyisillä laskentaperusteilla 67,2 M€ ja rakennuskustannuksiksi korkoineen 43,7 M€, jolloin HK-suhde ilman rakentamisen aikaisia haittoja oli 1,54. Jos rakentamisen aikaiset haitat 3,17 M€ (ilman pysäytysten haittoja) tai 3,63 M€ (sisältää pysäytysten haitat) otetaan huomioon, saadaan HK-suhteeksi 1,43 tai 1,42.

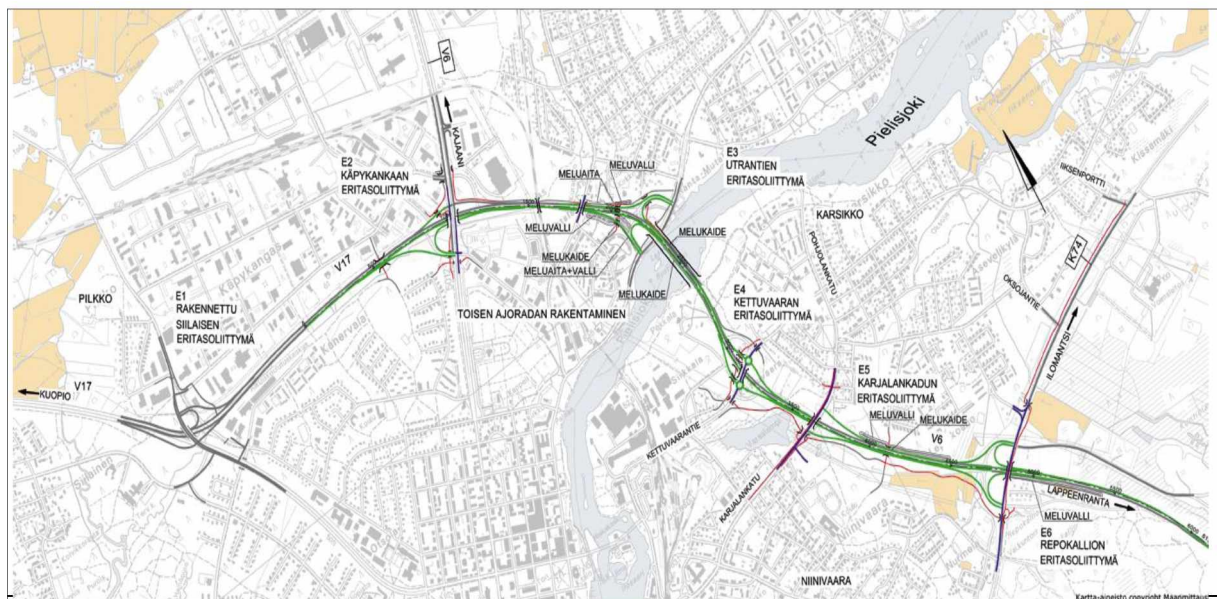
Arvioidut rakentamisen aikaiset haitat ovat esimerkissä 7,6 - 8,7 % varsinaisista rakennuskustannuksista.

## 3.4 Vt 6 ja Vt 9 Joensuun kehätie

### 3.4.1 Kohde ja sen toimenpiteet

Joensuun kehätie muodostuu nykyisin valtateistä 6 ja 9 (vt 9 on aiemmin ollut vt 17). Kehätie välittää sekä pitkämatkaista että paikallista liikennettä ja sen liikennemäärä vuorokaudessa on 10 200 – 20 900 autoa. Joensuun ympäristön maankäytön kehittyessä kehätien liikenne tulee kasvamaan. Kehätie on päätetty parantaa 4-kaistaiseksi, kaksiajorataiseksi, eritasoliittymän varustetuksi valtatieksi, jolla nopeusrajoitus on 80 km/h. Aiemmin yksiajorataisella tiellä nopeusrajoitus on sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden vuoksi ollut pääosin 60 km/h. Hankkeen tavoitteena on kehätien sujuvuuden ja turvallisuuden merkittävä parantaminen.

Parannettavan tieosan pituus on noin 6 km. Lisäksi rakennetaan yhteensä 7 km kevyen liikenteen väyliä ja tehdään ramppimuutoksia 8,4 km matkalla. Hankkeeseen sisältyy uusi Karjalankadun eritasoliittymä ja kolmen nykyisen parantaminen. Työ sisältää useita siltojen uudis-, korjaus- ja purkutoimia. Suurin silloista on 450 metriä pitkä Pielisjoen ylittävä Pekkalan silta, jossa nykyisen sillan viereen tehdään uusi silta. Melusuojausta toteutetaan useilla kohdilla. Hankkeen kustannusarvio on 35 M€ ja Joensuun kaupungin osuus hankkeen rahoituksesta on 4,5 M€.



Kuva 4. Yleiskuva Joensuun kehätien esimerkkihankkeesta.

Työt alkoivat maaliskuun 2010 alussa ja työn valmistumisajaksi on arvioitu 30.11.2012, jolloin kesto olisi yhteensä 33 kk. Rakentamisen todetaan aiheuttavan haittaa alueen katu- ja tiEVERKOLLA. Liikenteen keskellä rakennettavat eritasoliittymät vaativat monivaiheisia poikkeavia liikennejärjestelyjä. Valtatien nopeusrajoitus on yleisesti 60 km/h ja työn alla olevissa kohteissa joko 50 km/h tai 30 km/h. Valtatien työaikaiset liittymät hidastavat myös valtatieä risteävää liikennettä. Kehätien rakentamisen vuoksi joudutaan ottamaan kiertoteitä käyttöön. Rakentaminen aiheuttaa haittaa myös kevyelle liikenteelle. Liikennejärjestelyjen opastukseen, toteutukseen ja niiden valvontaan on projektissa kiinnitetty erityistä huomiota.

Koska kehätien toisen ajoradan rakentaminen tehdään pääasiallisesti nykyisen ajoradan rinnalla, rakentamisen aikaiset vaikutukset on eroteltavissa seuraaviin merkittäviin liittymä- tai rakennuskohteisiin:

- Käpykankaan liittymässä risteävän tien poikkileikkaus joudutaan kaventamaan 2+1 -kaistaiseksi. Sujuvuuden varmistamiseksi risteävän tien kaksi valo-ohjattua ramppiliittymää korvataan suuntaisliittymällä sekä kahdella kiertoliittymällä, joista toinen on kehätiellä. Ratkaisuun liittyy myös suurin epävarmuus rakentamisen aikaisista haitoista koko hankkeen osalta, koska eritasoliittymä on selvästi muita liittymiä vilkkaampi. Työvaiheen kesto on kaikkiaan 11 kuukautta.
- Utrantien liittymässä suurimmat haitat aiheutuvat risteävällä liikenteelle, koska Pekkalan sillan rakentamisen vuoksi yksi sen kaistoista suljetaan ja nopeusrajoitus alennetaan 30 km/h rakennustöiden ajaksi. Työvaiheen kesto on kolme kuukautta.
- Kettuvaaran liittymässä nykyinen liittymäsilta joudutaan uusimaan. Sekä valtatie että risteävän tien liikenne ohjataan ramppijärjestelyjen avulla muodostetun ison kiertoliittymän kautta. Nopeusrajoitus liittymäalueella on rakennustöiden aikana 30 km/h. Työvaiheen kesto on viisi kuukautta.
- Karjalankadun liittymässä aiempi valo-ohjattu liittymä siirretään uuteen paikkaan risteyssillan rakentamisen ajaksi. Muut vaikutukset ovat vähäisiä. Työvaiheen kesto on 14 kuukautta.

- Repokallion liittymässä täydennetään ramppiratkaisuja. Vaikutukset johtuvat lähinnä nopeusrajoitusten laskemisista. Työvaiheen kesto on viisi kuukautta.
- Nurmeksentien risteyssilta joudutaan sulkemaan, jolloin Nurmeksentien liikenne ohjaamaan kiertoteinä toimiville muulle katu- ja tieverkolle. Lisäpituus on noin 500 metriä. Työvaiheen kesto on viisi kuukautta.

Lisäksi projektialueella on useita muutamia päiviä kestäviä häiriöitä, jotka joutuvat kriittisistä työvaiheista, ja aiheuttavat kaistan sulkemisia. Tällöin liikennettä hoiedaan ohjaamalla liikennettä. Alueen asukkaita on tiedottamalla kehotettu välttämään liikkumista näinä aikoina.

### 3.4.2 Rakentamisen aikaiset haitat

Liikennemäärien mahdollisista muutoksista kehätieltä muulle tie- tai katuverkolle ei ole käytettävissä tietoja. Tämän tyyppiset muutokset ovat kuitenkin hyvin todennäköisiä kaupunkiseudulla tehtävissä hankkeissa. Vaikutukseltaan ne voivat joko lisätä tai vähentää rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia riippuen vaihtoehdoisen verkon kuormituksesta.

Onnettomuustarkasteluihin otettiin mukaan vain valtateillä 6 ja 9 tapahtuneet onnettomuudet. Tarkasteluaikana 2006 - 2010 (osittain myös vuosi 2011) välillä tapahtui yhteensä 185 onnettomuutta, joista 21 oli henkilövahinko-onnettomuuksia. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia oli yksi (yksittäisonnettomuus työmaan aikana). Tietyömaaolosuhde oli koodattu 28 onnettomuuden kohdalle eli noin puoleen työmaan ajan onnettomuuksiin. Ennen työmaan aloittamista tapahtui keskimäärin 31 onnettomuutta vuodessa (3 heva-onnettomuutta). Työmaan aikana onnettomuusmäärä oli sekin noin 31 onnettomuutta vuosittain (runsas 4 heva-onnettomuutta). Onnettomuusmäärät näyttävät pysyneet ennallaan, mutta vuosittainen heva-onnettomuuksien määrä aineistossa on 50 % suurempi työmaan aikana kuin ennen sitä. Vaikkakin aineiston kattavuus on vähäinen, on rakentamisaikaisten kustannusten laskelmissa korotettu päätien vuosittaisia onnettomuuskustannuksia 30 %:lla työmaan ajalta.

Hankkeen rakentamisen aikaiset haitat arvioitiin hankkeen luonteesta ja rakentamisvaiheista johtuen liittymäkohtaisilla tarkasteluilla edellä mainittujen kuuden liittymäkohteen avulla. Herkkyystarkasteluna on sivuteiden osalta tärkeimmän liittymäkohteen (Käpykangas) vaikutukset kaksinkertaistettu. Seuraavassa taulukossa on esitetty laskennalliset haitat ja hyödyt.

Taulukko 4. Rakentamisen aikaiset haitat Joensuun kehätien esimerkkihankkeessa.

Kustannuserä	Ensimmäisen vuoden hyöty M€/v	Lisäkustannus rakentamisajalta M€/v		Lisäkustannus / 1. vuoden hyöty	
		Perustilanne	Herkkyys	Perustilanne	Herkkyys
Ajoneuvokustannukset	0,42	0,23	0,40	0,55	0,95
Aikakustannukset	2,93	1,52	2,48	0,52	0,84
Onnettomuuskustannukset	0,98	0,95	0,95	0,97	0,97
Ympäristökustannukset	0,00	0,03	0,04		
<b>Yhteensä</b>	<b>4,33</b>	<b>2,72</b>	<b>3,87</b>	<b>0,63</b>	<b>0,89</b>

Laskelmien tuloksena voidaan arvioida, että rakentamisen aikaiset haitat vastasivat suuruusluokaltaan 0,6 - 0,9 -kertaisesti ensimmäisen vuoden hyötyjä. Laskennallisista haitoista noin kolmasosa muodostui onnettomuuskustannuksista.

Esimerkissä hankkeen kokonaishyödyiksi laskettiin nykyisillä laskentaperusteilla 130,5 M€ ja rakennuskustannuksiksi korkoineen 37,1 M€, jolloin HK-suhde ilman rakentamisen aikaisia haittoja oli 3,51. Jos rakentamisen aikaiset haitat 2,72 M€ (ilman herkkyystarkasteluja) tai 3,85 M€ (herkkyystarkastelujen kanssa) otetaan huomioon, saadaan HK-suhteeksi 3,27 tai 3,18.

Arvioidut rakentamisen aikaiset haitat ovat esimerkissä 7,8 - 11,0 % varsinaisista rakennuskustannuksista.

