

Heikki Rautakorpi

Pienten siltojen elinkaarikustannukset



Heikki Rautakorpi

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 4/2004

Laattakehäsilta ja teräksinen putkisilta alikulkukäytävänä

ISSN 1457-991x
TIEH 4000405

ISSN 1458-1561 (www.tiehallinto.fi)
TIEH 4000405-v (www.tiehallinto.fi)

Edita Prima Oy
Helsinki 2004

Julkaisua myy/saatavana:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Telefaksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011

Tiehallinto
Siltatekninen tuki
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 2211

Heikki Rautakorpi: Pienten siltojen elinkaarikustannukset. Helsinki 2004. Tiehallinto, Sil-
tatekninen tuki. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 4/2004. 30 s. + liitt. 10 s. ISSN 1457-991x,
TIEH 4000405.

Asiasanat: Sillat, elinkaari, kustannukset

TIIVISTELMÄ

Selvityksessä tarkastellaan neljää eri siltatyyppiä:

- betonista ulokelaattaa
- betonista laattakehää
- teräslevyholvisiltaa
- teräksistä putkisiltaa.

Kustakin siltatyyppistä tarkastellaan erikseen vesistösiltaa ja alikulkukäytävää. Siltojen mitat on valittu siten, että aukkomitat vastaavat mahdollisuuksien mukaan toisiaan. Kaikissa silloissa perustaminen oletetaan maanvaraiseksi.

Kullekin vaihtoehdolle esitetään arviot rakennuskustannuksista ja muista sil-
lan elinkaaren aikana syntyvistä kustannuksista, joita ovat

- ylläpitokustannukset
- peruskorjaus- tai uusimiskustannukset
- liikennehaittakustannukset peruskorjausten tai uusimisen aikana
- purkamiskustannukset.

Liikennehaittakustannukset arvioidaan kolmelle erilaiselle tieosalle:

- vähäliikenteinen tie (500 ajon./vrk)
- liikennemäärältään tavanomainen tie (5000 ajon./vrk)
- vilkasliikenteinen tie (25000 ajon./vrk).

Nykyarvolaskelmissa käytetään diskonttokorkona 5% ja 3%.

Tuloksena esitetään siltojen elinkaarikustannukset nykyarvokustannuksina ja suhteutettuna rakennuskustannuksiin. Eriksen tarkastellaan liikennemää-
rän, peruskorjausajan ja käytettävän diskonttokoron vaikutusta elinkaarikus-
tannuksiin.

SAMMANFATTNING

I utredningen betraktas fyra olika brotyper

- plattbro i betong
- rambro i betong
- valv av stålplåtar
- rörbro av stålplåtar.

För varje brotyp betraktas separat bro över vattenväg och gångtunnel. Broarnas mått har valts så att öppningens dimensioner motsvarar varandra så gott som möjligt. Inga pålar antas behövas vid grundläggningen.

För varje alternativ presenteras beräkningarna för byggkostnader och andra kostnader under brons livstid, vilka är

- underhållskostnader
- renoveringskostnader
- trafik kostnader under renoveringen
- demoleringskostnader.

Trafikkostnaderna uppskattas för tre olika vägsträckor:

- lågtrafikerad väg (500 fordon/dygn)
- normalt trafikerad väg (5000 fordon/dygn)
- livligt trafikerad väg (25000 fordon/dygn).

I nuvärdeberäkningarna användes som diskonteringsränta 5% och 3%.

Som resultat presenteras broarnas livscykelkostnader som nuvärdekostnader och relativa kostnader jämfört med byggkostnaderna. Skilt betraktas trafikmängdens, renoveringstidens och diskonteringsräntans inverkan på livscykelkostnaderna.

Heikki Rautakorpi: Pienten siltojen elinkaarikustannukset. [The life cycle costs of small bridges] Helsinki 2004. Finnish Road Administration. Finnra Internal Reports 4/2004. 30 p. + app. 10 p. ISSN 1457-991x, TIEH 4000405.

Keywords: Bridges, Life cycle, Costs

SUMMARY

Four different types of bridges are examined in this investigation:

- concrete cantilever bridge
- concrete slab frame bridge
- arch bridge of steel plates
- tube bridge of steel plates.

The waterway bridge and underpass are examined separately for each type of bridge. Dimensions of the bridges have been chosen so that the clearances correspond to each other as closely as possible. All bridges are supposed to be grounded without piles.

Estimates for building costs and other life cycle costs are presented. The other life cycle costs are

- maintenance costs
- renovation costs
- traffic costs caused by the renovations
- demolition costs.

Traffic costs are estimated for three different road types:

- low traffic road (500 vehicles per day)
- normal traffic road (5000 vehicles per day)
- crowded road (25000 vehicles per day).

Two different interest rates, 5% and 3%, are used in the present value calculations.

The results contain life cycle costs of the bridges as present value costs and as the relative costs in proportion to the building costs. Influence of the amount of traffic, of the discount rate and of the renovation time are examined separately.

ESIPUHE

Tämän elinkaariselvityksen on laatinut Heikki Rautakorpi SCC Viatek Oy:stä. Tarkoituksena oli selvittää alikulkukäytäviksi soveltuvien siltojen elinkaari-kustannukset sadan vuoden aikana. Kustannuksissa ei huomioitu ympäris-tökustannuksia, mutta kylläkin liikennehaittakustannukset. Tulokseksi toivot-tiin kerrointa, jolla investointikustannukset on kerrottava jotta saadaan koko-naiskustannusten nykyarvo oikeudenmukaisen kustannusvertailun pohjaksi.

Työtä on ohjannut asiantuntijaryhmä johon on kuulunut Matti Piispanen, Ti-mo Repo, Timo Tirkkonen sekä Juhani Vähäaho Tiehallinnosta. Asiantunti-joina on kuultu tiepiirien siltainsinöörejä, Erkki Vesikaria VTT:ltä ja kes-kushallinnon eri alojen asiantuntijoita.

Helsinki helmikuu 2004

Tiehallinto
Siltatekninen tuki

Sisältö

TIIVISTELMÄ	5
SAMMANFATTNING	6
SUMMARY	7
ESIPUHE	9
1 JOHDANTO	13
2 SELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT	13
2.1 Siltavaihtoehdot	13
2.1.1 Betoninen ulokelaatta	14
2.1.2 Betoninen laattakehäsilta	15
2.1.3 Teräslevyholvisilta	16
2.1.4 Teräksinen putkisilta	17
2.2 Ylläpito- ja korjauskustannusten laskentaperusteet	18
2.3 Liikennekustannusten arviointiperusteet	19
2.4 Diskonttokorko	19
3 ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKENTA	20
3.1 Ainemenekit ja rakennuskustannukset	20
3.2 Muut sillan elinkaaren aikana syntyvät kustannukset	20
3.3 Kustannusten nykyarvon laskenta	21
4 TULOKSET	22
4.1 Siltojen rakennuskustannukset	22
4.2 Elinkaarikustannukset	23
4.3 Siltapaikan liikennemäärän vaikutus elinkaarikustannuksiin	26
4.4 Korjaus- tai asennusajan vaikutus elinkaarikustannuksiin	27
4.5 Käytettävän diskonttokoron vaikutus elinkaarikustannuksiin	28
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
KIRJALLISUUSLUETTELO	30
LIITE 1. RAKENNUSKUSTANNUKSET	31
LIITE 2A. VÄHÄINEN LIIKENNE, KORKO 5 %.	32
LIITE 2B. TAVANOMAINEN LIIKENNE, KORKO 5 %.	33
LIITE 2C. VILKAS LIIKENNE, KORKO 5 %.	34
LIITE 2D. VÄHÄINEN LIIKENNE, KORKO 3 %.	35

LIITE 2E. TAVANOMAINEN LIIKENNE, KORKO 3 %.	36
LIITE 2F. VILKAS LIIKENNE, KORKO 3 %.	37
LIITE 2G. TAVANOMAINEN LIIKENNE, KORKO 1 %.	38
LIITE 3A. YHTEENVETO ELINKAARIKUSTANNUSTEN JAKAUTUMISTA, KORKO 5 %.	39
LIITE 3B. YHTEENVETO ELINKAARIKUSTANNUSTEN JAKAUTUMISTA, KORKO 3 %.	40

1 JOHDANTO

Siltavaihtoehtojen vertailussa huomioidaan yleensä liikenneteknisten ja ulkonäköseikkojen lisäksi arvioidut rakennuskustannukset. Viime aikoina on yhä enemmän ruvettu kiinnittämään huomiota myös muihin kustannuksiin, jotka aiheutuvat rakentamisen jälkeisistä toimenpiteistä. Tällöin puhutaan sillan elinkaarikustannuksista. Tässä selvityksessä ei rakennuttamis- ja suunnittelukustannuksia lasketa mukaan sillan elinkaarikustannuksiin.

Elinkaarikustannuksiin luetaan rakennuskustannusten lisäksi hoito- ja ylläpitokustannukset sekä peruskorjauksesta ja uusimisesta aiheutuneet kustannukset. Periaatteessa on huomioitava myös rakenteiden hävittämisestä aiheutuneet kustannukset sillan käyttöiän lopussa. Tällöin joudutaan huomioimaan ympäristönäkökohdat ja arvioimaan tulevaisuudessa jätteiden käsittelylle asetettavia vaatimuksia. Se on vaikea tehtävä, mutta onneksi purkamiskustannusten vaikutus on moniin muihin osakustannuksiin verrattuna hyvin pieni. Purkamiskustannusten osalta riittääkin suuruusluokan arviointi.

Silloille on ominaista, että korjaus- ja uusimistyöt aiheuttavat eriasteisia häiriöitä liikenteelle. Kansantalouden kannalta katsottuna liikenteen häiriöt aiheuttavat yhteiskunnalle kustannuksia, jotka on pyrittävä huomioimaan elinkaarilaskelmissa. Liikennekustannusten arviointi onkin eräs tämän selvityksen päätehtävistä.

Suomen tieverkolle on rakennettu paljon teräksisiä putkisiltoja, joiden uusiminen tulee lähivuosina ajankohtaiseksi. Tällöin joudutaan ratkaisemaan, millaisia siltatyyppejä jatkossa käytetään, esim. korvataanko silta samantyyppisellä teräsputkella vai käytetäänkö betonirakenteista siltatyyppejä. Päättöksiä tehtäessä pitäisi kiinnittää huomiota myös ylläpito- ja korjauskustannuksiin sekä liikenteelle aiheutettuihin häiriöihin. Tässä selvityksessä pyritään kehittämään työkaluja korvausinvestointeja koskevien päätösten tekemiseen.

2 SELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Siltavaihtoehdot

Tässä työssä tarkastellaan seuraavia neljää siltatyyppeä:

- betoninen ulokelaattasilta
- betoninen laattakehäsilta
- teräslevyholvisilta
- teräksinen putkisilta.

Näistä kaksi ensimmäistä on betonisiltoja ja kaksi jälkimmäistä teräksisiä monilevyrakenteita. Teräslevyholvisillassa on betoniset anturaelementit ja niihin tukeutuva teräslevyrakenne. Viimeisenä mainittu putkisilta kootaan kokonaan teräslevyistä.

Kutakin siltatyyppeä tarkastellaan erikseen vesistösiltoina ja alikulkukäytävänä. Kunkin sillan hyödylliseksi leveydeksi oletetaan 10,5 m eli kysymyksessä

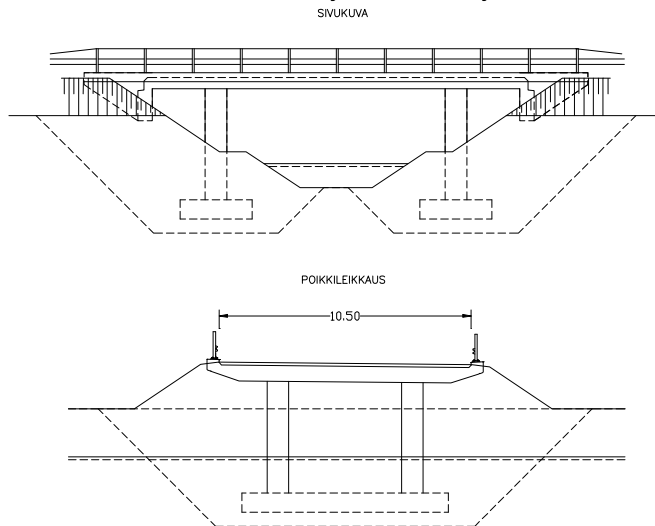
on tavanomainen kaksikaistainen tie.

Selvityksen peruslähtökohtana on se, että eri siltatyypit olisivat liikennetekni-
siltä mitoiltaan keskenään vertailukelpoiset. Työn kuluessa kuitenkin todet-
tiin, että eri siltatyypeillä on omat luonnolliset käyttöalueensa ja niiden keski-
näinen vertailu yleisellä tasolla on vaikeata. Seuraavassa esitettyjä ratkaisuja
onkin pidettävä vain suuntaa antavina.

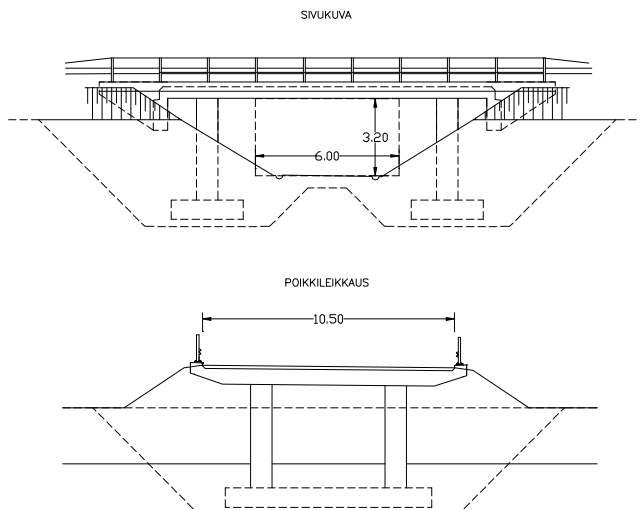
Siltapaikka oletetaan sellaiseksi, että silta voidaan rakentaa maanvaraiseksi.
Kustakin sillasta esitetään luonnostasoinen sivukuva ja poikkileikkaus. Kai-
vu- ja täyttötöiden arviointia varten piirroksiin on hahmoteltu kaivurajat. Kaivu
oletetaan tehtäväksi roudattomaan syvyyteen ja täyttömateriaali oletetaan
routimattomaksi.

2.1.1 Betoninen ulokelaatta

Ulokelaattasillan luonnokset on esitetty kuvissa 1 ja 2.



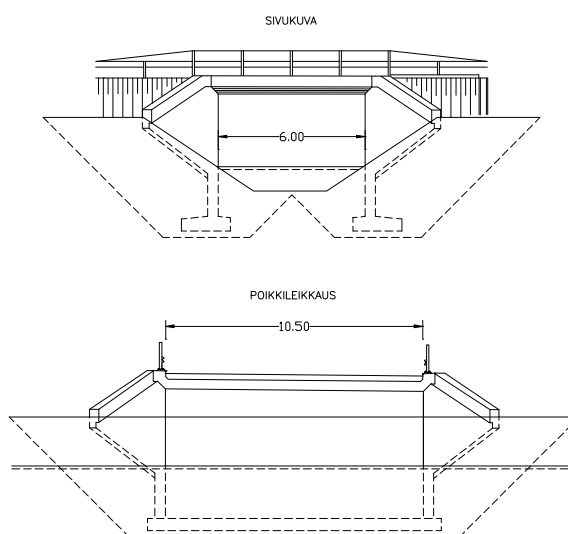
Kuva 1. Betoninen ulokelaatta vesistösilta.



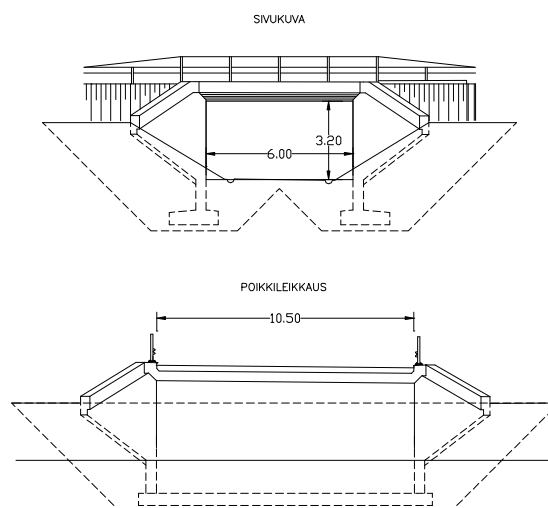
Kuva 2. Betoninen ulokelaatta alikulkukäytävänä.

2.1.2 Betoninen laattakehäsilta

Laattakehäsilan luonnokset on esitetty kuvissa 3 ja 4. Sillan tyyppi on Blk I. Vapaan aukon leveydeksi oletetaan 6 m ja alikulkukäytävässä sillan alikulkukorkeudeksi 3,2 m. Siltapaikan maasto-olosuhteet oletetaan sekä vesistö-sillassa että alikulkukäytävässä samanlaisiksi kuin edellisen kappaleen vastaavissa ulokelaattasilloissa.



Kuva 3. Betoninen laattakehä vesistösilta.

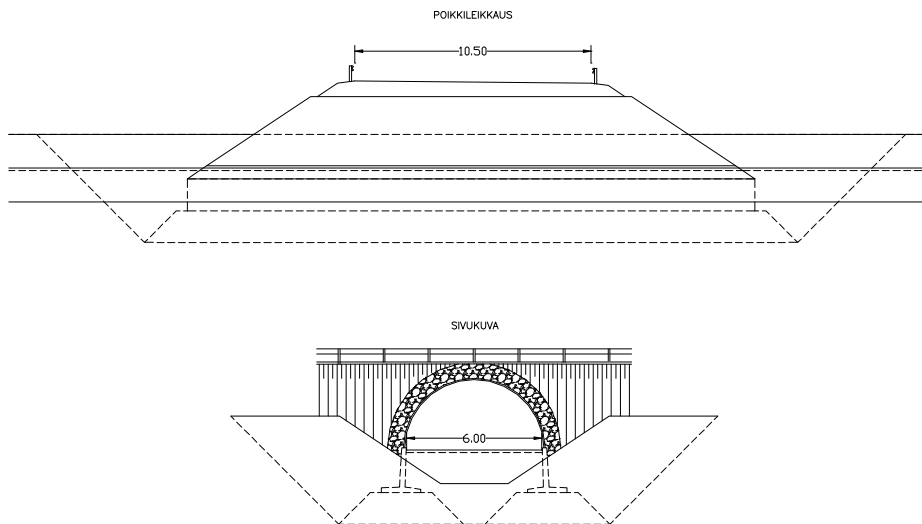


Kuva 4. Betoninen laattakehä alikulukäytävänä.

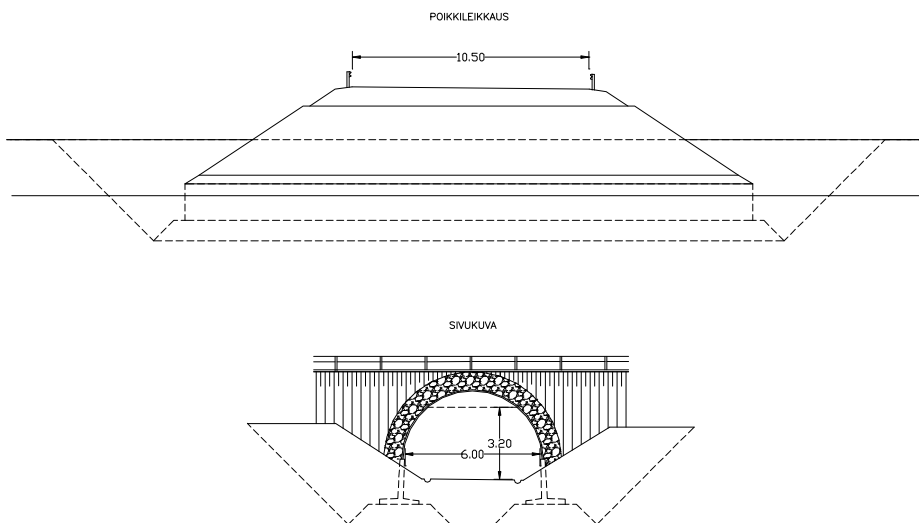
2.1.3 Teräslevyholvisilta

Teräslevyholvisillan luonnokset on esitetty kuvissa 5 ja 6. On huomattava, että tässä tapauksessa maanpinnan korkeus ja alittavan väylän tasausviivan korkeus poikkeavat edellä esitettyjen betonisiltojen vastaavista arvoista. Korkeusasemat on valittu sellaisiksi, että valittu siltatyyppi on luonteva.

Holvin kantojen leveydeksi on valittu 6,15 m. Näin saadaan siltatyyppi, joka edes jollakin tavalla vastaa aukkomitoiltaan edellä esitettyjä betonisiltoja. Suomessa tähän mennessä rakennetut teräslevyholvisillat ovat yleensä pienempiä kuin oheisessa luonnoksessa esitetyt ratkaisut. Tämä johtuu siitä, aallotettujen teräsputkien suunnitteluohje [1] koskee vain aukkomitoiltaan 5-metrisiä ja sitä pienempiä putkisiltoja.



Kuva 5. Teräslevyholvi vesistösiltana.

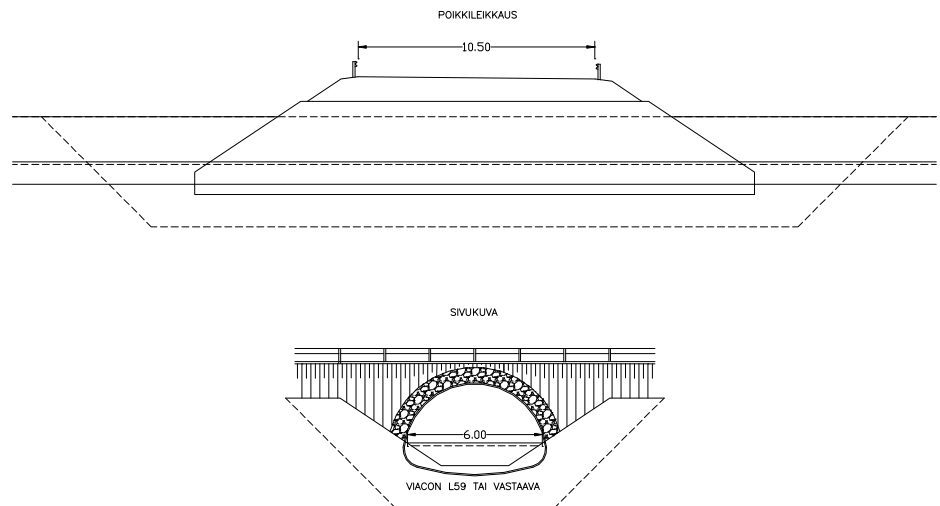


Kuva 6. Teräslevyholvi alikulkukäytävänä.