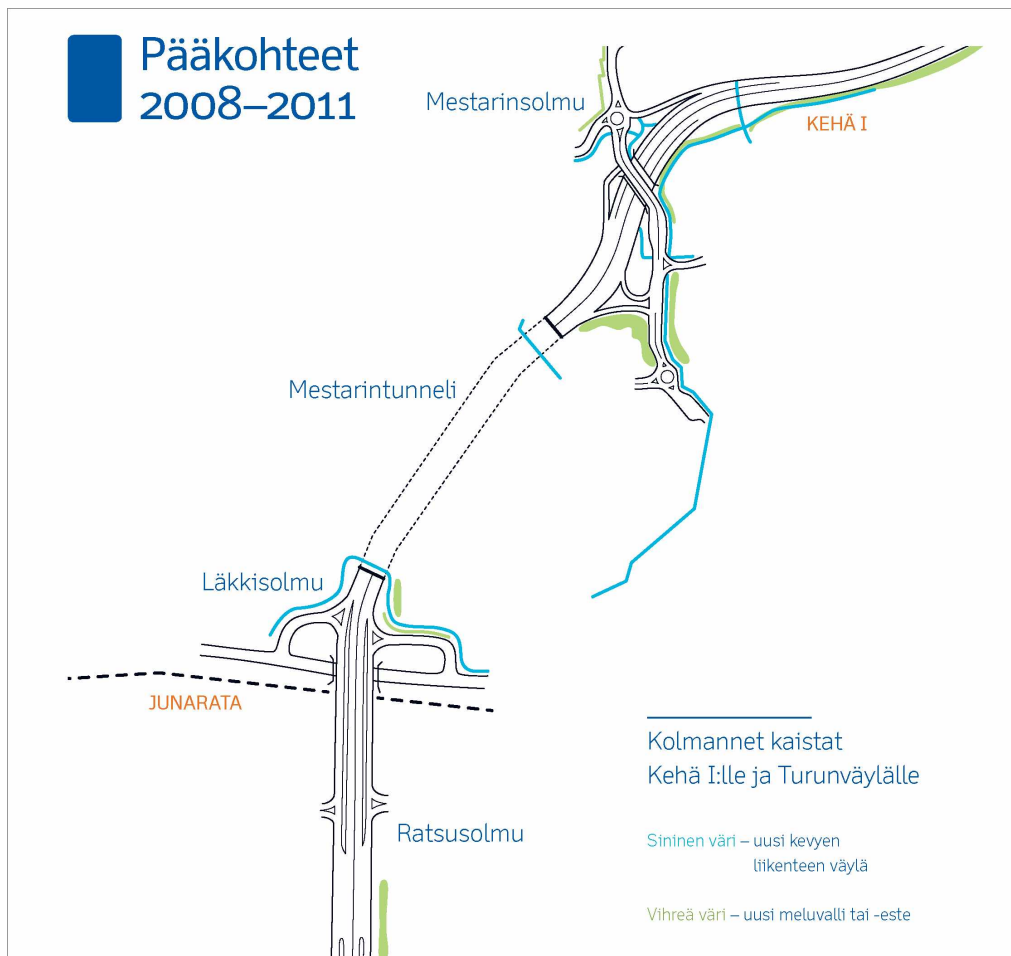
## 3.5 Kehä I välillä Leppävaara - Vallikallio

### 3.5.1 Kohde ja tehdyt toimenpiteet

Kehä I on pääkaupunkiseudun vilkasliikenteisin poikittaisväylä. Se yhdistää keskustaan johtavat päätieltä Länsi- ja Itäväylän välillä. Leppävaara on Espoon tärkeä kaupunkikeskus, jonka kohdalla Kehä I:llä ajaa noin 70 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Liikennemäärien on ennustettu pitkällä aikavälillä kasvavan huomattavasti, Turunväylällä jopa 50 % ja Kehä I:llä 20 %.

Hanke on toteutettu kahtena erillisenä rakennusurakkana, joista tässä tarkastellaan vain pohjoisempaa osaa välillä Leppävaara - Vallikallio. Liikenteen sujuvuuden parantamiseksi Kehä I:lle Leppävaaraan rakennettiin uusi Mestarisolmun eritasoliittymä, jolloin liikennevalot saatiin poistettua. Puustellinmäen kohdalle rakennettiin asutuksen alittava tunneli. Lökkisolmun eritasoliittymää parannettiin. Kehä I:lle rakennettiin kolmannet kaistat kumpaankin suuntaan vanhalta Turuntieltä Helsingin rajalle asti. Liikenteen melua torjuttiin tunnelin lisäksi rakentamalla melusuojausta Kehä I:n varrelle. Kevyen liikenteen järjestelyjä uudistettiin ja täydennettiin.

Kehä I siirtyy asutuksen alittavaan tunneliin Rantaradan pohjoispuolella. Mestarin-tunneliin tulee neljä kaistaa kumpaankin suuntaan. Noin 500 metriä pitkästä tunnelista 200 metriä on betonitunneli- ja 300 metriä kalliotunneliosuutta. Syvimmillään tunneli on 20 metriä entisen Kehä I:n tienpinnan alapuolella. Kuvassa 5 on esitetty tässä tarkastelussa käsitelty osuus koko hankkeesta.



Kuva 5. Yleiskuva Kehä I:n esimerkkihankkeesta.

Parantamisprojektin yhteydessä tehtiin Espoon Vallikallioon liikenteen sujuvuuden parantamiseksi useita toimenpiteitä, joilla saatiin samalla lisää tilaa rakentamiselle. Liikenteellä oli koko projektin ajan kaksi kaistaa molempiin suuntiin. Liittymien määrä pidettiin koko ajan samana ja viitoitukseen panostettiin, jolla pyrittiin minimoimaan vaikutukset liikenteelle. Yleisesti suuria vaikutuksia liikenteelle ei todettu ja projektin edetessä liikenteen sujuvuus parani aiempaan tilanteeseen nähden.

Työt aloitettiin huhtikuussa 2008. Samalla otettiin käyttöön kiertotie, jolla mahdollistettiin tunnelityöt. Kiertotien nopeusrajoituksena oli 50 km/h. Tunneli otettiin helmikuussa 2011 käyttöön 2+2 -kaistaisena ja marraskuussa 2011 4+4 -kaistaisena. Eri suuntien siirtyminen tunneliin tapahtui vaiheittain, noin kuukauden välillä.

Mestarin solmun eritasoliittymän rakentamisella saatiin poistettua kahdet tietä ruuhkauttaneet liikennevalot. Risteyssillan rakentaminen aloitettiin samanaikaisesti tunnelin rakentamisen kanssa keväällä 2008. Risteyssilta valmistui kesällä 2009, jolloin liikennevalot voitiin poistaa käytöstä. Vaikka liittymä otettiin käyttöön hieman keskeneräisenä (rampit ja erkanemiskaista eivät olleet täysin valmiina), sen käyttöönotto paransi liikenteen sujuvuutta. Sillan käyttöönoton jälkeen työnaikainen liikenne oli sujuvampaa kuin ennen projektia ollut normaali liikenne. Sillan yhteydessä muuttuvien liikennejärjestelyjen vuoksi alueella jouduttiin pitämään pitkiä aikoja 40 km/h rajoitusta, myös sillan valmistumisen jälkeen.



Nopeusrajoitukset projektialueella olivat pääsääntöisesti 50 km/h, pahemmissa paikoissa käytettiin 40 km/h rajoitusta. Projektin muuttuvista liikennejärjestelyistä tiedotettiin lehti-ilmoituksilla. Projektin Internet sivuja päivitettiin jatkuvasti. Työt Vallikallion alueella on tarkoitus saada päätökseen vuoden 2012 syksyllä.

### 3.5.2 Rakentamisen aikaiset haitat

Lähin LAM-piste (126 Konala) sijaitsee heti osuuden itäpuolella tieosalla 4, jolloin sen liikennemääräkehitys vastaa täysin osuuden liikennemääriä. Lisäksi vertailuaineistona voidaan käyttää seuraavaa itäpuolella olevaa LAM-pistettä (145 kannelmäki). KVL-tason tiedoista vain vuoden 2008 liikennemäärissä on nähtävissä vähäinen ero, mikä voi johtua autoilijoiden siirtymisestä muille reiteille. Siirtynyt liikenne voi olla suuruusluokkaa 100 ajon/vrk, eli vajaat 2 % keskimääräisestä KVL:stä.

Onnettomuustarkastelut tehtiin vain Kehä I:n osalta. Tarkasteluajana 2006 - 2010 (osittain myös vuosi 2011) välillä tapahtui yhteensä 137 onnettomuutta, joista 14 oli henkilövahinko-onnettomuuksia. Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia aineistossa ei ollut. Tietyömaaolosuhde oli koodattu 60 onnettomuuden kohdalle. Ennen työmaan aloittamista tapahtui keskimäärin 19 onnettomuutta vuodessa (3 heva-onnettomuutta). Työmaan aikana onnettomuusmäärä oli noin 26 onnettomuutta vuosittain (2 heva-onnettomuutta). Onnettomuusmäärä näyttäisi hieman lisääntyneen, mutta vakaussasteet vastaavasti vähentyneet. Ennen työmaata suurin onnettomuusryhmä olivat peräänajo-onnettomuudet ja työmaan aikana vastaavasti ohitusonnettomuudet. Onnettomuustarkastelun tulokset otettiin huomioon herkkyystarkasteluissa.

Hankkeelle arvioitiin karkeasti myös melu- ja päästökustannushaitat, mutta niiden laskennalliseksi tulokseksi saatiin säästöjä, joten niitä ei hankkeen sijaitessa asutuksen välittömässä läheisyydessä otettu huomioon tarkasteluissa.

Rakentamisen aikaiset vaikutukset määritettiin hankkeelle kolmessa eri rakennusvaiheessa, joiden kestot arvioitiin työmaan päävaiheiden mukaisina. Kunkin rakennusvaiheen toimenpiteet yksinkertaistettiin siten, että osavaiheen aikana tapahtuneita pienempiä muutoksia ei otettu huomioon.

Ensimmäisessä rakennusvaiheessa käytössä verkko sisälsi kiertotiet, alemmat nopeusrajoitukset sekä liikennevaloliittymät, rakennusvaiheen kestoksi määritettiin 16 kk. Toisessa vaiheessa valo-ohjatut liittymät korvattiin eritasoliittymällä. Samalla alimmat rajoitukset nostettiin 50 km /h. Kiertotie oli edelleen käytössä. Vaiheen kesto oli 18 kk. Kolmannessa vaiheessa kiertotiet korvattiin 2+2-kaistaisella tunnelilla, mutta edelleen olivat alennetut nopeusrajoitukset. Vaiheen kesto 9 kk.

Hankkeen lopputilanteena käytettiin 4+4 -kaistaista tunnelia, sujuvia eritasoliittymiä tunnelin molemmissa päissä sekä nopeusrajoitusta 60 km/h. Seuraavassa taulukossa on esitetty osavaiheittain rakentamisen aiheuttamat haitat sekä ensimmäiselle vuodelle lasketut hyödyt. Kaikki taulukon kustannuserät on laskettu vuoden 2010 liikennemäärillä.

Herkkyystarkasteluna tehtiin laskelma, jossa laskennallisia onnettomuuskustannuksia ei otettu huomioon, koska vaikka henkilövahinko-onnettomuuksien määrä oli vähentynyt, oli kaikkien onnettomuuksien määrä kasvanut.

Taulukko 5. Rakentamisen aikaiset haitat Kehä I:n esimerkkihankkeessa.

Kustannuserä	Ensimmäisen vuoden hyöty M€/v	Lisäkustannus rakentamisajalta M€/v					Lisäkustannus / 1. vuoden hyöty	
		Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Yhteensä	Ei onn. kust. Hyötyjä	Yhteensä	Ei onn. kust. Hyötyjä
Ajoneuvokustannukset	2,31	0,61	-0,51	-0,51	-0,41	-0,41	-0,18	-0,18
Aikakustannukset	9,00	5,13	1,57	0,01	6,71	6,71	0,75	0,75
Onnettomuuskustannukset	0,59	-0,27	-0,72	-0,47	-1,45	0,00	-2,46	0,00
Ympäristökustannukset	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>12,38</b>	<b>5,47</b>	<b>0,34</b>	<b>-0,97</b>	<b>4,84</b>	<b>6,30</b>	<b>0,39</b>	<b>0,51</b>

Laskelmien tuloksena voidaan arvioida, että rakentamisen aikaiset haitat ovat varsin vähäisiä ensimmäisen vuoden hyötyihin verrattuna. Esimerkissä hankkeen kokonaisyödyiksi laskettiin nykyisillä laskentaperusteilla 318 M€ ja laskelmassa kustannuksina käytettiin 88 M€, jolloin HK-suhde ilman rakentamisen aikaisia haittoja oli 3,41. Jos rakentamisen aikaiset haitat 4,84 M€ (perustarkastelu) tai 6,30 M€ (ilman onnettomuuskustannushyötyjä) otetaan huomioon, saadaan HK-suhteeksi 3,24 tai 3,19.

Arvioidut rakentamisen aikaiset haitat ovat esimerkissä 5,5 - 7,2 % varsinaisista rakennuskustannuksista.

### 3.6 Erilliset asiantuntijanäkemykset

Esimerkkihankkeiden lähtötietojen hankinnan yhteydessä haastateltiin epävirallisesti tiehankkeiden suunnittelun asiantuntijoita ja rakentamisen vastuuhenkilöitä. Näiden perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätelmiä nykyisistä suunnittelu- ja toteutuskäytännöstä.

- Tiehankkeiden yleissuunnitteluvaiheessa rakentamisen aikaisia haittoja arvioidaan vain sanallisesti, mutta työnaikaisten liikennejärjestelyjen vaatavuus otetaan tarvittaessa huomioon yleiskustannusprosenttia arvioitaessa. Käytettävä hankeosakohtainen kustannuslaskenta ei nykyisellään sovi liikennejärjestelykustannusten tarkempaan arviointiin.
- Tie- ja rakennussuunnitteluvaiheissa työnaikaisten liikennejärjestelyjen kustannukset voidaan arvioida määrälaskennan avulla tarkemmin, jolloin eri toteutusvaihtoehtojen erotkin ovat kuvattavissa. Rakentamisen aikaisten haittojen minimoimista tarkastellaan lähinnä tiettyjen erityiskohteiden (liittymien) ruuhkahuipputilanteita simuloimalla. Näistä on saatavissa myös haittakustannuksia, mutta niiden yleistämisestä koko hankkeelle ja sen koko toteutusajalle ei ole tehty eikä yleiskäyttöisiä menetelmiä siihen ole helppoa määrittellä.
- Tiehankkeiden rakentamisen aikaisista onnettomuusvaikutuksista ei ole käytettävissä kattavaa tietoa. Ruuhkautuvilla pääteillä liikennejärjestelyt hoidetaan yleensä niin hyvin jo työmaaturvallisuudenkin takia, että alennetut nopeusrajoitukset pienentävät väliaikaisista liikennejärjestelyistä aiheutuvaa lisäriskiä. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien riski kasvaa, mutta henkilövahinko-onnettomuuksien määrä saattaa jopa vähentyä. Muualla tie- ja katu-

verkolla liikennejärjestelyjen taso vaihtelee huomattavasti, jolloin myös onnettomuusriskeissä voi olla selviäkin eroja.

- Melu- ja päästövaikutukset voidaan arvioida sekä liikenteen että myös itse työmaan koneiden ja työvaiheiden osalta. Kustannuksiksi näitä ei kuitenkaan ole muutettu eikä niiden merkitys osin lyhytaikaisuuden takia voi nousta niin merkittäväksi että niitä kustannusmielessä kannattaisi erikseen tarkastella.
- Tieshankkeiden toteuttamista koskevien tarjouskilpailujen ehdoissa määritellään nykyisin reunaehdot ja sanktiot vaadittavien työnaikaisten liikennejärjestelyjen minimitasolle. Näillä pyritään välttämään kohtuuttomien haittojen syntyminen. Toteutuksen aikana tehdään myös merkittäviä muutoksia järjestelyihin, jos niiden avulla voidaan arvioida vähennettävän liikenteelle aiheuttavia haittoja.

### 3.7 Yhteenveto

Tehtyjen esimerkkilaskelmien perusteella voidaan arvioida, että rakentamisen aikaiset haitat vaihtelevat tieshankkeissa jonkin verran. Kaikissa tieshankkeissa niiden osuus oli tehty herkkyystarkastelutkin huomioon ottaen välillä 5,5 - 11,0 % rakennuskustannuksista tai 1,5 - 7,3 % hankkeen hyödyistä. Tarkastelutapojen erot johtuvat hankkeiden erilaisista hyöty-kustannussuhteista. Rakentamisen aikaisten vaikutusten mukaan ottaminen vähensi hyöty-kustannussuhteita 0,1 - 0,3 ollen suurimmillaan hankkeissa, joiden lasketut HK-suhteet olivat suurimmat. Tarkastelluissa hankkeissa työnaikaisten liikennejärjestelyjen suunnittelussa oli pyritty minimoimaan liikenteelle aiheutuneita haittoja, mikä onkin välttämätöntä etenkin ruuhkautumisalttiita päätteitä koskevissa hankkeissa.

Laskelmien tarkkuutta lisäämällä ja ruuhkautuvien hankkeiden vaikutusalueita laajentamalla olisi mahdollista jälkikäteen osoittaa myös suurempia vaikutuksia, mutta useimpien hankkeiden hankearvioinnin kannalta tärkeimmässä arviointitilanteessa (yleissuunnitteluvaiheessa) ei ole mahdollista saada edes nyt käytettyjen tietojen ta-soisia lähtötietoja.

Tieshankkeissa rakentamisen aikaisia vaikutuksia voidaan verrata joko hankkeen hyötyihin tai hankkeen kustannuksiin. Koska vaikutusten määrään vaikuttaa oleellisesti hankkeen työnaikaiset liikennejärjestelyt kustannuksineen, kannattaa laskentamenetelmiä kehitettäessä käyttää vertailupohjana laskennallisten hyötyjen sijasta rakennuskustannuksia. Erottelemalla vielä erikseen työnaikaisten liikennejärjestelyjen kustannukset ja arvioitavat rakentamisaikaiset haitat, saadaan eri hankkeille ja suunnitteluvaiheille vertailukelpoisempia tietoja.

Tehtyjen esimerkkitarkastelujen ja asiantuntijanäkemyksen perusteella voidaan lisäksi tehdä hankearvioinnin ohjeistusta varten seuraavia päätelmiä:

- Vaikka arvioinneissa ei yleissuunnitteluvaiheessa voidakaan päästä kovin suureen tarkkuuteen, motivoi niiden karkeakin arviointi parempien työmaajärjestelyjen toteuttamista.
- Hyvin suunniteltujen liikennejärjestelyjen avulla voidaan tehokkaimmin minimoida liikenteelle aiheutuvia häiriöitä ja niistä aiheutuvia lisäkustannuksia.

- Vaikka työmaan aikaiset liikennemäärät voidaan arvioida tarkemmin kuin koko hankkeen laskentajaksolle ennustetut liikennemäärät, estävät puutteelliset tiedot työmaan aikaisista teknisistä ratkaisuista ja niiden ajoituksesta haittojen tarkan arvioinnin yleissuunnitteluvaiheessa.
- Arvioitaessa haittoja suhteessa rakennuskustannuksiin, voidaan kustannuksista tarvittaessa jättää pois kalliiden teknisten ratkaisujen (esim. tunnelit, suuret sillat) kustannukset, jos niillä ei ole suoria vaikutuksia haittakustannuksiin.
- Rakentamisen aikaisten haittojen kustannuksia voidaan arvioida hankekohdaisesti joko yhdessä erässä tai osittamalla hanke joko ajallisesti tai paikallisesti helpommin arvioitaviin osakokonaisuuksiin.

## 4 Ratahankkeiden rakentamisen aikaiset vaikutukset

### 4.1 Työraot ja liikennejärjestelyt

Ratatyöt tehdään pääsääntöisesti työrakojen aikana, jolloin työn alla olevalla rataosuudella tai jollakin sen raiteella ei liikennöidä. Mikäli rataosuus on kaksi- tai useampi-raitainen voidaan vähintään yhtä raidetta pääsääntöisesti käyttää jatkuvasti. Poikkeuksen muodostavat silta-, sähkörata-, turvalaite- ja liikennepaikkatyöt sekä tasoristeysten poistotyöt, joiden aikana rataosuuden liikenne on katkaistava ajaksi, joka vaihtelee muutamasta tunnista noin kahteen vuorokauteen.

Pitkät työraot ajoitetaan yleensä viikonloppuihin. Juhannus hyödynnetään erityisen haastavissa ja pitkiä liikennekatkoja vaativissa kohteissa. Yksiraiteisella radalla joudutaan aina päättämään, tehdäänkö työ totaali- tai päivittäisessä työraossa. Raiteen päivittäinen liikenteelle palauttaminen lisää kustannuksia ja resursseja. Jos rata on hiljainen, ei radan palauttamista liikennöintikuntoon kannata tehdä päivittäin. Esimerkiksi Seinäjoki-Kaskinen-rataosuudella tämä ei olisi järkevää, koska rataosuudella liikennöidään vain yhdellä junaparilla päivässä. Vähäliikenteisten rataosien perusparannustöissä, liikenne suljetaan yleensä koko rakennuskauden ajaksi, joka kestää noin 6-8 kuukautta.

Pitkäaikaisissa rakennuskohteissa käytetään 8-10 tunnin työrakojen, jotka sisältävät 1-2 tunnin mittaiset aloitus- ja lopetustyöt. Tyypillisen päällysrakennetyömaan pituus on noin 10 km, jolla on 80 km/h nopeusrajoitus ja sen sisällä 2 km:n matkalla nopeusrajoitus 50 km/h. Työn alla olevan raiteen nopeusrajoitukset ovat voimassa myös työvuorojen ulkopuolisena aikana.

Työraot voidaan suunnitella joko henkilöjunaliikenteen tai tavarajunaliikenteen ehdoilla. Yleensä valintaperusteita ovat junien määrät ja mahdollisuudet turvata henkilö- tai tavarakuljetukset jollakin toisella tavalla. Yleensä työraot sovitetaan yöajalle, jolloin henkilöjunaliikenne on vähäisintä ja se voidaan korvata bussivuorojen avulla. Tällöin tavarajunia joudutaan siirtämään työrakojen ulkopuolelle. Busseilla korvattavan osuuteen vaikuttavat mm. junakierron järjestämismahdollisuudet ja väliasemien käyttötarve. Useimmiten bussivuoroilla korvataan koko rataosuuden junaliikenne kuten Helsinki-Turku-reitillä rantaradan korjaustöiden aikana.

Tavarajunia voidaan jättää kokonaan ajamatta, mikäli tavarajunille ei ole riittävästi kapasiteettia työrakojen ulkopuolella eikä tavarajunille löydy korvaavia reittejä. Korvaavat reitit ovat useimmiten myös hitaita, sähköistämättömiä tai muutoin teknisiltä ominaisuuksiltaan raskaille tavarajunille sopimattomia. Korvaavan reitin sähköistämättömyys voi aiheuttaa kalusto-ongelmia, mikäli sopivaa dieselveturikalustoa ei ole saatavana.

Mikäli tavaraliikenteen osuus ja määrä on rataosuudella huomattava henkilöjunaliikenteeseen nähden, ajoitetaan työraot niin, että niistä on mahdollisimman vähän haittaa tavaraliikenteelle. Esimerkiksi Lielähti-Kokemäki rataosuuden parannustyöt on suunniteltu tehtäväksi päiväsaikaan, jolloin vain pieni osa tavarajunista joudutaan

ajamaan normaalista aikataulusta poiketen. Tässä hankkeessa työraon aikaiset henkilöjunat korvataan Tampereen ja Porin välillä korvaavilla bussivuoroilla.

## 4.2 Vaikutusten muodostuminen

### 4.2.1 Kuljetusyrittysten kustannukset

#### Henkilöliikenne

Rakennustöiden vaikutukset henkilöliikenteen tuotantokustannuksiin voidaan jaotella seuraavasti:

- korvaavien bussien aiheuttamat lisäkustannukset
- ajamatta jäävien junavuorojen säästyvät energia- ja kaluston kunnossapitokustannukset
- ajamatta jäävien vuorojen vuoksi säästyvät junahenkilöstön kustannukset
- alennettujen nopeusrajoitusten vuoksi kasvavat junahenkilöstön kustannukset vuoroilla, jotka ajetaan
- tieliikenteelle aiheutuvat haitat.

Kun rakennustyöt tehdään päivittäisissä työraoissa, aiheutuu tästä yleensä vaikutuksia kalusto- ja henkilöstökierrolle. Korvaavien bussivuorojen aikana vapautuva henkilöjunaliikenteen kalusto ja junahenkilöstö ovat periaatteessa muun liikenteen käytettävissä. Huomattavia säästöjä ei kuitenkaan voida saavuttaa, koska kalustoa tai miehistöä ei voida vähentää määrääjäksi. Miehistön työtuntien väheneminen pienentää tosin jonkin verran palkan lisistä aiheutuvia kustannuksia. Merkittävimmät säästöt saavutetaan vähenevän energiankulutuksen vuoksi.

Korvaavat bussivuorot aiheuttavat rautatieyritykselle lisäkustannuksia, joiden suuruus on riippuvainen korvattavan junavuoron pituudesta ja näiden junien matkustajien kuljettamiseen tarvittavien bussien määrästä. Lisäksi liikuntarajoitteisia varten voidaan joutua tilaamaan invatakseja. Lisäkustannuksia aiheutuu myös korvaavien bussivuorojen edellyttämästä viestinnästä ja mm. mahdollisesta veturien ympäriajon tarpeesta.

Ratatyöt voivat vaikuttaa myös ajettavien henkilöjunavuorojen kustannuksiin, sillä työalueen normaalia matalammat nopeusrajoitukset hidastavat matkaa ja voivat lisätä siten junahenkilöstön työvoimakustannuksia. Vaikutuksen suuruus on riippuvainen mm. työehtosopimusten sisällöstä.

Ratatöistä aiheutuu haittaa myös tieliikenteelle. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi tasoristeysten poistot, siltatyöt tien yli sekä muut ratatöiden aiheuttamat tiejärjestelyt.

## Tavaraliikenne

Rakennustöiden vaikutukset tavaraliikenteen tuotantokustannuksiin voidaan jaotella seuraavasti:

- aikataulujen muuttumisen vuoksi hidastuvan kalustokierron aiheuttama pääomakustannusten lisäys
- alennettujen nopeusrajoitusten vuoksi kasvavat veturinkuljettajien työvoimakustannukset
- rautatiekuljetusten kiertoreittien aiheuttamat lisäkustannukset
- rautatieyrityksen säästyvät liikennöintikustannukset, kun rautatiekuljetus ei ole mahdollinen
- muiden kuljetustapojen lisääntyvät tuotantokustannukset, kun rautatiekuljetus ei ole mahdollinen.