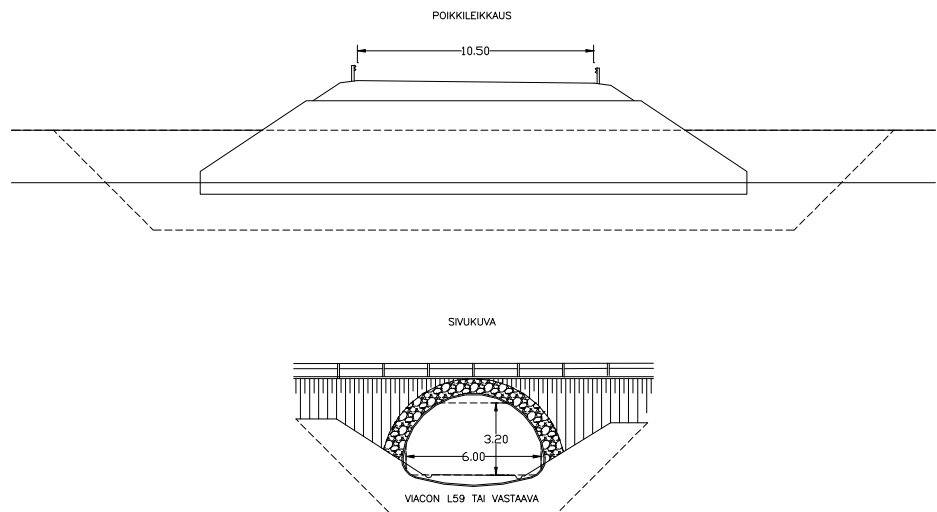
2.1.4 Teräksinen putkisilta

Teräksisen putkisillan luonnokset on esitetty kuvissa 7 ja 8. Putken poikkileikkaustyypiksi on valittu matala profiili, joka vastaa parhaiten kehäsillan aukkomittoja. Siinäkin ei tiepenger- ja putkirakenteita varten riitä sama korkeus kuin betonisessa kehäsillassa. Sen vuoksi kuvan 8 korkeustasot poikkeavat edellä esitettyjen betonisiltöjen vastaavista korkeustasoista. Putken sisämitta on valittu samaksi kuin edellisen kappaleen teräslevyholvin jännemitta, eli 6,15 metriksi.

Sekä edellisen kappaleen teräslevyholvisillassa että oheisessa teräksisessä putkisillassa ulkonäköä pyritään parantamaan luiskapintojen kiveyksellä ja putken päiden betoniverhouksella, jotka huomioidaan kustannusarviossa. Näin saadaan ratkaisut, jotka vastaavat paremmin edellä esitettyjen betonisiltöjen ulkonäköä.



Kuva 7. Teräsputki vesistösiltenä.



Kuva 8. Teräsputki alikulkukäytävänä.

2.2 Ylläpito- ja korjauskustannusten laskentaperusteet

Pienten siltojen ylläpito- ja korjauskustannuksia selvitettiin asiantuntijakyselyiden perusteella. Aiheesta keskusteltiin keskushallinnon sillankorjaus- asiantuntijoiden kanssa ja viiden eri tiepiirin siltainsinöörin kanssa. Keskusteluissa kartoitettiin seuraavia asioita:

- eri siltatyyppien vuosittaiset hoito- ja ylläpitokustannukset
- eri siltatyyppien keskimääräiset peruskorjauskustannukset
- kiertotien kustannukset siltaa uusittaessa
- korjauksen tai uusimisen arvioitu kesto-aika (häiriö liikenteelle)
- sillan arvioitu käyttöaika korjauksen jälkeen.

Samassa yhteydessä pyydettiin haastateltavia esittämään arviot eri siltatyyppien suhteellisista rakennuskustannuksista. Näin saatiin käytännön kustannustietoa selvityksen yhteydessä tehtyjen teoreettisten kustannusarvioiden tueksi.

Eri henkilöiden esittämät arviot poikkesivat joissakin tapauksissa huomattavasti toisistaan. Tämä on luonnollista, sillä nimenomaan pienten siltojen kohdalla olosuhteilla ja toteutusmuodolla on suuri vaikutus työn kestoon ja kertyviin kustannuksiin. Saatujen vastausten perusteella voitiin kuitenkin muodostaa yhtenäinen käsitys pienten siltojen ylläpito- ja korjauskustannuksista ja töiden kestoajoista. Näin päädyttiin seuraavaan taulukkoon 1, jonka tietoja käytettiin myöhemmin esitettävien tarkastelujen lähtöarvoina.

Taulukko 1. Asiantuntijakyselyiden perusteella arvioidut siltojen keskimääräiset ylläpito- korjaus- ja kiertotiekustannukset sekä korjaus- ja käyttöajat. Kaikki kustannuserät ovat arvonlisäverottomia.

Siltatyyppi	Ylläpitokustannukset	Peruskorjauskustannukset	Kiertotien kustannukset	Korjauksen tai uusimisen kesto-aika	Käyttöaika korjauksen jälkeen
	Euroa/v	Euroa	Euroa	viikkoa	v
Betoninen ulokelaattasilta	450	45000		10	35
Betoninen laattakehäsilta	450	35000		10	40
Teräslevyholvi vesistösilta	250		35000	3	50
Teräslevyholvi alikulkukäytävänä	300		25000	3	50
Teräsputki vesistösilta	200		35000	3	50
Teräsputki alikulkukäytävänä	250		25000	3	50

Betonisiltojen oletetun 100 vuoden käyttöajan kuluessa silta joudutaan peruskorjaamaan kaksi kertaa. Tässä selvityksessä kumpikin peruskorjaus oletetaan kustannusten ja liikenteelle aiheutuneen häiriöajan suhteen saman-

laisiksi. Varsinkin laattakehäsillan tapauksessa voitaisiin vaihtoehtoisesti ajatella, että toinen peruskorjaus tehdään kevennettynä, esim. 50 % ensimmäisen peruskorjauksen vastaavista volyyymeistä. Tällöin päädyttäisiin tien liikennemäärästä ja diskonttokorosta riippuen noin 1 – 12 % pienempiin elinkaarikustannuksiin.

Teräslevyholvia tai teräksisiä putkisiltoja ei oleteta peruskorjattavan, vaan ne uusitaan kokonaan 50 vuoden käyttöajan jälkeen.

2.3 Liikennekustannusten arviointiperusteet

Liikennekustannusten arviointia varten tässä tutkimuksessa tarkastellaan seuraavia kolme esimerkkityömaa:

- vähäliikenteinen työmaa	liikennemäärä 500 ajon. / vrk
- tavanomainen työmaa	liikennemäärä 5000 ajon./ vrk
- vilkasliikenteinen työmaa	liikennemäärä 25000 ajon./ vrk.

Esimerkkiä vastaavat vähäliikenteiset työmaakohteet sijaitsevat alemmalla tieverkolla harvaan asutulla alueella. Liikenteen kannalta tavanomaisia kohteita ovat valtatiet ja niitä vastaavat kohteet lähellä kaupunkeja. Vilkasliikenteinen kohde puolestaan tarkoittaa esim. Helsingissä Kehä I:llä sijaitsevia siltakohteita.

Liikennekustannuksia tarkasteltaessa lasketaan yleensä erikseen lisääjasta ja lisämatkasta aiheutuneet kustannukset. Siltatyömaiden liikennekustannuksia arvioitaessa oletetaan tässä selvityksessä, että ajoneuvojen kulkema matka ei lisääny työmaan johdosta, vaan tarvittaessa rakennetaan lyhyt kiertotie aivan siltatyömaan viereen. Lisäkustannuksia aiheutuu kuitenkin työmaan alennetusta nopeusrajoituksesta ja sen ajoneuvoille aiheuttamasta lisääjasta. Tarkkaan ottaen ajoneuvojen jarrutus ja kiihdytys lisäävät myös polttoainekustannuksia ja ajoneuvojen kulumisesta aiheutuneita kustannuksia, mikä on huomioitava haittakustannuksia arvioitaessa.

Liikennekustannusten arviointi perustuu tässä julkaisuun [12], jossa on tarkasteltu mm. Pakinkylän eritasoliittymän rakennustyömaan ja Lauttasaaren meluestetyömaan liikenteelle aiheuttamia lisäkustannuksia. Julkaisussa esitettyjen tulosten perusteella arvioidaan, että liikennemäärän ollessa 500 ajoneuvoa/ vrk liikenteen haittakustannukset ovat 0,2 Euroa/ ajoneuvo. Liikennemäärällä 25000 ajoneuvoa/ vrk haittakustannuksiksi arvioidaan 0,5 Euroa/ ajoneuvo. Muilla liikennemäärillä haittakustannusten oletetaan muuttuvan lineaarisesti edellä mainittujen arvojen välillä.

2.4 Diskonttokorko

Kustannusten nykyarvon laskennassa käytetään korkoprosenttina ns. diskonttokorkoa, jonka avulla eri aikoina syntyvät kustannuserät tehdään yhteismitallisiksi. Liikennesuunnittelussa käytetään Suomessa yleisesti 5 %:n korkokantaa. Lehtiartikkelissa [13] tarkastellaan mm. diskonttokoron valintaperusteita. Sen mukaan diskonttauslaskelmissa voidaan käyttää neljää erilaista tarkastelutapaa, joissa kussakin käytetään tavalle sopivaa korkokantaa. Tarkastelutavat ovat

- luonnon mukainen tarkastelutapa 0 %
- kansantaloudellinen tarkastelutapa 3 %
- valtiontaloudellinen tarkastelutapa 6 %
- liiketaloudellinen tarkastelutapa 9 %.

Mainitun lehtiartikkelin kirjoittaja suosittelee elinkaaritarkasteluissa käytettäväksi niinkin pientä diskonttokorkoa kuin 1 %.

Tässä selvityksessä laskelmat tehtiin yleensä kahdella eri korkokannalla, jotka olivat 5 % ja 3 %. Näiden lisäksi kappaleessa 4.5 tarkastellaan erikseen diskonttokoron vaikutusta lopputulokseen.

3 ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKENTA

3.1 Ainemenekit ja rakennuskustannukset

Siltatyömaan kaivu- ja täyttötöet arvioitiin alustavasti siltakuvissa 1...8 esitettyjen kaivurajojen sekä maanpinta- ja tienpintatietojen mukaan. Vesistösiltojen mahdollisia työnaikaisia tukiseiniä tai putkituksia ei huomioitu erikseen, vaan ne huomioitiin pelkästään kaivutöiden korkeampina yksikkökustannuksina.

Betonisiltojen muotti-, betoniteräs- ja betonimäärät laskettiin lähteen [6] ainemenekkimallien avulla. Yksinkertaisuuden vuoksi kustannusarvioissa ei tulosteta erikseen muotti- ja betoniteräsmääriä, vaan niiden vaikutus huomioidaan betonin yksikkökustannuksissa. Betonin yksikkökustannukset on laskettu yhdistettynä yksikköhintaluettelon [7] teline-, muotti-, betoniteräs ja betonikustannuksista. Putkisiltojen teräsmäärien ja betonielementtien betonimäärien arviointia varten kerättiin tietoja lähteistä [1], [2], [4] ja [5]. Muut määrät laskettiin erikseen tapauskohtaisesti.

Rakennuskustannusten arvioinnissa käytettiin julkaisussa [7] esitettyjä laskentaperiaatteita. Pääsääntöisesti käytettiin ko. julkaisussa annettuja yksikkökustannuksia, mutta joidenkin litteroiden kohdalla poikettiin keskiarvokustannuksista harkinnan mukaan joko ylöspäin tai alaspäin. Silta oletettiin alun perin rakennettavaksi uudelle tieosalle, jolloin rakentamisen aikaista liikennehaittaa ei tarvitse huomioida.

3.2 Muut sillan elinkaaren aikana syntyvät kustannukset

Betonisiltojen käyttöikätoivotteeksi on asetettu 100 vuotta. Sen vuoksi siltojen elinkaarikustannuksia laskettaessa otetaan mukaan kaikki 100 vuoden aikana siltaan kohdistuvat kustannukset. Näitä ovat rakennuskustannusten lisäksi seuraavista toimenpiteistä syntyvät kustannukset:

- vuosittaiset ylläpitokustannukset
- betonisiltojen peruskorjauskustannukset
- teräslevysiltojen uusimiskustannukset
- sillan purkamiskustannukset.

Arvioidut vuosittaiset ylläpitokustannukset on esitetty kappaleen 2.2 taulukossa 1.

100 vuoden käyttöaikana joudutaan kappaleen 2.2 oletusten perusteella tekemään betonisilloille kaksi peruskorjausta ja putkisillat joudutaan uusimaan kerran. Käyttöajan lopussa oletetaan silta purettavaksi. Sillan peruskorjauksen aikana tielle asetetaan yleensä alennettu nopeusrajoitus ja siitä aiheutuu liikenteelle haittakustannuksia. Ne huomioidaan osana sillan elinkaarikustannuksia.

Teräslevysiltojen uusimisen ajaksi oletetaan liikenteelle järjestettäväksi lyhyt kiertotie, joka ei juuri lisää ajomatkaa, mutta aiheuttaa liikennehaittaa ainakin pienennetyn nopeusrajoituksen muodossa. Elinkaarikustannuksissa huomioidaan tällöin kiertotien rakentamis- ja purkamiskustannukset sekä liikennehaitasta aiheutuvat kustannukset.