Työrajojen vuoksi muuttuvat tavarajunien aikataulut eivät välttämättä vaikuta lainkaan tavaraliikenteen kustannuksiin. Junan ajoon, lastin kuormaamiseen tai purkamiseen ja vaihtotyöhön kuluva aika määrittää optimaalisen vaunukierron. Lisäksi kiertoon vaikuttavat mm. teollisuuslaitosten prosessit ja satamien aukioloajat. Kun vaunuja ei voida palauttaa normaalin rytmin mukaisesti, aiheuttaa se vaunukierron hidastumista ja vaunujen pääomakustannusten lisääntymistä. Ratatyön aikana voidaan joutua siirtymään sähkövetureista dieselvetureiden käyttöön, jolloin energiankulutus kasvaa. Mikäli dieselveturin vetokyky ei ole riittävä junapainoon nähden, joudutaan junat vetämään useampaa veturia käyttäen, mikä lisää veturien pääomakustannuksia.

Alennetut nopeusrajoitukset pidentävät kuljetukseen kuluvaan aikaan. Periaatteessa tämä hidastaa vaunu- ja veturikiertoa ja lisää veturinkuljettajien työtuntien määrää. Vaikutuksen suuruus on tapauskohtainen ja voi olla merkittävä, jos kuljetusajan pidentyminen edellyttää kuljettajien vaihtotarvetta tai paluukuljetuksen siirtymistä huomattavasti eteenpäin ratakapasiteetin riittämättömyyden vuoksi.

Tilanteissa, joissa kuljetus joudutaan hoitamaan kiertoreittiä, lisääntyvät kustannukset vaunu- ja veturikierron hidastumisen ja energiakulutuksen kasvun vuoksi. Kiertoreitin käyttö voi aiheuttaa myös muita lisäkustannuksia, jotka ovat seurausta kiertoreitin edellyttämästä suuremmasta vaihtotyömäärästä, alennetuista akselipaino- ja nopeusrajoituksista sekä dieselvetureihin siirtymisestä. Erityisesti, kun kiertoreitin matka-aika kasvaa niin, ettei se ole mahdollista yhden työvuoron aikana, nousevat kustannukset merkittävästi kuljettajien vaihtotarpeen vuoksi.

Mikäli tavarajunaa ei voida lainkaan ajaa (esim. määräajaksi kokonaan suljettavat rataosuudet), pienentyvät rautatieyrityksen kustannukset kuljetuksiin sitoutuvan kaluston pääomakustannusten, miehistön palkkakustannusten sekä energia- ja kunnossapitokustannusten osalta. Kaluston pääomakustannusten ja miehistön palkkakustannusten osalta säästön suuruus on riippuvainen siitä, miten vapautuvia resursseja voidaan hyödyntää muussa kuljetustoiminnassa.

#### 4.2.2 Kuljetusyritysten tulot

##### Henkilöliikenne

Rakennustöiden aiheuttamat muutokset henkilöliikenteen kuljetusyritysten tuloissa voidaan jaotella seuraavasti:

- henkilöjunaliikenteen kysynnän vähenemisestä aiheutuva rautatieyrityksen tulojen väheneminen
- korvaavia bussivuoroja ajavien kuljetusyritysten tulojen kasvu.

Henkilöjunaliikenteen hidastuminen ja junia korvaavien bussien käyttö vaikuttaa rautatieyrityksen tarjoamien kuljetuspalvelujen kysyntään. Suomessa ratatöiden aiheuttaman matka-ajan pidentymisen kysyntäjousto on keskimäärin noin -1,0 eli 10 %:n suuruinen matka-ajan pidennys vähentää kysyntää 10 %:lla. Rautatieyritys järjestää korvaavat bussivuorot ja saa siten myös näiden bussivuorojen matkustajien lipputulot. Rautatieyrityksen tulot vähenevät siten ainoastaan niiden matkustajien osalta, jotka jättävät kokonaan matkan tekemättä, siirtyvät käyttämään muiden kuljetusyritysten järjestämiä palveluja tai siirtyvät henkilöauton käyttäjiksi.

Yhteiskuntatalouden kannalta ratatöiden aiheuttamat vaikutukset kuljetusyritysten tuloihin ja menoihin ovat samanarvoisia riippumatta mihin kuljetusyrityksiin vaikutus kohdistuu. Tämän vuoksi on otettava huomioon, myös muita liikennemuotoja edustavien kuljetusyritysten tulot. Kun matkustajia siirtyy muiden kuljetusyritysten järjestämiin kuljetuspalveluihin, kasvavat näiden yritysten tulot. Samoin kasvavat sen busshihtiön tulot, jolta rautatieyritys ostaa junia korvaavat kuljetuspalvelut.

##### Tavaraliikenne

Radan rakennustöiden aiheuttamat muutokset tavaraliikenteen kuljetusyritysten tuloissa voidaan jaotella seuraavasti:

- tavarajunaliikenteen kysynnän vähenemisestä aiheutuva rautatieyrityksen tulojen väheneminen
- muita kuljetustapoja edustavien yritysten tulojen kasvu.

Työrakojen aiheuttamat aikataulumuutokset eivät yleensä vaikuta tavaraliikenteen kysyntään eivätkä siten myöskään rautatieyrityksen rahtituloihin. Sen sijaan, jos rataosuus suljetaan kokonaan määräajaksi liikenteeltä ratatöiden vuoksi, vähenevät rautatieyrityksen tulot muille kuljetustavoille menetettyjen kuljetusten osalta. Tällöin vastaavasti muiden kuljetusmuotojen yritysten tulot kasvavat. Mikäli kuljetus voidaan hoitaa vain kiertoreittiä pitkin, asiakkaalta perittävää rahtihintaa ei voida automaattisesti korottaa, vaan siitä on erikseen sovittava.

#### 4.2.3 Kuluttajan ylijäämän muutokset

##### Matkustajaliikenne

Ratatöiden vuoksi matkustajien kokema kuluttajan ylijäämän muutos muodostuu matka-ajan pidentymisen ja vaihtojen kasvun aiheuttamista haitoista. Junien ja korvaavien bussivuorojen käyttäjiksi jäävien matkustajien lippukustannukset eivät muutu. Matkustajat, jotka siirtyvät muiden kulkutapojen käyttäjiksi, kokevat kuluttajan ylijäämänsä pienentyvän tällä tavoin vähemmän kuin, jos jäisivät käyttämään rautatieyrityksen tarjoamia huonontuneita palveluja. Teoreettisesti muihin kulkutapoihin siirtyvien matkustajien kuluttajan ylijäämä pienenee määrällä, joka on puolet junan



ja/tai korvaavien bussivuorojen käyttäjiksi matka-ajan pidentymisestä ja lisääntyvistä vaihdoista aiheutuva haitta.

### Tavaraliikenne

Tavaraliikenteessä kuljetusasiakkaiden kokema kuluttajan ylijäämän muutos muodostuu pääasiassa aikataulujen muutosten aiheuttamista vaikutuksista tuotantoprosessissa, terminaalitoiminnoissa ja jatkoyhteyksissä. Myös matka-ajan pidentyminen lisää periaatteessa kuljetettaviin tavaroihin sitoutuvaa pääomaa. Tutkimusten mukaan erityisesti rautateitse kuljetettavien irtotavaroiden ja massatuotteiden ajan arvo on kuitenkin hyvin pieni, minkä vuoksi tavarajan arvoa ei oteta huomioon myöskään arvioitaessa kuljetuksen nopeutuksen hyötyjä. Kuljetukset ovat usein integroituja tuotantoprosessiin, jolloin tuotteiden lastaus hoidetaan suoraan tuotannosta juna-auvuihin. Kuljetusten lähtöjen viivästyminen voi edellyttää varastointitarpeen kasvua ja mahdollisesti investointeja varastotiloihin, sillä vaunukierron hidastumisen seurauksena vapaita vaunuja ei välttämättä ole saatavilla. Kuljetusten aikataulujen muutokset voivat ruuhkauttaa myös kuljetuksia vastaanottavien satamien terminaalitoimintoja ja lisätä tällä tavoin niiden resurssitarvetta. Tällaiset vaikutukset aiheuttavat joko suoria tai välillisiä lisäkustannuksia asiakkaille.

## 4.3 Esimerkkihankkeita

Ratahankkeita koskevat tarkastelut on tehty kahdesta erilaisesta hankkeesta. Toinen hanke on kuvitteellinen yksiraiteiseen radan tasonnostohanke, jonka rakentaminen perustuu työrakojen käyttöön (työraon aikaiset junat korvata bussivuoroilla). Toinen esimerkki koskee yksiraiteisen, vähäliikenteisen radan peruskorjausta, jonka aikana rata on kokonaan suljettu liikenteeltä.

Lähtötietojen määrittelyssä on käytetty hyväksi asiantuntijanäkemyksiä ratahankkeen tyypillisistä liikenne- ja työmaajärjestelyistä. Esimerkeissä rakentamisen aikaisia vaikutuksia on verrattu hankkeen avulla saataviin hyötyihin. Laskentamenetelmät noudattavat yleisiä ratahankkeiden arviointiperiaatteita.

### 4.3.1 Radan tason nosto ja peruskorjaus

#### Hankkeen sisältö ja ratatöiden aikaiset liikennejärjestelyt

Hanke sisältää yksiraiteisen sähköistetyn rataosuuden (pituus 80 km) peruskorjauksen ja nopeuden noston edellyttämiä toimenpiteitä. Ennen hankkeen toteuttamista (vertailuvaihtoehto) radalla on henkilöjunien nopeusrajoitus 120 km/h ja tavarajunien nopeusrajoitus 80 km/h. Hankkeen avulla henkilöjunien nopeus voidaan nostaa 140 km/h:iin ja tavarajunien 100 km/h:iin.

Rataosuus parannetaan kahtena rakennuskautena 6 kuukautena vuodessa. Työ tehdään 10 tunnin työraoissa. Työosuudella on 2 kilometrin matkalla 50 km/h nopeusrajoitus. Muilla radan osilla ja rakentamiskauden ulkopuolella nopeudet ovat vertailuvaihtoehdon mukaiset.

Työn kohteena oleva rataosuus on osa pidempää henkilöliikenteen reittiä. Vertailu- ja kehittämismuutoksissa rataosuudella liikennöi 8 henkilöjunaparia vuorokaudessa. Näistä 2 junaparia ajetaan suunnitellun 10 tunnin työraon aikana ja ne korvataan työn

aikana busseilla koko 80 kilometrin matkalta. Muut 6 junaparia ajetaan työraon ulkopuolisina kellonaikoina. Vertailutilanteessa henkilöjunan keskikuormitus on 180 matkustajaa junaa kohti. Rataosan matkojen keskimääräinen pituus on 250 km ja keskimääräinen matka-aika 2 h 30 min.

Rataosuudella liikennöi 4 tavarajunaparia vuorokaudessa, joista kaksi joudutaan rata-työn aikana siirtämään työraon ulkopuolelle. Tavarajunien koko on 18 vaunua ja ne vedetään yhtä sähköveturia käyttäen.

## Rakentamisen aikaiset haitat

### Liikenteen kysyntä

Keskimääräinen matkustajan matka-aika vertailuvaihtoehdossa on 150 minuuttia (sisältää matka-ajan myös työn kohteena olevan rataosan ulkopuolella). Korvaavien bussien käyttö pidentää matka-aikaa vaihtoineen 28 minuuttia. Käyttäen matka-ajan kysyntäjousto -1,0 vähenee matkustajamäärä busseilla korvattavilla vuoroilla 18 % ja koko vuonna keskimäärin noin 7 %. Kun hanke valmistuu, nopeutuu matka-aika 6 minuutilla. Edellä mainittua matka-aikajousto käyttäen, junamatkojen vuotuinen määrä kasvaa rataosuudella noin 4 %. Tavaraliikenteessä ei arvioida tapahtuvan kysyntämuutoksia ratatöiden aikana eikä niiden valmistuttua.

### Tuottajan ylijäämän muutos henkilöliikenteessä

Tuottajan ylijäämä muodostuu rautatieyrityksen ja bussiyhtiön tulojen ja menojen erotuksesta. Rakentamisaikaisena vaikutuksena otetaan huomioon erotuksen muutos. Junien liikennöintikustannusten muutokset arvioitiin Trafikverketin henkilöjunaliikenteen ja tavarajunaliikenteen laskentamalleilla. Mallit sisältävät yksikkökustannukset veturi- ja vaunutuntia sekä veturi- ja vaunukilometriä kohti. Bussien liikennöintikustannukset arvioitiin Liikenneviraston määrittämiä yksikkökustannuksia käyttäen. Laskelmat eivät sisällä liikenteen erityisveroja ja maksuja. Tavaraliikenteen laskelmissa on arvioitu mahdollisen vaunukierron hidastumisen merkitystä.