Sillan purkamiskustannusten oletetaan olevan suhteessa uuden sillan rakentamiskustannuksiin. Oletusarvona käytetään 5 % rakennuskustannuksista.

3.3 Kustannusten nykyarvon laskenta

Kustannusten nykyarvon laskennassa käytetään kaavaa

$$P = \sum_{t=1}^{100} \frac{k_t}{(1+i)^t}$$

jossa P on kustannusten nykyarvo
 k_t on vuoden t aikana kertyvät kustannukset
 i on diskonttokorko (esim. 0,03).

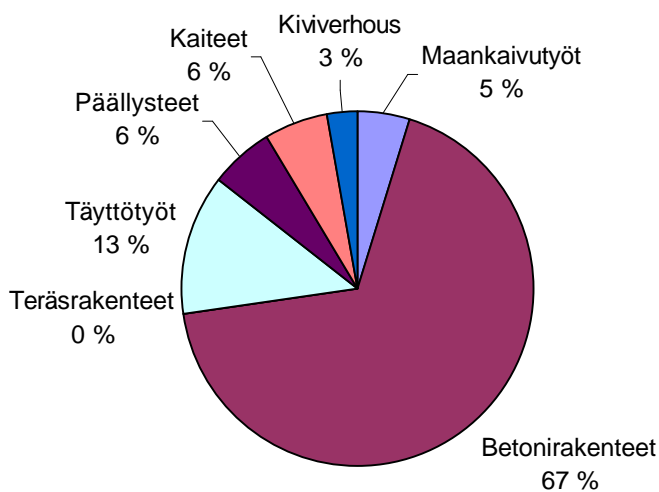
Sillan rakentamisvaiheessa syntyvät elinkaarikustannukset ovat suoraan sillan rakennuskustannukset. Muiden toimenpiteiden aikana syntyvien kustannusten nykyarvot ilmoitetaan erikseen kullekin toimenpiteelle, jotta nähtäisiin kunkin toimenpiteen kustannusvaikutus. Liikennehaittojen aiheuttamat kustannukset esitetään myös omana kohtanaan, jotta mahdollisen laskentaperusteiden muutoksen vaikutusta on helppo tarkastella.

Sillan elinkaarikustannukset ovat eri toimenpiteistä syntyvien kustannusten nykyarvojen summa.

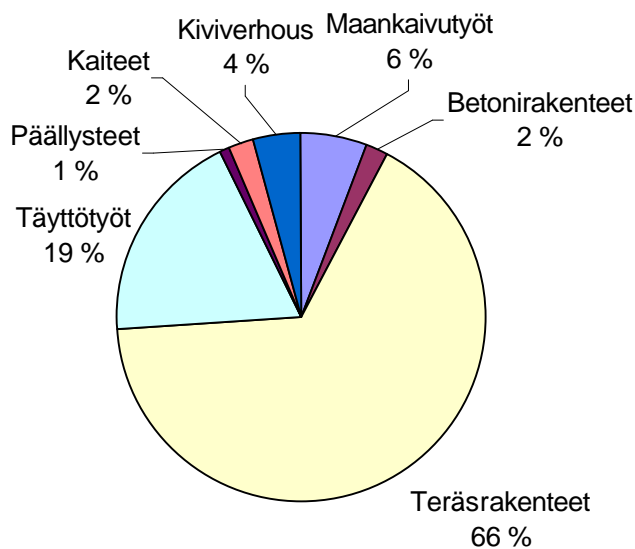
4 TULOKSET

4.1 Siltojen rakennuskustannukset

Yhteenveto kustannusarvioista ja niiden laskentaperusteista on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 1. Eri osatekijöiden vaikutus alikulkukäytävien rakennuskustannuksiin näkyy paremmin oheisista kuvista 9 ja 10. Vesistösilloissa kustannusjakautuma on samantapainen, mutta maankaivutöiden osuus on huomattavasti suurempi.

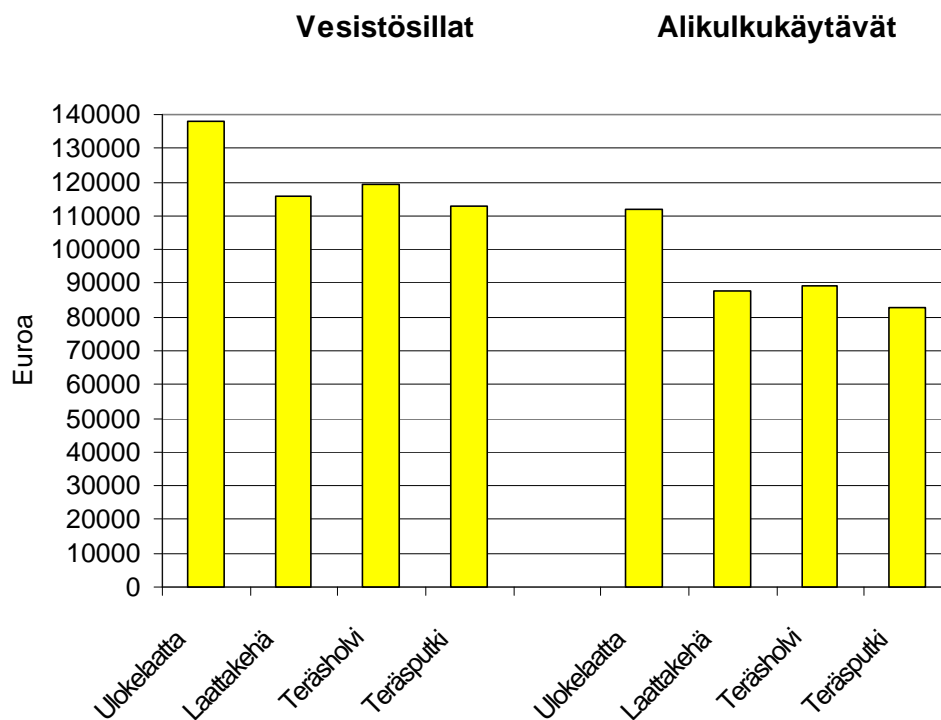


Kuva 9. Kuvan 4 mukaisen laattakehäsillan rakennuskustannusten muodostuminen eri osatekijöistä.



Kuva 10. Kuvan 8 mukaisen putkisillan rakennuskustannusten muodostuminen eri osatekijöistä.

Eri siltatyypin suhteelliset rakennuskustannukset on esitetty graafisesti kuvassa 11. Tuloksia tarkasteltaessa on huomattava, että eri siltatyypit eivät suoraan ole vertailukelpoisia keskenään, joten tuloksia on pidettävä vain suuntaa antavina.

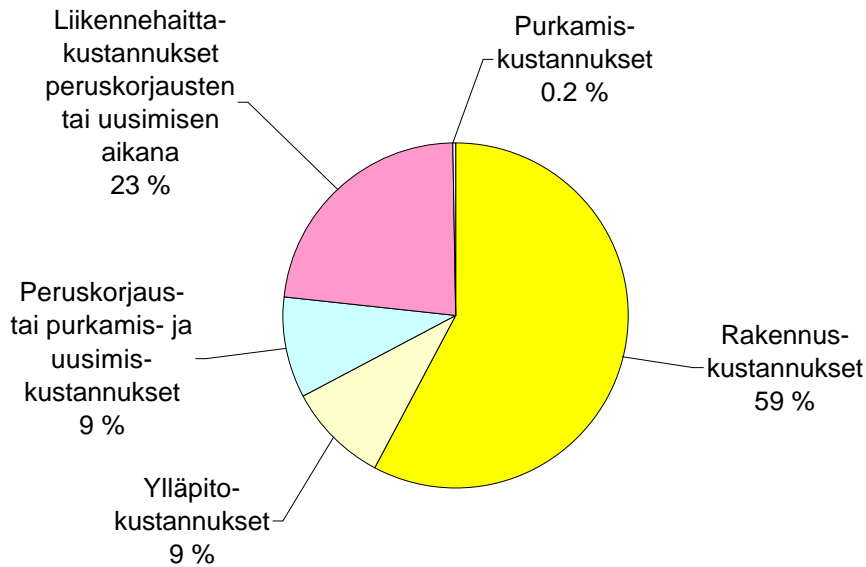


Kuva 11. Eri siltatyypin arvioidut rakennuskustannukset.

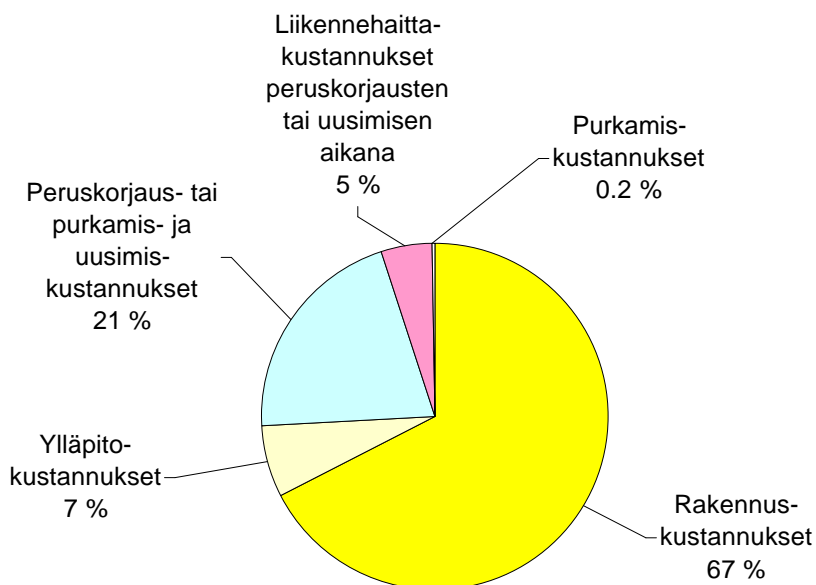
4.2 Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannusten laskentatuloksia eri siltatyypeille ja erilaisille siltapaikan liikennemäärille on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 2 ja kaavioina liitteessä 3.

Eri toimenpiteiden vaikutuksesta sillan elinkaarikustannuksiin on kuvissa 12 ja 13 esitetty pari esimerkkiä.

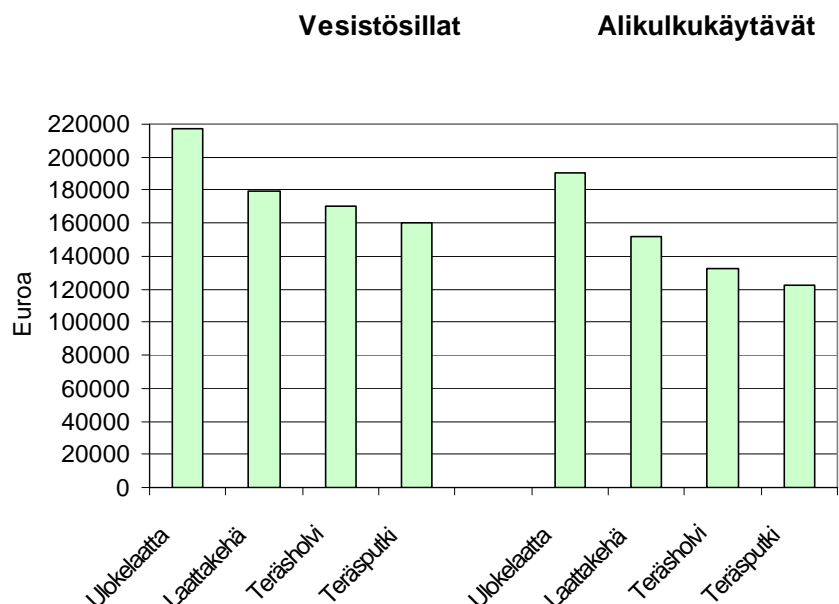


Kuva 12. Alikulkuna toimivan laattakehäsilän elinkaarikustannusten muodostuminen eri osatekijöistä. Siltapaikan liikennemääränä on käytetty 5000 ajon/vrk ja diskonttokorkona 3 %.