Henkilöjunien liikennöintikustannukset ovat vertailuvaihtoehdossa noin 4,0 M€/v. Kun oletetaan, että henkilöjunien matka- ja aikasuoritteet voidaan hyödyntää täysimääräisesti kaluston kierrossa ja junahenkilöstön kustannuksissa, ovat liikennöintikustannukset ratatöiden aikana noin 3,6 M€/v. Korvaavien bussivuorojen kustannukset ovat noin 0,4 M€/v. Rautatieyrityksen kustannukset eivät siten kasva ratatöiden aikana. Sen sijaan, mikäli oletetaan, että ratatöiden aikana väheneviä aikasuoritteita ei voida hyödyntää lainkaan kalustokierrossa ja miehistön kustannuksissa (palkalliset työtunnit eivät vähene), ovat henkilöjunien liikennöintikustannukset ratatöiden aikana noin 3,8 M€/v. Tällöin rautatieyrityksen kustannukset ovat noin 0,2 M€ (noin 5 %) suuremmat kuin vertailuvaihtoehdossa.

Rautatieyrityksen lipputulot rataosuuden matkoista ovat vertailuvaihtoehdossa 18,7 M€/v. Rataöiden aikana rautatieyrityksen lipputulot vähenevät 1,3 M€/v. Rautatieyrityksen tuottajan ylijäämä pienenee ratatöiden aikana 1,3 M€/v tai 1,5 M€/v junaliikenteen kustannusten laskentavasta riippuen.

Bussiyhtiön tuottajan ylijäämä kasvaa ratatöiden aikana sen rautatieyritykseltä saaman tulon ja liikennöintikustannusten erotuksen verran. Vaikutus on alle 0,1 M€/v, joten tuottajien yhteenlaskettu ylijäämä pienenee 1,3–1,5 M€/v.

### Tuottajan ylijäämän muutos tavaraliikenteessä

Tavaraliikenteessä vertailuvaihtoehdon liikennöintikustannukset ovat rataosuudella noin 1,7 M€/v. Ratatyöt lisäävät matka-ajan pidentymisen vuoksi kustannuksia noin 0,01 M€/v (alle 1 %), jos vaunukierto hidastuu vain matka-ajan pidentymisen verran. Sen sijaan, jos tavaravaunujen kierto hidastuu vuorokaudella, lisää se vaunujen pääomakustannuksia noin 0,3 M€/v (16 %).

### Kuluttajan ylijäämän muutos henkilöliikenteessä

Vertailuvaihtoehdossa junamatkustajien aikakustannukset ovat noin 5,6 M€/v. Rata-  
töiden aikana junan käyttäjiksi jäävien matkustajien ja korvaavien bussivuorojen matkustajien aikakustannukset ovat noin 6,2 M€/v. Muihin kuljetapoihin siirtyvien matkustajien kuluttajan ylijäämän muutos lasketaan nykyisille matkustajille aiheutuvan aikakustannuksen lisäyksen (2,6 €/matka) perusteella käyttäen puolikkaan sääntöä. Siirtyvien matkustajien kuluttajan ylijäämä pienenee tällöin noin 0,06 M€/v. Rata-  
töiden aikana matkustajien kuluttajien ylijäämä pienenee siten noin 0,7 M€/v.

### Kuluttajan (kuljetusten ostajan) ylijäämän muutos tavaraliikenteessä

Kuljetusasiakkaalle ratatöistä aiheutuva haitta on riippuvainen, miten kahden junaparin aikataulun muutokset vaikuttavat yritysten tuotantoon ja kuljetusten terminaalitoimintoihin. Hankkeen valmistumisesta koituva hyöty on riippuvainen, missä määrin liikennöitsijän saavuttama hyöty siirtyy asiakkaalle.

### Hankkeen rakentamisaikaisten haittojen ja hankkeen hyötyjen vertailu

Rakentamisaikaiset haitat ovat 2,0–2,5 M€ rakennusvuotta kohta eli kahden vuoden aikana yhteensä noin 4–5 M€. Hankkeen valmistumisen jälkeisenä ensimmäisenä vuotena saavutettavat hyödyt ovat 2,0 M€. Hankkeen rakentamisaikaiset haitat ovat esimerkkitapauksessa siten noin kaksinkertaiset hankkeen ensimmäisen vuoden hyötyihin nähden (taulukko 6).

*Taulukko 6. Hankkeen rakentamisaikaiset haitat ja hankkeen synnyttämät hyödyt.*

Kustannus-/hyötyerä	Rakentamisen aikaiset vaikutukset (M€)	Hankkeen hyödyt (M€/v)
Tuottajan ylijäämä		
- henkilöliikenne	-2,6..-3,0	1,1
- tavaraliikenne	-0,02..-0,6	0,1
Yhteensä	-2,6..-3,6	1,2
Kuluttajan ylijäämä		
- henkilöliikenne	-1,4	0,8
- tavaraliikenne	-	-
Yhteensä	-1,4	0,8
<b>Yhteensä</b>	<b>-4,0..-5,0</b>	<b>2,0</b>

### 4.3.2 Vähäliikenteisen radan peruskorjaus

#### Hankkeen kuvaus ja rakentamisaikaiset liikennejärjestelyt

Seuraavassa tarkastellaan vähäliikenteisen Seinäjoki–Kaskinen-radnan rakentamisaikaisia vaikutuksia. Seinäjoki–Kaskinen-rata on 112 kilometriä pitkä, sähköistämätön, yksiraiteinen tavaraliikenteen rata. Rata on radio-ohjattu ja varustettu junien automaattisella kulunvalvonnalla. Rata on huonossa kunnossa ja alkaa olla käyttöikänsä lopussa. Radan päällysrakenteena ovat pääosin vanhat K43-kiskot ja puupölkkyt. Myös radan tukikerros on suurelta osin heikkolaatuista ja aiheuttaa routimishaittoja ja ylimääräistä tukemistarvetta. Rataosa kuuluu toiseksi huonompaan rataluokkaan B<sub>1</sub>. Junien nopeuksia on jouduttu alentamaan radan kunnan vuoksi ja nykyisin tavaraliikenteen suurin sallittu nopeus on 22,5 tonnin akselipainolla vain 30–50 km/h. Rataosalla on 161 tasoristeystä, joista 29 on varustettu puomeilla. Viimeisen kymmenen vuoden aikana radalla on tapahtunut 30 tasoristeysonnettomuutta, joissa on kuollut yhteensä kuusi henkilöä. Henkilövahinkoja on tapahtunut 15.

Ratasuunnitelman mukaisten toimenpiteiden avulla tavarajunien suurin sallittu nopeus nousee 80 km/h:iin 225 kN:n akselipainolla. Liikenneturvallisuuksi parannetaan poistamalla tasoristeysrakenteita, tekemällä tasoristeysrakenteisiin muutoksia ja rakentamalla kokonaan uusia tasoristeysrakenteita.

Radalla on nykyisin vain tavarankuljetuksia. Radan ennustettu tavaraliikenne on 350 000 tonnia. Peruskorjausaikana rataa ei voida lainkaan käyttää. Tässä tarkastellaan skenaariota, jossa kaikki Kaskisten sataman rautatiekuljetukset siirtyvät rakennusaikana tiekuljetuksiksi lukuun ottamatta pitkämatkaisia raakapuukuljetuksia, jotka hoidetaan muulla rataverkolla nykyiseen tapaan Seinäjoelle suunnitellun terminaalin kautta.

#### Rakentamisen aikaiset vaikutukset

##### Liikenneverkon ylläpito

Rakentamisen aikana radan kunnossapitokustannukset vähenevät 12 000 €/raidekilometri eli yhteensä noin 1,68 M€/v. Kuljetusten siirtyessä tieverkolle, tieverkon kunnossapitokustannukset kasvavat 0,23 M€/v. Säästö liikenneverkon kunnossapidossa on siten yhteensä noin 1,45 M€/v.

##### Kuluttajan (kuljetusten ostajan) ylijäämän muutos

Kuljetusten siirtyminen tieverkolle lisää kuljetuskustannuksia 1,5 M€/v ja lastinkäsittelykustannuksia 0,5 M€/v. Kuljetusten ostajien logistiset kustannukset kasvavat siten yhteensä 2,0 M€/v.

##### Liikenteen ulkoiset kustannukset

Rakennusaikana henkilövahinkoihin johtavat tasoristeysonnettomuudet vähenevät keskimäärin 1,4 onnettomuudella ja vastaavasti tieliikenteen onnettomuudet kasvavat keskimäärin 0,4 onnettomuudella vuodessa. Onnettomuuskustannukset pienentyvät rakennusaikana yhteensä noin 0,5 M€/v.

Rakennusaikana tiekuljetusten kasvu ja rautatiekuljetusten väheneminen lisää liikenteen päästökustannuksia noin 0,1 M€/v.

Liikenteen ulkoiset kustannukset vähenevät siten rakennusaikana noin 0,4 M€/v.

#### Hankkeen rakentamisaikaisten haittojen ja hankkeen hyötyjen vertailu

Rakentamisaikaiset haitat ovat vain 0,15 M€ rakennusvuotta kohta eli kolmen vuoden aikana yhteensä noin 0,45 M€. Hankkeen valmistumisen jälkeisenä ensimmäisenä vuotena saavutettavat hyödyt ovat 1,6 M€ toisin sanoen rakentamisaikaiset haitat ovat noin 30 % hankkeen ensimmäisen vuoden hyödyistä (taulukko 7). Hankkeen kustannusarvio on 124 M€ ja HK-suhde ilman rakentamisaikaisia haittoja 0,2. Rakentamisaikaisten haittojen vaikutus HK-suhteeseen on hyvin vähäinen.

Taulukko 7. Hankkeen rakentamisaikaiset haitat ja hankkeen synnyttämät hyödyt.

Kustannus-/hyötyerä	Rakentamisen aikaiset vaikutukset (M€)	Hankkeen hyödyt (M€/v)
Liikenneverkon ylläpito	4,35 (hyöty)	0,9
Kuluttajan ylijäämä - tavaraliikenne	-6,0 (haitta)	0,4
Liikenteen ulkoiset haitat - onnettomuuskustannukset - päästökustannukset	1,5 (hyöty) -0,3 (haitta)	
Yhteensä	1,2 (hyöty)	0,3
<b>Yhteensä</b>	<b>-0,45 (haitta)</b>	<b>1,6</b>

## 4.4 Johtopäätöksiä

Ratahankkeiden rakentamisaikaiset vaikutukset ovat aina tapauskohtaisia. Todennäköisesti suurimmat haitat aiheutuvat yksiraiteisilla sekaliikennereadoilla, joilla joudutaan käyttämään säännöllisiä työrakojä ja henkilöjuna korvaavia bussivuoroja näiden työrakojen aikana. Tällöin yhteiskuntataloudelliset kustannukset kasvavat erityisesti tuottajan ylijäämän pienentymisen ja matkustajien aikakustannusten kasvun vuoksi. Vaikutus on sitä suurempi, mitä useampi henkilöjuna joudutaan korvaamaan bussivuoroilla.

Tuottajan ylijäämän pienentymiseen vaikuttaa erityisesti junamatkustajien siirtyminen muihin kulkutapoihin. Koska työraot ajoittuvat yleensä yöaikaan, ei tämäkään vaikutus yleensä muodostu kovin suureksi. Rautatieyrityksen laskennalliset menot eivät työrakojen vuoksi yleensä muutu merkittävästi, sillä säästyvät junaliikenteen kustannukset ovat samaa suuruusluokkaa kuin verottomat korvaavista bussikuljetuksista aiheutuvat kustannukset. Toisaalta rautatieyrityksen on käytännössä vaikea saavuttaa säästöjä ajamatta jäävistä vuoroista.

Tavaraliikenteessä rakentamisaikaiset haitat ovat suurelta osin riippuvaiset siitä, voidaanko kuljetukset hoitaa työrakojen ulkopuolella. Mikäli tämä on mahdollista, jäävät haitat melko pieniksi edellyttäen, ettei vaunukierto hidastu. Mikäli parannettava rata-osa on ns. pussinperärata, jolle ei ole toista rautatieliikenteen reittivaihtoehtoa, on pitkä 8-10 tunnin työrako yleensä esteenä vaunujen paluukuljetukselle normaalin vaunukierron mukaisesti. Koska kuljetusten aikataulut ovat yleensä sidottuja tuotan-

tolaitosten ja satamien työvuorojen kanssa, hidastuu vaunukierto tällöin yleensä yhdellä vuorokaudella. Jos tavarajunia ei voida ajaa lainkaan rakennustyön aikana, voivat kuljetusten ostajalle aiheutuvat lisäkustannukset muodostua suureksi. Tämä on kuitenkin erittäin harvinaista. Esimerkiksi raakapuun kuljetuksissa, voidaan rautatiekuljetus korvata usein tiekuljetuksella.

Vähäliikenteisten ratojen perusparannushankkeissa rakentamisaikaisista vaikutuksista nousevat merkittäviksi myös radan kunnossapitokustannukset ja tasoristeysten onnettomuuskustannukset. Nämä vaikutukset ovat positiivisia yhteiskunnan kannalta. Vähäliikenteisten rataosuuksien työaikaiset haitat koostuvat lähes kokonaan kuljetustavan muutoksen aiheuttamista lisäkustannuksista tai rautatiekuljetusten siirtymisestä toiselle, kuljetusten ostajan kannalta kalliimmalle reitille.

## 5 Vesiväylähankkeiden rakentamisen aikaiset vaikutukset

Suuret valtion budjetissa nimetyt laajennusinvestoinnit ovat tavanomaisesti olemassa olevien meriväylien syventämishankkeita, joiden tavoitteena tuottaa elinkeinoelämälle kuljetuskustannussäästöjä. Tällaisiin hankkeisiin liittyy usein myös muita väylän kehittämiseen tähtäviä toimenpiteitä kuten väylän oikaisuja. Harvinaisempia isoja väyläinvestointeja ovat uusinvestoinnit (uuden väylän rakentamiset), joiden taustalla on yleensä joko uuden sataman rakentaminen tai tavoite laajentaa vesiliikenteen verkkoa tai sen yhdistävyyttä.

Uuden hankearvioinnin yleisohjeen mukaan hankearviointi tehdään myös korvausinvestoinneista, jos vaihtoehtona on väylän sulkeminen liikenteeltä. Tyypillisiä korvausinvestointeja ovat turvalaitteiden uusimiset ja väylän kunnossapitoruoppaukset sekä sisävesikanavien sulkujen uusimiset.

Meriväylän syventämishankkeissa ja väylän kunnossapitoruoppauksissa väylää voidaan käyttää lähes normaalisti työn aikana. Väylän syventämisestä ei aiheudu merkittäviä viivytyksiä alusliikenteelle, sillä ruoppaajat ehtivät poistua ruopattavalta väylältä ennen aluksen saapumista. Ruoppaajat saavat tiedot saapuvista aluksista VTS:sta. Väylän syventämisen aikainen liikenne lisää työkatkosten vuoksi rakennuskustannuksia. Tämä vaikutus jää yleensä myös vähäiseksi ja haittaa voidaan minimoida ruoppaustöiden ajoituksen avulla.

Kanavien sulkujen uusiminen estää periaatteessa rakentamisaikaisen liikennöinnin. Käytännössä haittavaikutuksia ei kuitenkaan synny, sillä työt voidaan tehdä keskitalvella, jolloin kanavat ovat muutenkin suljettuina liikenteeltä.

## 6 Vaikutusten arviointimenetelmät

### 6.1 Tiehankkeet

#### 6.1.1 Arviointitilanteen merkitys

Tiehankkeen rakentamisen aikaisia vaikutuksia voidaan pääsääntöisesti arvioida vastaavilla menetelmillä kuin hankkeen hyötyjäkin. Arviointeihin tarvittavan työmäärän ja hyödynnettävissä olevien tulosten rajallisuuden takia arvioinnin tarkkuudelle kannattaa kuitenkin tehdä yksinkertaistuksia. Parhaimmillaan tarkkuus voi olla samantasoinen kuin mitä käytetään varsinaisten hankkeen hyötyjen määrittelyssä. Käytännössä rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat useimmissa tilanteissa selvästi vähäisempiä kuin itse hankkeen vaikutukset, joten niiden arviointitarkkuus voi myös olla karkeampi.

Tiehankkeiden rakentamisen aikaisten vaikutusten arvioinnissa käytettävät menetelmät riippuvat sekä hanketyypistä, suunnitteluvaiheesta että arvioitavista vaihtoehtoista. Suurimmillaan vaikutukset voivat olla korvaus- ja laajennusinvestoinneissa, joissa nykyistä tietä tai sen liittymiä parannetaan paikallaan. Uusinvestoinneissa vaikutukset ovat yleensä vähäisemmät keskittyen vain uuden tien ja vanhan tieverkon liittymä- ja risteyskohtiin.

Esi- ja yleissuunnitteluvaiheissa käytettävissä olevat lähtötiedot työmaan aikaisista teknisistä ratkaisuihin eivät yleensä ole riittävät tarkkojen arviointien tekoon. Tällöin oleellisinta arvioinnissa on tunnistaa työnaikaisten liikennejärjestelyjen kustannusten ja rakentamisen aikaisten haittakustannusten suuruusluokka ja eri vaihtoehtojen väliset erot niiden välillä. Tie- ja etenkin rakennussuunnitteluvaiheissa voidaan toisaalta eri suunnitteluratkaisuilla ja toisaalta työnaikaisten liikennejärjestelyjen hyvällä suunnittelulla vielä minimoida liikenteelle aiheutuvia haittoja. Hyvin suunnitellut työmaan aikaiset liikennejärjestelyt lisäävät tietysti osaltaan rakennuskustannuksia, mutta yhteiskuntataloudellisten kokonaiskustannusten kannalta ne voivat silti olla edullisin ratkaisu etenkin vilkkaasti liikennöidyillä ja helposti ruuhkautuvilla väylillä.

Tärkeimmät kustannuserät rakentamisen aikaisissa vaikutuksissa ovat samat kuin hankkeen hyödyissäkin. Aikakustannuksilla on yleensä ratkaiseva merkitys mutta etenkin ruuhkautuneissa tilanteissa myös ajoneuvokustannukset voivat kasvaa selvästi. Onnettomuuskustannuksien arviointi on vaikeaa toisaalta onnettomuuksien satunnaisuuden ja toisaalta usein vaihtuvien työvaiheiden takia. Hyvin hoidetuilla liikennejärjestelyillä on kuitenkin mahdollista päästä tilanteeseen, jossa turvallisuus työmaan aikana ei ole ainakaan huonompi kuin ennen työmaata. Toisaalta etenkin vähemmän liikennöidyillä väylillä järjestelyjen puutteellisuus saattaa lisätä onnettomuuksien riskiä.

Melu, värinä- ja päästövaikutuksiin vaikuttavat liikennejärjestelyjä ja liikennettä voimakkaammin työmaan koneet ja kuljetukset sekä eri työvaiheet (esim. kallionlouhinta, murskaus ja paalutus). Kustannusvaikutukset jäänevät kuitenkin useimmissa tilanteissa liikenteen haittavaikutuksia selvästi vähäisemmiksi, joten niiden arviointi ei tavanomaisissa tiehankkeissa ole tarpeen. Eri vaihtoehtojen hyväksyttävyyttä ja toteutettavuutta vertaillen niillä saattaa kuitenkin olla oleellinen merkitys.



Arvioitaessa hankkeen eri vaihtoehtoja (esimerkiksi ns. 0++ vaihtoehto ja varsinainen hankevaihtoehto) kannattaa arviointimenetelmät valita siten, että niiden avulla saadaan paras kuva eri vaihtoehtojen välisistä eroista.

Aika- ja ajoneuvokustannusten arvioinnissa työmaan aikaista tilannetta voidaan tarkastella joko yhtenä kokonaisuutena tai ositettuna joko ajallisesti tai työkohteittain. Yhtenä kokonaisuutena voidaan arvioida hankkeita, joissa valtaosan työmaan kestoajasta on käytössä yhdenmukaiset liikennejärjestelyt. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi uuteen maastokäytävään rakennettavat tieosuudet, yksittäiset eritasoliittymäkohteet tai korvausinvestointeina suoritettavat suuret sillankorjauskohteet. Ajallisesti hankkeen vaikutuksia voidaan tarkastella tilanteissa, joissa työaikaiset liikennejärjestelyt poikkeavat toisistaan työmaan eri vaiheissa. Tämä tulee kyseeseen etenkin silloin, kun osa työkohteista valmistuu ajallisesti muita kohteita aiemmin tai väliaikaisilla ratkaisulla lisätään liikenteen välityskykyä (esimerkiksi valo-ohjaus korvataan tilapäisellä kiertoliittymällä) jo työmaan aikana. Työkohteittain eroteltuna voidaan tarkastella laajempia hankkeita, joissa liikenteelle aiheutuu toisistaan poikkeavia haittoja eri tieosuuksilla tai liittymäkohteissa. Näillä voi olla myös erilaiset ajalliset kestot, jotka voidaan ottaa huomioon tarkasteluissa. Edellä olleissa esimerkkitarkasteluissa kokeiltiin erilaisia menettelyjä, jotka kaikki toimivat riittävän hyvin tarkastelujen osana.

Arvioinneissa on kuitenkin pyrittävä välttämään liiallista yksinkertaistamista. Aikakustannushaittoja ei siten pitäisi arvioida ainakaan pelkästään keskimääräisen ruuhka-ajan aikaviiveen avulla, koska liikenteen vaihtelumuotojen takia haitat vaihtelevat tunneittain ja viikonpäivittäin voimakkaasti. Yksinkertaisimmat arvioinnit on parempi tehdä selkeästi olettamalla haittojen määrä tietyksi prosenttiosuudeksi joko hankkeen hyödyistä tai rakennuskustannuksista. Näennäisen tarkkaa laskelmaa karkeilla lähtöarvoilla (esim. viivytyksien keskimääräinen kesto ajoneuvoa kohti) ei voida suositella yleiseen käyttöön.

### 6.1.2 Arviointimenetelmät

Tiehankkeiden osalta käytettävissä ovat erilaiset simulointiohjelmat, liikennemallitarkastelut sekä IVAR-ohjelmisto. Turvallisuuden nykytilan arviointiin sopii myös Tarva-ohjelmisto, mutta se ei sovellu suoraan rakentamisen aikaisten turvallisuusvaikutusten arviointiin.

Yleissuunnitteluvaiheen arviointimahdollisuudet ovat rajalliset. Yleisesti käytössä olevilla IVAR- ja EMME-ohjelmistoilla voidaan arvioida yhden tai useamman työvaiheen aiheuttamia lisäkustannuksia määrittelemällä eri rakennusvaiheet erillisiksi tieverkon kuvauksiksi tai skenaarioiksi ja vertaamalla näitä nykytilaa kuvaavaan tieverkkoon ja sen liikenteeseen. EMME-ohjelmistolla voidaan tällöin arvioida myös liikenteen siirtymiä muille reiteille. Ongelmana voi kuitenkin olla liikenteen vaihtelut eri päivinä ja tunteina, jolloin esim. yksittäisten tuntiliikennetarkastelujen yleistämisessä koko rakennusajalle täytyy olla huolellinen. IVAR-ohjelmisto tarkastelee liikennettä vuositasolla, mutta sen avulla ei voida arvioida mahdollisia liikenteen siirtymiä. Molemmissa ohjelmistoissa on lisäksi riski yksittäisen pisteen (esim. liittymäkohdan) ylikuormittumisesta, joka voi aiheuttaa joko liikenteen siirtymiin tai laskentamalleilla saataviin tuloksiin huomattavia virheitä ja antaa siten virheellisen tuloksen koko rakentamisen aikaisten vaikutusten kannalta. Kumpaakaan ohjelmistoa ei myöskään voi suositella rakentamisen aikaisten turvallisuusvaikutusten arviointiin, vaan niiden osalta paras tapa on perusteltu asiantuntijanäkemyks.

Jos hankkeen suunnittelun yhteydessä on tehty erillisiä simulointitarkasteltuja esim. liittymäkohteittain, voidaan niiden pohjalta arvioida myös rakentamisen aikaisia vaikutuksia. Tämä edellyttää tietysti tarkastelujen tekemistä suunnitellun rakentamisvuoden mukaisella liikennemäärätasolla. Yksinkertaisimpina menettelyinä voidaan käyttää suoraan kotimaisissa simulointeihin perustuvista selvityksistä saatuja nomogrammeja (Tiehallinto 2000 ja 2005).

Tie- ja rakennussuunnitteluvaiheen arvioinnit voidaan tehdä vastaavilla menettelyillä. Eri toteutusvaihtoehtojen vertailussa simulointien avulla voidaan verrata yleissuunnitelmavaihetta tarkemmin erilaisten tilapäisten liikennejärjestelyjen vaikutuksia liikenteen haittoihin ja pyrkiä siten optimoimaan yhteiskuntataloudellisia kokonaiskustannuksia.

### 6.1.3 Suositukset

Kokonaisuutena tarkastellen rakentamisen aikaisten vaikutusten luotettava arviointi on useimmissa tilanteissa kannattavuuslaskelman tarkkuudessa saavutettaviin hyötyihin verrattuna niin työläs toimenpide, että riittävään tarkkuuteen voidaan päästä arvioimalla työmaan liikennejärjestelyjen ja rakentamisen aikaisten haittojen yhteismäärää arvioituihin rakennuskustannuksiin suhteutettuna. Isommissa hankkeissa tämä kannattaa tehdä työkohteittain. Rakennuskustannusten osalta voidaan jättää tarvittaessa pois tiettyjen kalliiden teknisten ratkaisujen (esim. tunnelit, kalliit sillat) kustannukset, jos niiden toteuttaminen ei aiheuta rakentamisen aikaiselle liikenteelle haittoja.

Tavanomaisten tiehankkeiden rakentamisen aikaisia vaikutuksia voidaan arvioida prosenttina rakennuskustannuksista. Mikäli hankkeen erityisluonteesta johtuen tarkempia laskelmia ei ole tarpeen tehdä, voidaan käyttää taulukossa 8 esitettyjä vaihteluvälejä arvioinnin lähtökohtina. Tavoitteena on, että ensin arvioidaan työnaikaisten liikennejärjestelyjen ja rakentamisen aikaisten haittojen kustannusten yhteisosuus ja liikennejärjestelyjen tehokkuuden perusteella edelleen rakentamisen aikaisten haittojen suuruus rakennuskustannuksiin verrattuna.