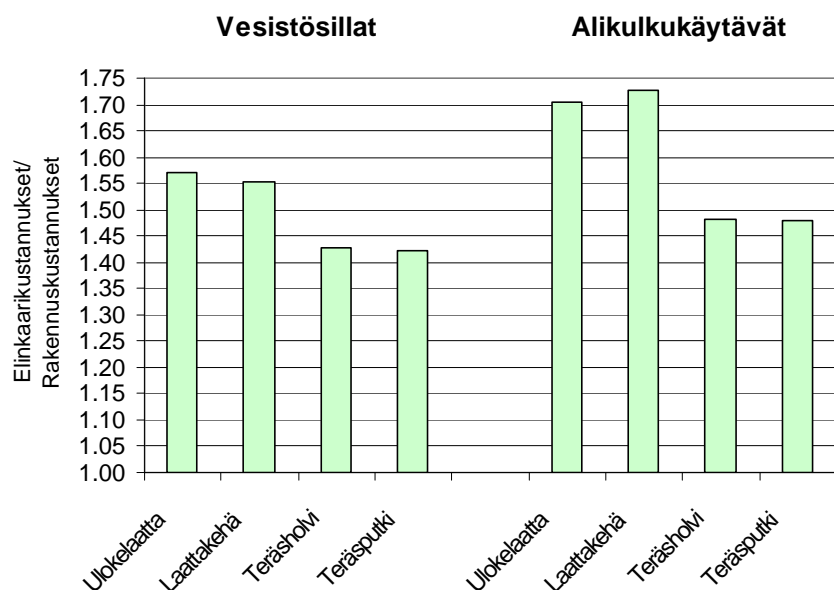
Kuva 13. Alikulkuna toimivan teräksisen putkisilän elinkaarikustannusten muodostuminen eri osatekijöistä. Siltapaikan liikennemääränä on käytetty 5000 ajon/vrk ja diskonttokorkona 3 %.

Kuvassa 14 on esimerkki eri siltatyypin elinkaarikustannuksista. On huomattava, että eri siltatyypit eivät tässä ole keskenään vertailukelpoisia. Niinpä tuloksia onkin pidettävä vain suuntaa antavina.



Kuva 14. Eri siltatyypin arvioidut elinkaarikustannukset, kun siltapaikan liikennemääränä on käytetty 5000 ajon/ vrk ja diskonttokorkona 3 %.

Kun elinkaarikustannuksia verrataan sillan rakennuskustannuksiin, saadaan kuvan 15 mukaiset suhteelliset kustannukset.

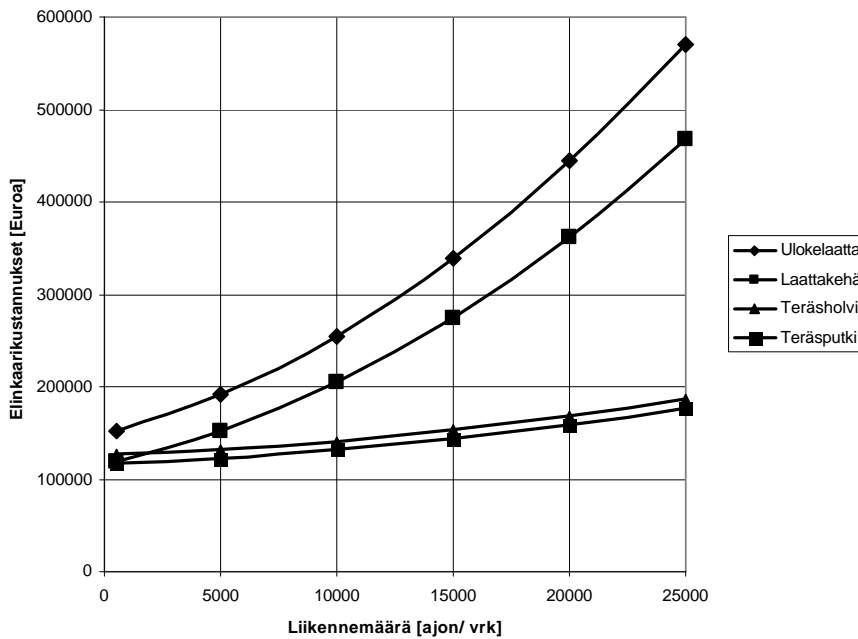


Kuva 15. Eri siltatyypin suhteelliset elinkaarikustannukset, kun siltapaikan liikennemääränä on käytetty 5000 ajon/ vrk ja diskonttokorkona 3 %.

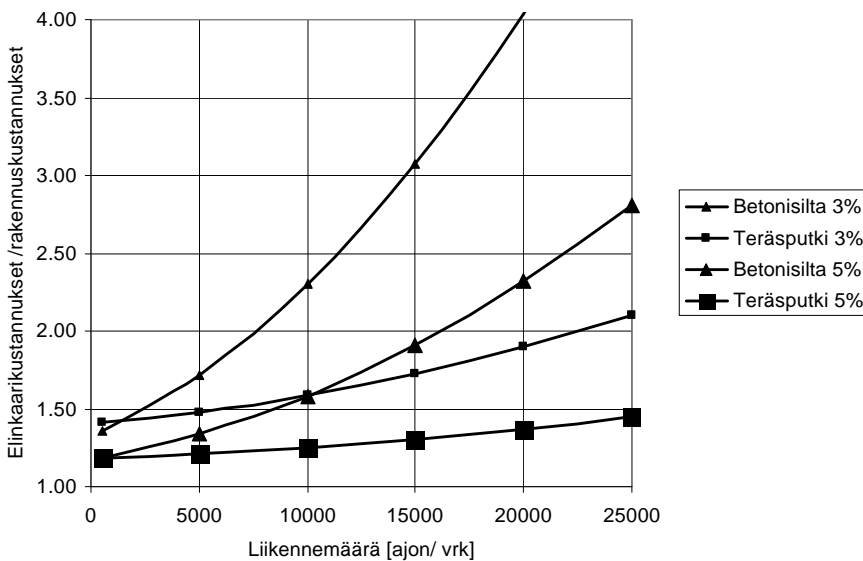
Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan lähemmin eri tekijöiden vaikutusta siltojen elinkaarikustannuksiin.

4.3 Siltapaikan liikennemäärän vaikutus elinkaarikustannuksiin

Liikennemäärän arvioitu vaikutus pienten siltojen elinkaarikustannuksiin käy ilmi kuvista 16 ja 17.



Kuva 16. Erityyppisten alikulkukäytävien arvioitujen elinkaarikustannukset erilaisille liikennemäärille. Diskonttokorkona on käytetty 3 %.



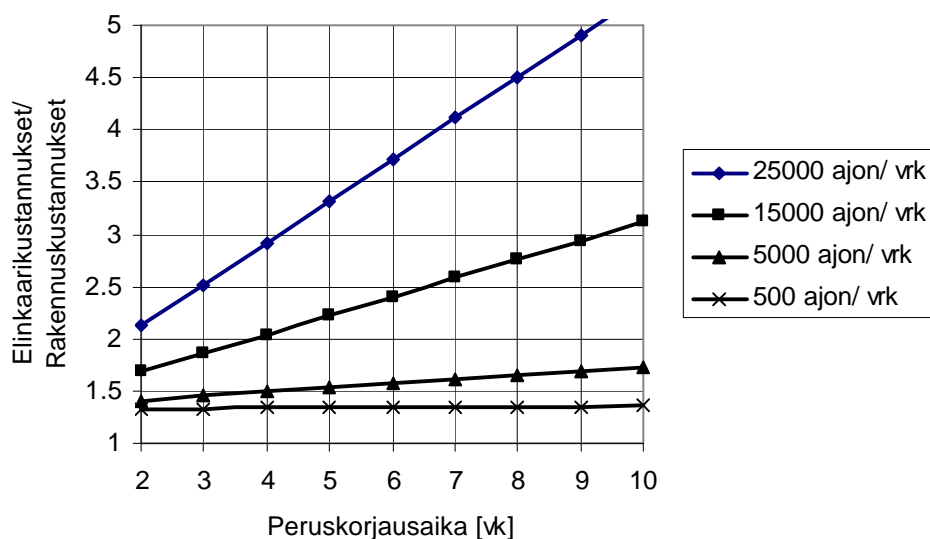
Kuva 17. Keskimääräiset elinkaarikustannukset suhteessa vastaaviin rakennuskustannuksiin.

Kuvista nähdään, että erityisesti betonisiltojen tapauksessa liikennemäärä vaikuttaa hyvin paljon elinkaarikustannuksiin. Vaikutus korostuu pienellä dis-

konttokoron arvolla. Lopputulokseen vaikuttaa lähinnä peruskorjausajan pituus, joka on betonisiltojen tapauksessa oletettu huomattavasti suuremmaksi kuin teräsputkia uusittaessa.

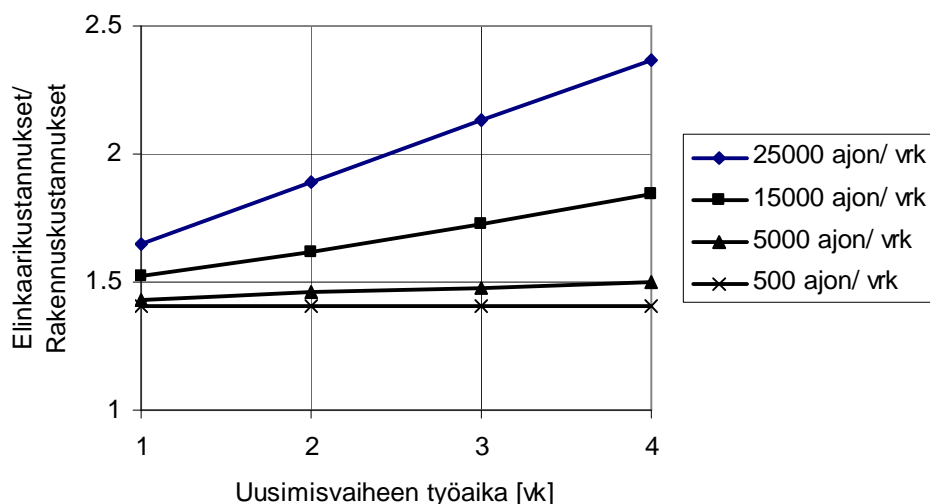
4.4 Korjaus- tai asennusajan vaikutus elinkaarikustannuksiin

Betonisillan peruskorjauksen kestoajan vaikutusta elinkaarikustannuksiin voidaan arvioida kuvasta 18, jossa on esitetty suhteelliset kustannusarvot muutamalle liikennemäärälle. Oletettu korjausaika vaihtelee 2 ja 10 viikon välillä.



Kuva 18. Korjausajan vaikutus alikulkukäytävänä toimivan laattakehäsillan suhteellisiin elinkaarikustannuksiin. Diskonttokoroksi on oletettu 3 %.

Kuvan 19 avulla voidaan puolestaan arvioida teräksisen putkisillan asennusajan vaikutusta elinkaarikustannuksiin.

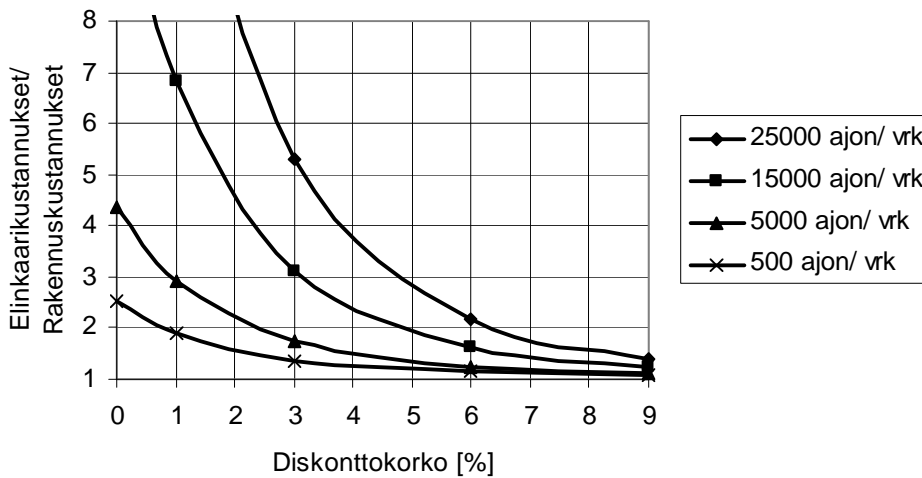


Kuva 19. Korjausajan vaikutus alikulkukäytävänä toimivan teräksisen putkisillan suhteellisiin elinkaarikustannuksiin. Diskonttokoroksi on oletettu 3 %.

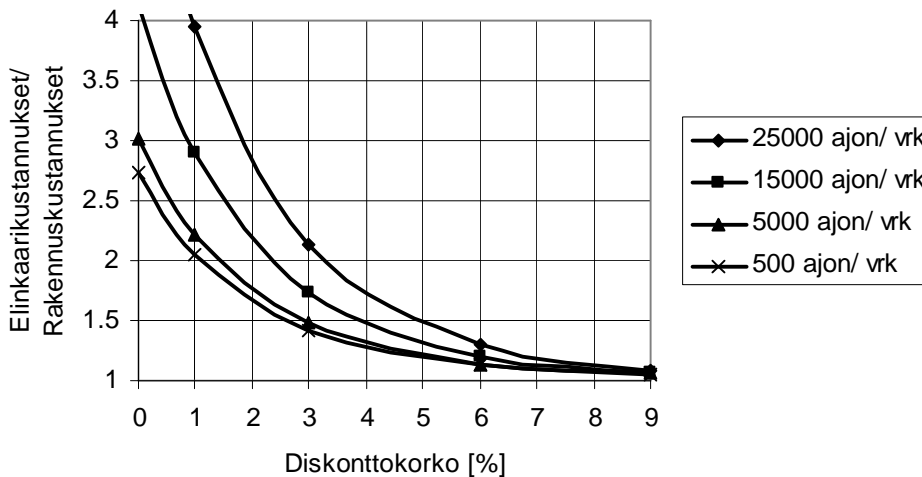
Tuloksista nähdään, että suurilla liikennemäärillä elinkaarikustannuksia voidaan oleellisesti pienentää lyhentämällä korjaus- tai asennusaikaa. Sen sijaan vähäliikenteisissä kohteissa ei korjaus- tai asennusajalla ole juurikaan merkitystä.

4.5 Käytettävän diskonttokoron vaikutus elinkaarikustannuksiin

Diskonttokoron vaikutusta lopputuloksiin on havainnollistettu kuvissa 20 ja 21.



Kuva 20. Diskonttokoron vaikutus alikulkukäytävänä toimivan laattakehäsilän suhteellisiin elinkaarikustannuksiin.



Kuva 21. Diskonttokoron vaikutus alikulkukäytävänä toimivan teräksisen putkisillan suhteellisiin elinkaarikustannuksiin.

Tuloksista nähdään, että diskonttokoron vaikutus korostuu suurilla liikennemäärillä. Betonisillan tapauksessa koron vaikutus on selvästi isompi kuin teräksisen putkisillan tapauksessa. Tämä johtuu lähinnä peruskorjausajan pituudesta putkisillan uusimisen vaatimaan aikaan verrattuna.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennuskustannukset muodostavat vain osan siltojen elinkaarikustannuksista. Rakentamisen jälkeiset toimenpiteet ja tapahtumat aiheuttavat lisäkustannuksia, jotka pyritään tulevaisuudessa huomioimaan taloudellisia vertailuja tehtäessä. Tämän selvityksen avulla haluttiin muodostaa käsitys lisäkustannusten suuruudesta verrattuna rakennuskustannuksiin. Selvityksen tuloksena voidaan todeta, että tavanomaisissa kohteissa rakentamisen jälkeisten lisäkustannusten suuruus lienee nykyarvoltaan 20...70 % suuruusluokkaa, riippuen siltatyyppistä, tien liikennemäärästä ja käytettävästä diskonttokorosta. Lisäkustannusten suuruus vaihtelee kuitenkin hyvin paljon riippuen tehyistä oletuksista.

Suurin vaikutus on diskonttokorolla. Liikenneinvestointeja koskevissa vertailulaskelmissa on Suomessa sovittu käytettäväksi 5 % korkokantaa. On kuitenkin epäselvää, pitäisikö samaa arvoa käyttää myös siltojen elinkaaritarkasteluissa. Sillathan ovat pitkäikäisiä ja vaikeasti korjattavia rakenteita, mikä puoltaisi alemman korkokannan käyttöä. Joka tapauksessa on tärkeätä, että mahdollisimman pian sovitaan yksikäsitteisesti siltojen elinkaaritarkasteluissa käytettävästä korkokannasta. Näin voidaan paremmin varmistaa erilaisten aiheeseen liittyvien tarkastelujen yhteismitallisuus.

Toinen elinkaaritarkasteluihin voimakkaasti vaikuttava tekijä on liikenteen määrä edellyttäen, että liikennehaitoista aiheutuvia kustannuksia yleensäkin huomioidaan. Liikenteen vaikutus korostuu eräissä harvoissa liikenteellisesti vilkkaissa kohteissa, mutta tällöin puhutaankin todella suurista kustannuksista. Kustannusten suuruuteen vaikuttaa tietenkin se, millaisia ajoneuvojen aika- ja matkakustannuksia käytetään. Tehdyn selvityksen perusteella vaikuttaa siltä, että Suomessa ei ole toistaiseksi käytössä mitään yleisesti hyväksytyjä menetelmiä, joiden avulla nimenomaan paikallisen häiriön vaikutusta liikenteeseen voitaisiin arvioida.

Selvityksen perusteella näyttää siltä, että vilkkaimmin liikennöidyillä paikoilla kannattaisi kehittää siltojen teknisiä ratkaisuja sellaisiksi, että korjaus- ja uudelleenrakentamisajat jäisivät nykyistä pienemmiksi. Ratkaisuna voisi olla esim. elementtitekniikan kehittäminen tai siirtotekniikan käyttö. Perinteisessä korjausrakentamisessa kannattaisi ehkä työvaiheita nopeuttaa, vaikka siitä aiheutuisikin lisäkustannuksia. Liikennehaitoissa kustannussäästöt saattavat nimittäin olla isommat kuin rakennustyön vaatimat lisäkustannukset. Siltojen rakennustekniikan kehittäminen mainitulla tavalla on hyvin haasteellinen tehtävä, sillä työajan lyhentäminen ei saa johtaa laadun huonontumiseen nykyisiin rakenteisiin verrattuna.

Siltarakenteiden purkaminen ja hävittäminen tapahtuu niin pitkän ajan kuluessa, että niiden aiheuttamilla kustannuksilla ei yleensä ole käytännön merkitystä. Niiden vaikutus korostuu vain, jos hävittämiskustannukset nousevat ennakoitua suuremmiksi ja laskelmissa käytetään hyvin pientä diskonttokorkoa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Aallotetut teräspuutket. TIEL 2172501. Helsinki 1997.
2. Holvisilta KASI. Suunnittelukäsikirja. Rumtec Oy. 25 s.
3. Lehmus, E., Vanhatalo, L., Esiselvitys siltojen elinkaariarvioinnista. Tiehallinto (Toistaiseksi julkaisematon), 71 s.
4. Monilevyrakenteiset putkisillat. ViaPipe. 15 s.
5. Multiplate corrugated steel structures. Internet pages of Asset International.
6. Rautakorpi, H., Tiesiltojen ainemenekki- ja kustannusmallit. Tiehallinto (Toistaiseksi julkaisematon), 45 s.
7. Sillan kustannusarvio. TIEH 2100012. Helsinki 2002.
8. Sillan määräluettelo. TIEL 2172038. Helsinki 1999.
9. Siltojen hoidon, ylläpidon ja korjauksen toimintalinjat. Tielaitos. Helsinki 1998.
10. Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk I). TIEL 2163445, Helsinki 1999.
11. Teräsbetoninen ulokelaattasilta (Bul). TVH 723442, Helsinki 1986.
12. Tietyömaiden aiheuttamat lisäajokustannukset. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 44/2001, 25 s.
13. Tupamäki, O., Life cycle costing-LCC in Construction New recommendations and future views. Rakennustekniikka 5/2003, ss. 40...43.

LIITE 1. Rakennuskustannukset

Pienten siltojen elinkaarikustannukset Ainemenekit ja rakennuskustannukset

Siltatyyppi	Maankaivutyöt		Betonirakenteet		Teräsrakenteet		Täyttötyöt		Päällysteet		Kaitteet		Kiviverhous		Kust.arvio 1 000 €
	m ³	€/m ³	m ³	€/m ³	kg	€/kg	m ³	€/m ³	m ²	€/m ²	m	€/m	m ²	€/m ²	
Vesistö sillat															
Ulokelaatta	1000	15.5	200	320			1160	10.1	180	35	70	100	180	33	138
Laattakehä	890	16.0	162	350			1030	10.2	120	35	40	100	90	34	116
Teräsholvi	1975	13.0	37	450	12900	2	2255	9.8	60	10	40	34	40	80	119
Teräsputki	1210	14.9	3	450	26600	1.9	1560	10.0	60	10	40	34	35	80	113
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	890	4.2	186	320			1010	10.1	160	35	60	100	140	33	112
Laattakehä	750	4.3	137	350			875	10.2	120	35	40	100	60	34	88
Teräsholvi	1540	4	38	450	13400	1.8	1920	9.8	60	10	40	34	40	80	89
Teräsputki	905	4.2	3	450	25800	1.7	1265	10.0	60	10	40	34	35	80	83

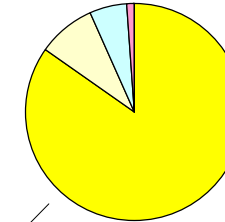
LIITE 2A. Vähäinen liikenne, korko 5 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä 500 ajon/vrk
Diskonttaus korko 5.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä 35000 euroa
Kiertotien kust. maalla 25000 euroa
Purkamiskust. 5 % uudesta

Lähtöarvoja
 Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laatta- ja alikulkulisten elinkaarikustannusten jakautuma

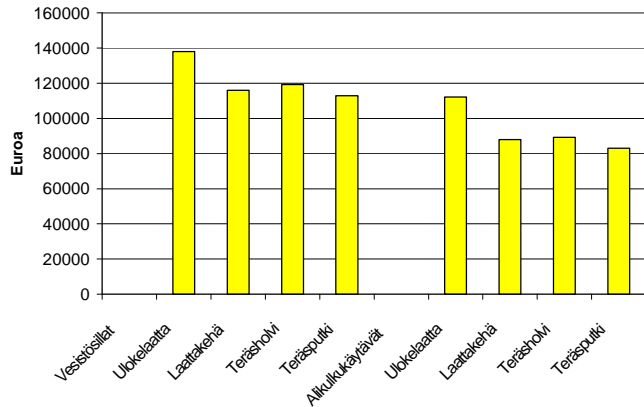


Toteutuskustannukset

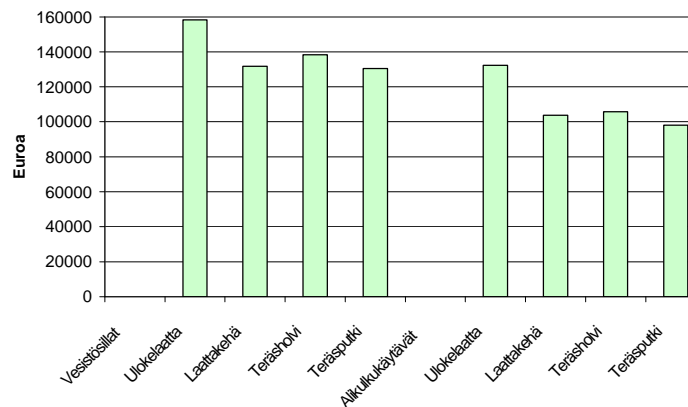
Eiinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjaus- tai uusimisen kesto-aika viikkoa	Liikennehaitta- kustannukset (Eivät mukana elinkaari- kustannuksissa) Euroa	Rakennus- kustannukset Euroa	Ylläpito- kustannukset Euroa/vuosi	Peruskorjaus- kustannukset Euroa	Purkamis- ja uusimis- kustannukset Euroa	Purkamis- kustannukset Euroa	Rakennus- kustannukset Euroa	Ylläpito- kustannukset Euroa	Peruskorjaus- tai purkamis- ja uusimisen aikana Euroa	Liikennehaitta- kustannukset Euroa	Purkamis- kustannukset Euroa	Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikennehaitta- kust./rakennus- kust.	Kustannusten nykyarvo/rakennus- kust.
Vesistö sillat															
Ulokelaatta	10	6867	138070	450	45000	6904	138070	9063	9637	1471	52	158293	0.01	1.15	
Laatta- ja alikulkuliset	10	6867	115883	450	35000	5794	115883	9063	5678	1114	44	131781	0.01	1.14	
Teräsholvi	3	2060	119230	250		5962	119230	5035	13969	180	45	138459	0.00	1.16	
Teräsputki	3	2060	112849	200		5642	112849	4028	13385	180	43	130484	0.00	1.16	
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	10	6867	112099	450	45000	5605	112099	9063	9637	1471	43	132312	0.01	1.18	
Laatta- ja alikulkuliset	10	6867	87925	450	35000	4396	87925	9063	5678	1114	33	103813	0.01	1.18	
Teräsholvi	3	2060	89195	300		4460	89195	6042	10347	180	34	105798	0.00	1.19	
Teräsputki	3	2060	83026	250		4151	83026	5035	9782	180	32	98055	0.00	1.18	