Vaihteluvälien alarajat soveltuvat tilanteisiin, joissa liikenteen ruuhkautumisen vaara on vähäinen ja liikenne on joustavasti ohjattavissa työmaakohteiden ohi. Ylärajoja voidaan käyttää vilkkaimmissa liikenneympäristöissä, joissa myös sujuvien liikennejärjestelyjen toteuttaminen on joko kallista tai mahdotonta maankäytön (esim. taajama) tai muiden ympäristötekijöiden vuoksi.

Taulukon 8 avulla tehtyä karkeaa arviota voidaan täydentää ja tarkentaa tarkemmassa suunnittelussa esimerkiksi simulointien ja IVAR-laskentojen avulla. Näissä voidaan ottaa huomioon myös suunnitellut työmaan aikaiset liikennejärjestelyt tai niihin liittyvät eri vaihtoehdot.

Työmaan aikaisten liikennejärjestelyjen kustannuksiin vaikuttaa myös työmaan koko ja liikenteen määrä, pienissä kohteissa ja etenkin vilkkaissa ympäristöissä niiden osuus voi nousta taulukossa esitettyjä arvoja suuremmiksikin. Niihin vaikuttaa oleellisesti myös se, kuinka monta kertaa järjestelyjä on muutettava työmaan aikana.

Rakentamisen aikaisten haittojen määrään vaikuttavat liikennemäärien lisäksi kiertotiejärjestelyjen joustavuus sekä kaistojen kaventamisesta tai sulkemisesta aiheutuva

välityskyvyn aleneminen. Yksikaistaisilla liikennevaloin ohjatuilla työmaaosuuksilla oleellinen tekijä on myös yksikaistaisen osuuden pituus.

Taulukko 8. Rakentamisen aikaisten haittojen arviointi tiehankkeilla eri tilanteissa.

Hanketyyppi	Kustannukset prosentteina rakennuskustannuksista			Huomautuksia
	Liikennejärjestelyt ja haitat yhteensä	Työmaan liikennejärjestelyt	Rakentamisen aikaiset haitat	
Uusi tie uuteen maastokäytävään	5 - 10 %	1 - 3 %	3 - 7 %	
Toisen ajoradan ja eritasoliittymien rakentaminen	10 - 15 % 15 - 25 %	3 - 5 % 5 - 10 %	5 - 10 % 10 - 20 %	maaseudulla taajamassa
Nykyisen tien leventtäminen ja suuntauksen parantaminen	15 - 25 %	5 - 10 %	10 - 15 %	
Keskikaiteelliset ohituskäytävät	10 - 15 %	3 - 6 %	5 - 10 %	
Eritasoliittymäkohteet	5 - 10 % 15 - 25 %	2 - 5 % 5 - 10 %	5 - 15 % 10 - 20 %	uudet parannettavat
Rakenteen parantaminen	15 - 25 %	3 - 10 %	10 - 20 %	
Sillankorjauskohteet	5 - 10 % 15 - 25 %	1 - 3 % 3 - 7 %	3 - 7 % 10 - 20 %	vähän liikennettä vilkas liikenne

#### 6.1.4 Laskentaesimerkki

Moottoritiehankkeen yleissuunnitteluvaiheessa tehdyn YVA-tarkastelun yhteydessä verrattiin erilaisia toteutusvaihtoehtoja toisiinsa. Tärkeimpinä vaihtoehtoina oli kokonaisuudessaan 20 kilometrin yhteysvälikillä nykyiseen maastokäytävään rakennettava vaihtoehto A sekä pääosin uuteen maastokäytävään sijoittuva vaihtoehto B. Vaihtoehdon A alustaviksi rakennuskustannuksiksi arvioitiin 100 M€ ja vaihtoehdon B vastaavasti 95 M€. Nämä luvut sisälsivät työmaan aikaisista liikenteen järjestelyistä aiheutuvia lisäkustannuksia vaihtoehdolla A noin 8 M€ ja vaihtoehdolla B noin 4 M€. Ilman rakentamisen aikaisia haittoja lasketut HK-suhteet olivat vastaavasti 1,25 ja 1,50.

Rakentamisen aikaiset haitat liikenteelle arvioitiin alustavasti 3 toimenpideoasassa (eritasoliittymäväleittäin). Näistä välillä 1 oli ympäristöllisesti haastava kohde, väli 2 sijoittui maaseutumaiseen ympäristöön ja välillä 3 oli ratkaistava miten välin tärkein kuntakeskus ohitetaan. Alustava arviointi tehtiin taulukon 9 mukaisesti arvioimalla ensin osaväleittäin työnaikaisten liikennejärjestelyjen ja liikennehaittojen yhteiskustannusten prosenttiosuus kunkin välin rakennuskustannuksista. Erottelemalla näistä

arvioidut työnaikaiset järjestelyt, voitiin tehdä alustava arvio liikenteelle aiheutuvista haitoista.

*Taulukko 9. Esimerkki rakentamisen aikaisten haittojen arvioinnista moottoritiehankkeen eri vaihtoehdoille.*

Vaihtoehto ja sen osaväli	Rakennuskustannukset M€	Työmaajärjestelyt ja liikenteen haitat		Työmaajärjestelyt M€	Liikenteen haitat M€
		%	M€		
<b>Vaihtoehto A</b>	<b>92</b>		<b>16,5</b>	<b>8,0</b>	<b>8,2</b>
Osaväli 1	30	15	4,5	2,5	2,0
Osaväli 2	17	10	1,7	1,5	0,2
Osaväli 3	45	20	9,0	3,0	6,0
<b>Vaihtoehto B</b>	<b>91</b>		<b>7,5</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>
Osaväli 1	31	10	3,1	2,2	0,9
Osaväli 2	20	2	0,4	0,2	0,2
Osaväli 3	40	10	4,0	1,6	2,4

Vaihtoehto B valittiin lopulliseen yleissuunnitelmaan ja sen arvioita tarkennettiin osaväleittäin IVAR-laskelmilla ottaen huomioon myös arvioidut rakentamisaikat sekä hankkeen tarkemmat liikennejärjestelyratkaisut. Tarkastelujen perusteella todettiin, että alkuperäistä karkeaa arviota on syytä muuttaa, koska tuloksina saatiin liikenteen haittojen kokonaismääräksi 3,2 M€. Tämä tarkennettu arvio otettiin sellaisenaan mukaan hankearvioinnissa tehtyyn kannattavuuslaskelmaan rakentamisen aikaisten haittojen kustannuseränä.

## 6.2 Ratahankkeet

Ratatöiden työrakojen pituus, ajoitus ja rakentamiskausien pituudet sekä liikenneaikaiset järjestelyt suunnitellaan vasta, kun pyydetään urakkatarjouksia. Hankearviointia varten ei ole käytettävissä konkreettisia liikennejärjestelyjä koskevia suunnitelmia, joihin rakentamisaikaisten vaikutusten arviointi voisi perustua. Tämän vuoksi vaikutuksia voidaan arvioida vain karkealla tasolla tiettyihin oletuksiin perustuen. Rakentamisaikaisten vaikutukset arvioidaan tällöinkin samoja menetelmiä käyttäen kuin hankkeen hyödyt. Rakentamisaikaisten vaikutusten arviointi kohdistetaan kuitenkin vain keskeisimpiin vaikutuksiin, jotka ovat riippuvaisia erityisesti siitä, miten pitkiä ja säännöllisiä rakennustyön aiheuttamat liikennekatkot ovat.

Rakentamisaikaisten vaikutusten suuruuteen vaikuttavat keskeisesti myös radan liikenteen määrä ja koostumus toisin sanoen onko radalla pelkästään henkilö- tai tavarajunalienkennettä vai molempia. Yksiraiteisella sekaliikenneradalla rakentamisaikaisten liikennejärjestelyjen suunnittelu ja haittojen minimointi on haasteellisinta.

Rakentamisaikaisia vaikutuksia arvioidaan vain merkittävässä kehittämishankkeissa ja peruskorjaushankkeissa, joissa vertailuvaihtoehtona on radan liikenteen lakkaaminen. Rata- ja hanketyypeittäin arvioidaan seuraavia vaikutuksia:

- Sekaliikenneratujen tasonostohankkeissa (esim. nopeustason ja/tai akselipainon nosto ja radan sähköistys) ja lisäraiteiden rakentamishankkeissa (lisäraide rakennetaan olemassa olevan raiteen viereen), joissa joudutaan käyttämään pitkiä ja säännöllisiä työrakoja, rakentamisaikaisina vaikutuksina arvioidaan rautatieyrityksen lipputulosten väheneminen ja matkustajien kuluttajan ylijäämän muutos. Henkilöliikenteen ja tavaraliikenteen tuotantokustannusten muutoksia ei pääsääntöisesti arvioida. Poikkeuksen muodostavat yksiraiteiset radat, joissa tavaraliikenteen vaunukierto hidastuu pitkien työrakojen vuoksi.
- Yksiraiteisten vähäliikenteisten ratojen peruskorjaushankkeissa, joissa rata suljetaan rakennustöiden ajaksi ja joissa vaihtoehtona on radan liikenteen lakkaaminen, rakentamisaikaiset vaikutukset voidaan arvioida vertailuvaihtoehdon vaikutustarkasteluihin perustuen. Rakennusajan liikennetilanne vastaa vertailuvaihtoehtoa, jossa rautatiekuljetukset hoidetaan joko kiertoreittiä pitkin tai vaihtoehtoisella kuljetustavalla. Vaikutuksina otetaan huomioon radan kunnossapidon, tasoristeysonnettomuuksien ja kuljetuskustannusten muutokset sekä mahdolliset kuljetusmuotojen välisten siirtymien aiheuttamat ulkoisten kustannusten muutokset.
- Muissa hankkeissa (mm. turvalaitteiden rakentaminen, kolmioraiteen tai uuden liikennepaikan rakentaminen, ratapihan parantaminen, raakapuuterminaalien rakentaminen) rakentamisaikaisia vaikutuksia ei ole tarpeen arvioida.

### Laskentakaavat

Kuluttajan ja tuottajan ylijäämän muutosten arviointia varten määritettiin laskentakaavat, jotka perustuvat seuraaviin lähtötietoihin, oletuksiin ja yksinkertaistuksiin:

- Kuluttajan ylijäämän arviointi perustuu matkustajille aiheutuviin viivytyksiin. Arvioita tehtäessä tarvitaan lähtötietoina työraon aikaisten junien osuus koko vuorokauden junista. Yksiraiteisilla rataosilla matkan viivytykseen vaikuttavat junia korvaavien bussien käyttö työrakojen aikana ja junien alennettu nopeusrajoitus muuna vuorokauden aikana (taulukko 10).
- Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän muutoksessa otetaan huomioon vain rautatieyrityksen lipputulosten väheneminen. Ajamatta jäävien junavuorojen säästävät verottomat liikennöintikustannukset oletetaan yhtä suuriksi kuin korvaavista bussivuoroista aiheutuvat verottomat lisäkustannukset. Lipputulosten muutosten arvioinnissa tarvittavien rautatieyrityksen järjestämien kuljetusten matkustajamäärien väheneminen arvioidaan matka-ajan kysyntäjouston -1,0 käyttäen (taulukko 11).
- Tavaraliikenteen tuottajan ylijäämään vaikuttava vaunukierron hidastumisen kustannus perustuu rakennustyön aikana ajettavien junien vaunukierron hidastumiseen. Käytännössä vaikutus koskee vain yksiraiteisia pitkiä ”pussinperätoja” (taulukko 12).

*Taulukko 10. Kuluttajan ylijäämän arviointi ratahankkeissa.*

Yksiraitteiset radat:

Rataosaa käyttävien matkustajien kuluttajan ylijäämän pienentyminen rakennusvuotta kohti lasketaan kaavalla:

$C_{\text{muutos}} (\text{€}) = \text{rakennusaika} \times \text{matkustajamäärä} \times \text{ajan arvo} \times \left[ \left( \frac{\text{junat}_{\text{työrako}}}{\text{junat}_{\text{kaikki}}} \right) \times \text{viivytys}_{\text{työrako}} + \left( \frac{\text{junat}_{\text{työraon ulkopuoli}}}{\text{junat}_{\text{kaikki}}} \right) \times \text{viivytys}_{\text{työraon ulkopuoli}} \right] / 720$ , jossa

- rakennusaika = rakennusajan pituus vuodessa kuukausina
- matkustajamäärä = rataosan vuotuinen matkustajamäärä
- ajan arvo = ajan arvo (€/h)
- $\text{junat}_{\text{työrako}}$  = rataosalla työraon aikana kulkevien henkilöjunien määrä (junia/vrk)
- $\text{junat}_{\text{kaikki}}$  = rataosan henkilöjunien kokonaisuus (junia/vrk)
- $\text{junat}_{\text{työraon ulkopuoli}}$  = vuorokautisen työraon ulkopuolella kulkevien junien määrä
- $\text{viivytys}_{\text{työrako}}$  = keskimääräinen viivytys matkustajaa kohti työraon aikana minuutteina
- $\text{viivytys}_{\text{työraon ulkopuoli}}$  = keskimääräinen viivytys matkustajaa kohti työraon ulkopuolella minuutteina

Mikäli rakennusaikaista työ- ja liikennejärjestelyistä ei ole tarkempaa tietoa, käytetään seuraavia laskenta-arvoja:

- rakennusaika = 6 kuukautta
- $\text{viivytys}_{\text{työrako}}$  = 25 minuuttia
- $\text{viivytys}_{\text{työraon ulkopuoli}}$  = 5 minuuttia

Kaksi- tai useampiraitteiset radat:

Rataosaa käyttävien matkustajan kuluttajan ylijäämän pienentyminen lasketaan kaavalla  $C_{\text{muutos}} (\text{€})$ :

=  $[\text{rakennusaika} \times \text{matkustajamäärä} \times \text{ajan arvo} \times \text{viivytys}] / 720$ , jossa

- rakennusaika = rakennusajan pituus vuodessa kuukausina
- matkustajamäärä = rataosan vuotuinen matkustajamäärä
- ajan arvo = ajan arvo (€/h)
- viivytys = keskimääräinen viivytys matkustajaa kohti minuutteina

Mikäli rakennusaikaista työ- ja liikennejärjestelyistä ei ole tarkempaa tietoa, käytetään seuraavia laskenta-arvoja:

- rakennusaika = 6 kuukautta
- viivytys = 5 minuuttia

Taulukko 11. Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän arviointi ratahankkeissa.