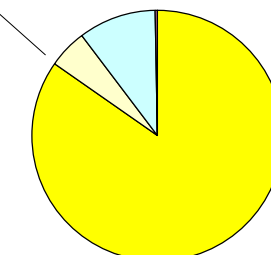
Rakennuskustannukset



Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



Putkialikulkulisten elinkaarikustannusten jakautuma



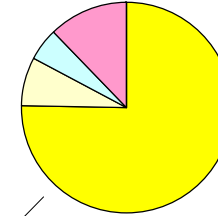
LIITE 2B. Tavanomainen liikenne, korko 5 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä	5000 ajon/vrk
Diskonttaus korko	5.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä	35000 euroa
Kiertotien kust. maalla	25000 euroa
Purkamiskust.	5 % uudesta

Light blue	Lähtöarvoja
Dark blue	Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laattakehällikulun elinkaarikustannusten jakautuma

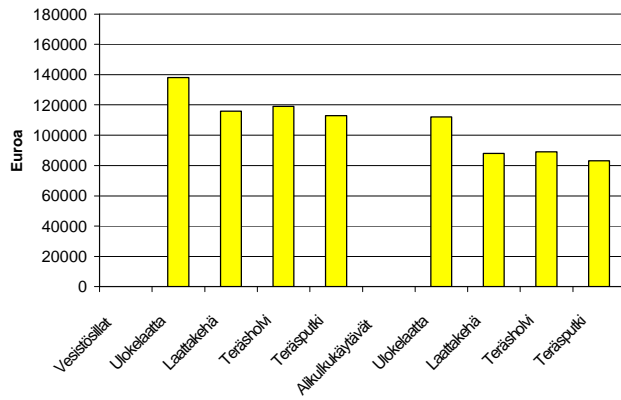


Toteutus kustannukset

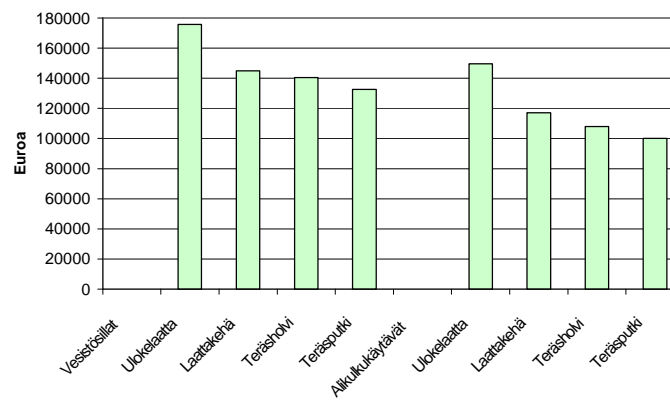
Elinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjauksen tai uusimisen aika viikkoa	Liikennehaittausten kustannukset (Eivät mukana elinkaari-kustannuksissa) Euroa	Rakennuskustannukset Euroa	Ylläpitokustannukset Euroa/vuosi	Peruskorjauskustannukset Euroa	Purkamis- ja uusimiskustannukset Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Rakennuskustannukset Euroa	Ylläpitokustannukset Euroa	Peruskorjauksen tai purkamisen ja uusimisen aikana Euroa	Liikennehaittausten tai peruskorjauksen aikana Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Elinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikennehaittausten / rakennuskust.	Kustannusten nykyarvo / rakennuskust.
Ulokelaatta	10	88200	138070	450	45000	6904	138070	9063	9637	18889	52	175711	0.14	1.27	
Laattakehä	10	88200	115883	450	35000	5794	115883	9063	5678	14308	44	144975	0.12	1.25	
Teräsholvi	3	26460	119230	250		5962	119230	5035	13969	2307	45	140587	0.02	1.18	
Teräsputki	3	26460	112849	200		5642	112849	4028	13385	2307	43	132612	0.02	1.18	
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	10	88200	112099	450	45000	5605	112099	9063	9637	18889	43	149730	0.17	1.34	
Laattakehä	10	88200	87925	450	35000	4396	87925	9063	5678	14308	33	117007	0.16	1.33	
Teräsholvi	3	26460	89195	300		4460	89195	6042	10347	2307	34	107925	0.03	1.21	
Teräsputki	3	26460	83026	250		4151	83026	5035	9782	2307	32	100182	0.03	1.21	

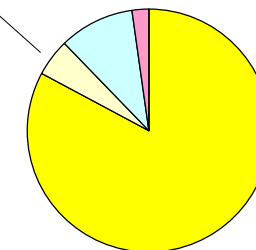
Rakennuskustannukset



Elinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



Putkialikulun elinkaarikustannusten jakautuma



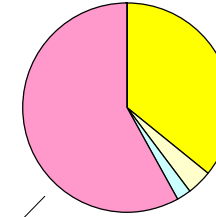
LIITE 2C. Vilkas liikenne, korko 5 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä 25000 ajon/vrk
Diskonttauskorko 5.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä 35000 euroa
Kiertotien kust. maalla 25000 euroa
Purkamiskust. 5 % uudesta

Lähtöarvoja
 Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laattakehällikulun elinkaarikustannusten jakautuma

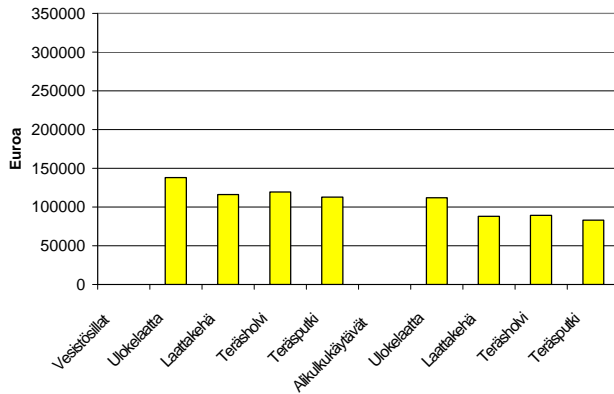


Toteutuskustannukset

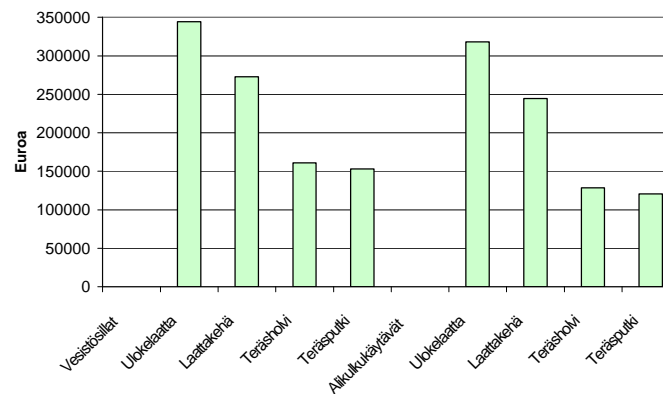
Elinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjaus- tai uusimistyön kesto-aika viikkoa	Liikennehaitta-kustannukset (Eivät mukana elinkaari-nuksissa) Euroa	Rakennus-kustannukset Euroa	Ylläpito-kustannukset Euroa/ vuosi	Peruskorjaus-kustannukset Euroa	Purkamis- ja uusimis-kustannukset Euroa	Purkamis-kustannukset Euroa	Rakennus-kustannukset Euroa	Ylläpito-kustannukset Euroa	Peruskorjaus- tai purkamis- ja uusimis-kustannukset Euroa	Liikennehaitta-kustannukset peruskorjausten tai uusimisen aikana Euroa	Purkamis-kustannukset Euroa	Elinkaarikus-tannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikennehaitta-kust./ rakennus-kust.	Kustannus-ten nykyarvo/ rakennus-kust.
Vesistösiltilat															
Ulokelaatta	10	875000	138070	450	45000	6904	138070	9063	9637	187387	52	344209	1.36	2.49	
Laattakehä	10	875000	115883	450	35000	5794	115883	9063	5678	141945	44	272612	1.22	2.35	
Teräsholvi	3	262500	119230	250		160192	119230	5035	13969	22891	45	161171	0.19	1.35	
Teräsputki	3	262500	112849	200		153491	112849	4028	13385	22891	43	153196	0.20	1.36	
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	10	875000	112099	450	45000	5605	112099	9063	9637	187387	43	318228	1.67	2.84	
Laattakehä	10	875000	87925	450	35000	4396	87925	9063	5678	141945	33	244644	1.61	2.78	
Teräsholvi	3	262500	89195	300		118655	89195	6042	10347	22891	34	128509	0.26	1.44	
Teräsputki	3	262500	83026	250		112178	83026	5035	9782	22891	32	120766	0.28	1.45	

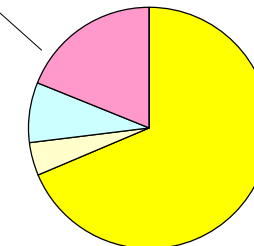
Rakennuskustannukset



Elinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



Putkialikulun elinkaarikustannusten jakautuma



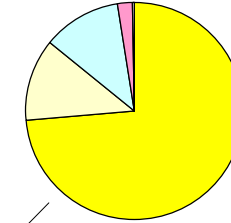
LIITE 2D. Vähäinen liikenne, korko 3 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä 500 ajon/vrk
Diskonttaus korko 3.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä 35000 euroa
Kiertotien kust. maalla 25000 euroa
Purkamiskust. 5 % uudesta

Lähtöarvoja
 Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laattakehäälikulun elinkaarikustannusten jakautuma