Yksiraiteiset radat:

Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän pienentyminen rakennusvuotta kohti lasketaan kaavalla:

$P_{\text{muutos}} (\text{€}) = [\text{rakennusaika} \times \text{matkustajamäärä} \times \text{lipun hinta}] \times [(\text{junat}_{\text{työrao}} / \text{junat}_{\text{kaikki}}) \times (\text{viivytys}_{\text{työrao}} / \text{nykyinen matka-aika}) + (\text{junat}_{\text{työraon ulkopuoli}} / \text{junat}_{\text{kaikki}}) \times (\text{viivytys}_{\text{työraon ulkopuoli}} / \text{nykyinen matka-aika})] / 12$ , jossa

- rakennusaika = rakennusajan pituus vuodessa kuukausina
- matkustajamäärä = rataosan vuotuinen matkustajamäärä
- lipun hinta = rataosan matkustajien keskimääräinen lipun hinta (€)
- $\text{junat}_{\text{työrao}}$  = rataosalla työraon aikana kulkevien henkilöjunien määrä (juna/vrk)
- $\text{junat}_{\text{kaikki}}$  = rataosan henkilöjunien kokonaismäärä (juna/vrk)
- $\text{junat}_{\text{työraon ulkopuoli}}$  = vuorokautisen työraon ulkopuolella kulkevien junien määrä
- $\text{viivytys}_{\text{työrao}}$  = keskimääräinen viivytys matkustajaa kohti työraon aikana minuutteina
- $\text{viivytys}_{\text{työraon ulkopuoli}}$  = keskimääräinen viivytys matkustajaa kohti työraon ulkopuolella minuutteina
- nykyinen matka-aika = matkustajien nykyinen keskimääräinen matka-aika minuutteina

Mikäli rakennusaikaista työ- ja liikennejärjestelyistä ei ole tarkempaa tietoa, käytetään seuraavia laskenta-arvoja:

- rakennusaika = 6 kuukautta
- $\text{viivytys}_{\text{työrao}}$  = 25 minuuttia
- $\text{viivytys}_{\text{työraon ulkopuoli}}$  = 5 minuuttia
- keskimääräinen matka-aika = 115 minuuttia

Kaksi- tai useampiraiteiset radat:

Henkilöliikenteen tuottajan ylijäämän pienentyminen rakennusvuotta kohti lasketaan kaavalla:

$P_{\text{muutos}} (\text{€}) = [\text{rakennusaika} \times \text{matkustajamäärä} \times \text{lipun hinta} \times (\text{viivytys} / \text{nykyinen matka-aika})] / 12$ , jossa

- rakennusaika = vuoden rakennusajan pituus vuodessa kuukausina
- matkustajamäärä = rataosan vuotuinen matkustajamäärä
- ajan arvo = ajan arvo (€/h)
- viivytys = keskimääräinen viivytys matkustajaa kohti minuutteina
- nykyinen matka-aika = matkustajien nykyinen keskimääräinen matka-aika minuutteina

Mikäli rakennusaikaista työ- ja liikennejärjestelyistä ei ole tarkempaa tietoa, käytetään seuraavia laskenta-arvoja:

- rakennusaika = 6 kuukautta
- viivytys = 5 minuuttia
- keskimääräinen matka-aika = 115 minuuttia

Taulukko 12. Tavaraliikenteen tuottajan ylijäämän arviointi.

Tuottajan ylijäämän pienentyminen rakennusvuotta kohti lasketaan kaavalla:

$P_{\text{muutos}} (\text{€}) = [\text{rakennusaika} \times \text{tavarajunien määrä} \times \text{vaunujen määrä} \times \text{vaunukierron hidastuminen} \times \text{tavaravaunun aikakustannus}]$ , jossa

- rakennusaika = rakennusajan pituus vuodessa viikkoina
- tavarajunien määrä = rataosan keskimääräinen tavarajunaparien määrä viikossa
- vaunujen määrä = rataosan tavarajunien keskimääräinen vaunujen määrä
- vaunukierron hidastuminen = vaunukierron muutos rakennusaikana tunteina
- tavaravaunun aikakustannus = vaunun keskimääräinen pääomakustannus (€/h)

Mikäli rakennusaikaista työ- ja liikennejärjestelyistä ei ole tarkempaa tietoa, käytetään seuraavia laskenta-arvoja:

- rakennusaika = 6 kuukautta
- vaunukierron hidastuminen/ yksiraiteiset pitkät pussinperäradat = 24 tuntia
- vaunukierron hidastuminen/ muut radat = 0 tuntia

## 6.3 Vesiväylähankkeet

Vesiväylähankkeiden osalta rakentamisaikaisia vaikutuksia ei ole tarpeen tarkastella meriväylien syventämishankkeissa eikä uusia väyliä koskevissa hankkeissa. Erillistarastelu voi olla tarpeen, jos alusliikennettä ei voida hoitaa rakentamisaikana. Tällainen tilanne voi koskea esimerkiksi kanavan sulkujen korjausta.



## 7 Johtopäätökset

Liikenneväylähankkeiden rakentamisen aikaisia haittoja on Suomessa arvioitu yleensä vain sanallisilla kuvauksilla. Hankearviointien kannattavuuslaskelmaan niitä ei ole aiemmin sisällytetty kuin mahdollisina herkkyytarkasteluina. Vuonna 2011 käyttöön otetuissa hankearvioinnin yleisohjeissa edellytetään kuitenkin rakentamisen aikaisen haittojen sisällyttämistä kannattavuuslaskelmaan, koska niiden merkitys erityyppisissä hankkeissa on erilainen. Yleisohjeessa ei kuitenkaan määritetä, millä tarkkuudella ja menetelmillä nämä vaikutukset on arvioitava. Lisäksi tie- ja ratahankkeiden vaikutusmekanismit ovat erilaiset, joten yleisohjeita on tarkennettava väylätyyppi-kohtaisilla ohjeilla. Vesiväylähankkeissa rakentamisen aikaiset haitat liikenteelle ovat hyvin vähäiset ja niiden arviointi todettiin useimmiten tarpeettomaksi.

Tässä selvityksessä on käyty läpi kotimaista ja kansainvälistä käytäntöä ja laskentamenetelmiä sekä tehty tapaustarkasteluja neljää tiehanketta ja kahta ratahanketta koskevalla laskelmalla. Lisäksi on koottu asiantuntijoiden näkemyksiä arvioinnin mahdollisuuksista ja vaikeuksista.

Suosituksena esitetään, että tie- että ratahankkeissa rakentamisaikaiset vaikutukset otetaan huomioon ainakin karkealla tasolla hankkeiden kannattavuuslaskelmassa. Vesiväylähankkeissa rakentamisaikaiset vaikutukset ovat niin vähäisiä, että niitä ei yleensä ole tarpeen tarkastella.

Tehtyjen selvitysten perusteella on arvioitu, että rakentamisen aikaisten haittojen arviointiin ei hankkeiden pääasiallisen hankearvioinnin (yleissuunnitteluvaiheen) yhteydessä ole käytettävissä riittävän tarkkoja lähtötietoja. Tämän takia tiehankkeen eri vaihtoehtoja vertailtaessa joudutaan tyytymään alustaviin rakentamisaikaisten vaikutusten suuruusluokka-arvioihin. Myöskään ratahankkeiden hankearviointien yhteydessä ei ole vielä käytettävissä yksityiskohtaisia tietoja rakentamisen aikaisen liikenteen järjestelyistä. Vaikutukset voidaan kuitenkin yleensä arvioida riittävällä tarkkuudella laadittujen laskentakaavojen avulla.

Tiehankkeiden alustavia tarkasteluja voidaan täydentää liikennemallien avulla myöhemmissä suunnitteluvaiheissa. Tällöin voidaan paremmin ottaa huomioon hankkeelle suunniteltujen työnaikaisten liikennejärjestelyjen merkitys liikenteen rakentamisen aikaisia vaikutuksia arvioitaessa. Ratahankkeissa työjärjestelyjen ja työrajojen suunnittelulla ja ajoituksella on oleellinen merkitys rakentamisen aikaisten vaikutusten määriin, joten niidenkin osalta yleissuunnittelua myöhemmissä suunnitteluvaiheissa tehtyjä arvioita voidaan tarkentaa ja samalla hakea optimaalista toteutustapaa.

Tarkemmissa arvioinneissa voidaan lähtötietojen salliessa käyttää vastaavia menetelmiä kuin hankkeiden hyötyjäkin arvioitaessa. Tiehankkeissa suurin kustannuserä rakentamisen aikaisissa vaikutuksissa muodostuu aikakustannuksista, joten niiden osalta täydentävät tarkastelut ovat tarpeen etenkin hankkeissa, joissa liikenteen ruuhkautumisen riski työmaan aikana on suuri. Ajoneuvokustannuksilla on myös merkitystä etenkin normaalista pidempiä kiertoteitä vaativissa ratkaisuisissa. Onnettomuskustannusvaikutusten arvioinnissa voidaan asiantuntijatyönä päästä parhaaseen lopputulokseen. Ratahankkeissa suurimmat haitat aiheutuvat yksiraiteisilla sekaliiikeneradoilla, joilla joudutaan käyttämään säännöllisiä työrajoja ja henkilöjunia korvaavia bussivuoroja näiden työrajojen aikana. Tällöin yhteiskuntataloudelliset kustannukset kasvavat erityisesti henkilöliikenteessä tuottajan ylijäämän pienenty-

misen ja matkustajien aikakustannusten kasvun vuoksi. Tavaraliikenteessä vaikutusten suuruus on riippuvainen erityisesti siitä, miten työrakojen aiheuttamat aikataulumuutokset vaikuttavat vaunujen kiertoon.

## Lähteet

Banverket 2009. Beräkningshandledning. hjälpmedel för samhällsekonomiska bedömningar inom järnvägssektorn. Banverket, Verksamhetssystemet, Handbok BVH 706. 2009

Bennett, C., Greenwood, I., 2001. Modelling road user and environmental effects in HDM-4. The World Road Association 2001.

Kalliokoski, A., Ristikartano, J., Vitikka, H.; Tervonen, J. 2004. Tietyömaiden ja muiden tieliikenteen häiriötilanteiden vaikutukset. Tiehallinnon selvityksiä 34/2004. Helsinki.

Kemppinen, M., Tervonen, J. 2005. Kaistanvuokrauksen kehittäminen tienpidon hankinnoissa. Taustaraportti. Julkaisematon raportti. Tiehallinto 2005.

Liikennevirasto 2011. Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohje. Liikenneviraston ohjeita 14/2011. Helsinki 2011.

Merenkululaitos 2005. Vesiväyläinvestointien hankearviointiohje. Merenkululaitoksen julkaisuja 1/2005.

RHK 2004. Ratainvestointien hankearviointiohje. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B12/2004. Helsinki.

Ristikartano, J., Ruotoistenmäki, A., Virtala, P., Savolainen, S. 2009. Siltojen ajokustannusten määrittäminen. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 6/2009. Helsinki.

Tiehallinto 2000. Tietyömaiden liikennehaittojen arviointi. Tielaitoksen selvityksiä 14/2000. Helsinki.

Tiehallinto 2005. Kaistanvuokrauksen soveltamisohje tienpidon hankintoihin, Ohje-luonnos. Julkaisematon raportti. Tiehallinto 2005.

Tiehallinto 2008. Tiehankkeiden arviointiohje. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto. Helsinki 2008.

UK Department for Transport, 2002. Economic assessment of road maintenance. The Quadro Manual. Design manual for roads and bridges: Volume 14.

Vägverket 2009a. Effektsamband för vägtransportsystemet, Gemensamma förutsättningar. Vägverket, Publikation 2009:150. Borlänge 2009.

Vägverket 2009b. Effektsamband för vägtransportsystemet, Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog. Vägverket, Publikation 2009:151. Borlänge 2009.