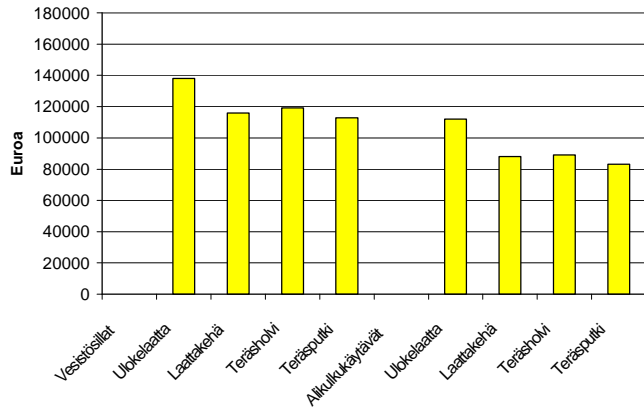


Toteutuskustannukset

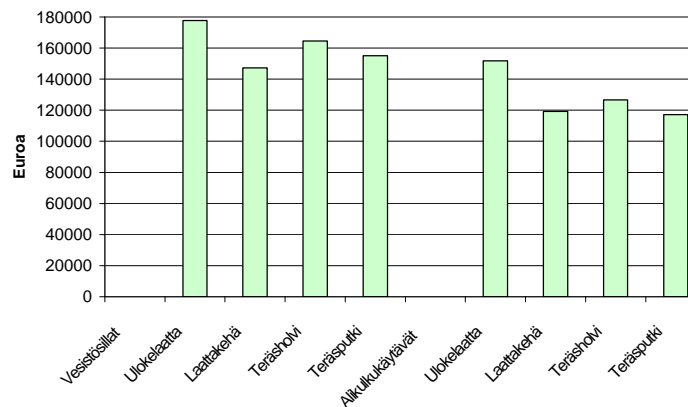
Eiinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjauksen tai uusimistyön kesto-aika viikkoa	Liikennehaittausten (Eivät mukana elinkaarin kustannuksissa) Euroa	Rakennuskustannukset Euroa	Ylläpito-kustannukset Euroa/vuosi	Peruskorjauksen kustannukset Euroa	Purkamis- ja uusimiskustannukset Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Rakennuskustannukset Euroa	Ylläpito-kustannukset Euroa	Peruskorjauksen tai uusimiskustannukset Euroa	Liikennehaittausten peruskorjauksen tai uusimisen aikana Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikennehaittausten / rakennuskust.	Kustannusten nykyarvo / rakennuskust.
Vesistö sillat															
Ulokelaatta	10	6867	138070	450	45000	6904	138070	14379	21676	3308	359	177792	0.02	1.29	
Laattakehä	10	6867	115883	450	35000	5794	115883	14379	14019	2750	301	147332	0.02	1.27	
Teräsholvi	3	2060	119230	250		5962	119230	7989	36541	470	310	164539	0.00	1.38	
Teräsputki	3	2060	112849	200		5642	112849	6391	35012	470	294	155016	0.00	1.37	
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	10	6867	112099	450	45000	5605	112099	14379	21676	3308	292	151753	0.03	1.35	
Laattakehä	10	6867	87925	450	35000	4396	87925	14379	14019	2750	229	119302	0.03	1.36	
Teräsholvi	3	2060	89195	300		4460	89195	9586	27066	470	232	126549	0.01	1.42	
Teräsputki	3	2060	83026	250		4151	83026	7989	25588	470	216	117289	0.01	1.41	

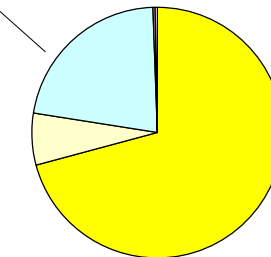
Rakennuskustannukset



Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



Putkialikulun elinkaarikustannusten jakautuma



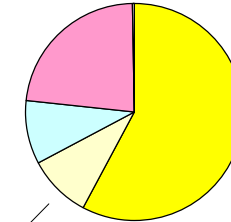
LIITE 2E. Tavanomainen liikenne, korko 3 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä 5000 ajon/vrk
Diskonttaus korko 3.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä 35000 euroa
Kiertotien kust. maalla 25000 euroa
Purkamiskust. 5 % uudesta

Lähtöarvoja
 Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laattakehällikulun elinkaarikustannusten jakautuma

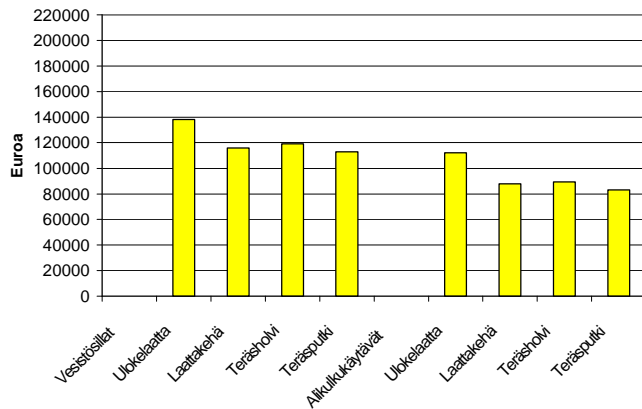


Toteutuskustannukset

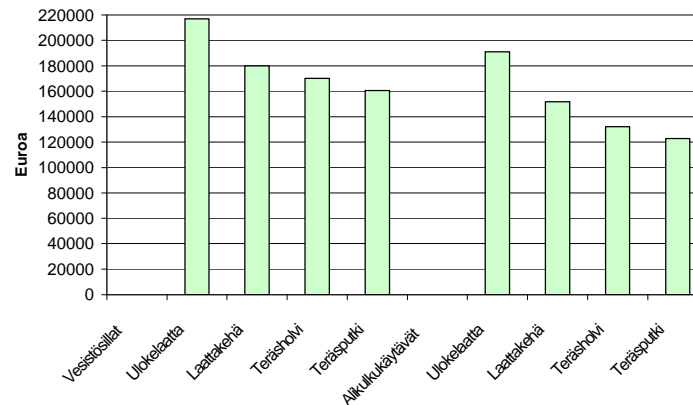
Eiinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjauksen tai uusimisen kesto-aika viikkoa	Toteutuskustannukset		Purkamis- ja uusimiskustannukset		Eiinkaarikustannusten nykyarvot		Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikennehaittausten/ rakennuskust.	Kustannusten nykyarvo/ rakennuskust.				
		Liikennehaittausten (Eivät mukana elinkaarin kustannuksissa) Euroa	Rakennuskustannukset Euroa	Ylläpitokustannukset Euroa/vuosi	Peruskorjauksen kustannukset Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Rakennuskustannukset Euroa				Ylläpitokustannukset Euroa	Peruskorjauksen tai uusimisen aikana Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	
Vesistösilat														
Ulokelaatta	10	88200	138070	450	45000	6904	138070	14379	21676	42484	359	216968	0.31	1.57
Laattakehä	10	88200	115883	450	35000	5794	115883	14379	14019	35327	301	179909	0.30	1.55
Teräsholvi	3	26460	119230	250		5962	119230	7989	36541	6036	310	170105	0.05	1.43
Teräsputki	3	26460	112849	200		5642	112849	6391	35012	6036	294	160581	0.05	1.42
Alikulkukäytävät														
Ulokelaatta	10	88200	112099	450	45000	5605	112099	14379	21676	42484	292	190930	0.38	1.70
Laattakehä	10	88200	87925	450	35000	4396	87925	14379	14019	35327	229	151879	0.40	1.73
Teräsholvi	3	26460	89195	300		4460	89195	9586	27066	6036	232	132115	0.07	1.48
Teräsputki	3	26460	83026	250		4151	83026	7989	25588	6036	216	122855	0.07	1.48

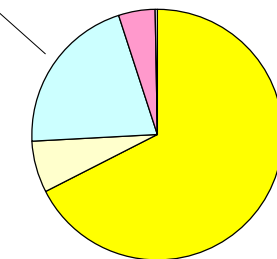
Rakennuskustannukset



Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



Putkialikulun elinkaarikustannusten jakautuma



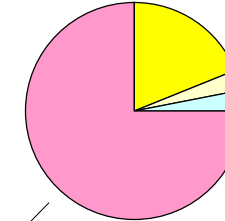
LIITE 2F. Vilkas liikenne, korko 3 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä 25000 ajon/vrk
Diskonttaus korko 3.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä 35000 euroa
Kiertotien kust. maalla 25000 euroa
Purkamiskust. 5 % uudesta

Lähtöarvoja
 Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laattakehällikulun elinkaarikustannusten jakautuma

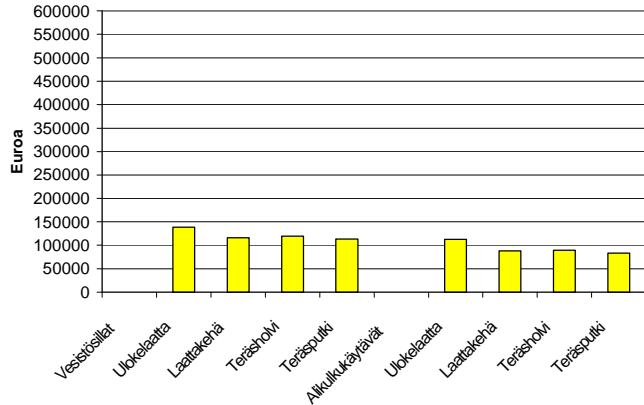


Toteutuskustannukset

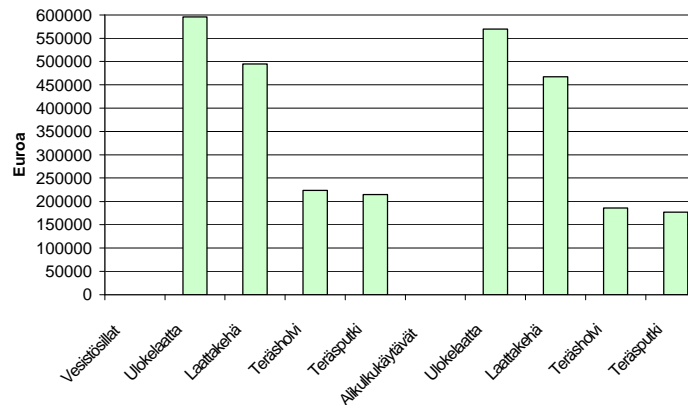
Eiinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjaus- tai uusimistyön kesto- aika viikkoa	Toteutuskustannukset				Eiinkaarikustannusten nykyarvot				Liikenne- haitta- kustannuk- set	Purkamis- kustannuk- set	Elinkaari- kustannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikenne- haitta- kust./ rakennus- kust.	Kustannus- ten nykyarvo/ rakennus- kust.	
		Liikenne- haitta- kustan- nukset (Eivät mukana eiinkaari- kustan- nuksissa) Euroa	Rakennus- kustannukset Euroa	Ylläpito- kustannukset Euroa/vuosi	Peruskorjaus- kustannukset Euroa	Purkamis- ja uusimis- kustannuk- set Euroa	Purkamis- kustannuk- set Euroa	Rakennus- kustannukset Euroa	Ylläpito- kustannukset Euroa						Peruskorjaus- tai purkamis- ja uusimis- kustannuk- set Euroa
Vesistösilat															
Ulokelaatta	10	875000	138070	450	45000	6904	138070	14379	21676	421471	359	595955	3.05	4.32	
Laattakehä	10	875000	115883	450	35000	5794	115883	14379	14019	350467	301	495049	3.02	4.27	
Teräsholvi	3	262500	119230	250		5962	119230	7989	36541	59878	310	223948	0.50	1.88	
Teräsputki	3	262500	112849	200		5642	112849	6391	35012	59878	294	214424	0.53	1.90	
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	10	875000	112099	450	45000	5605	112099	14379	21676	421471	292	569916	3.76	5.08	
Laattakehä	10	875000	87925	450	35000	4396	87925	14379	14019	350467	229	467019	3.99	5.31	
Teräsholvi	3	262500	89195	300		4460	89195	9586	27066	59878	232	185957	0.67	2.08	
Teräsputki	3	262500	83026	250		4151	83026	7989	25588	59878	216	176697	0.72	2.13	

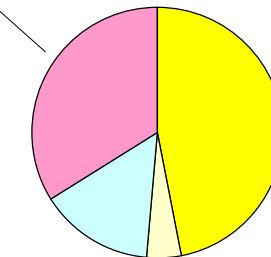
Rakennuskustannukset



Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



Putkialikulun elinkaarikustannusten jakautuma



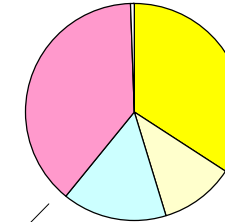
LIITE 2G. Tavanomainen liikenne, korko 1 %.

Pienten siltojen elinkaarikustannukset

Liikennemäärä 5000 ajon/vrk
Diskonttaus korko 1.0 %
Kiertotien kust. vesistöissä 35000 euroa
Kiertotien kust. maalla 25000 euroa
Purkamiskust. 5 % uudesta

Lähtöarvoja
 Lähtöarvoista johdettuja osakustannuksia

Laattakehäälikulun elinkaarikustannusten jakautuma

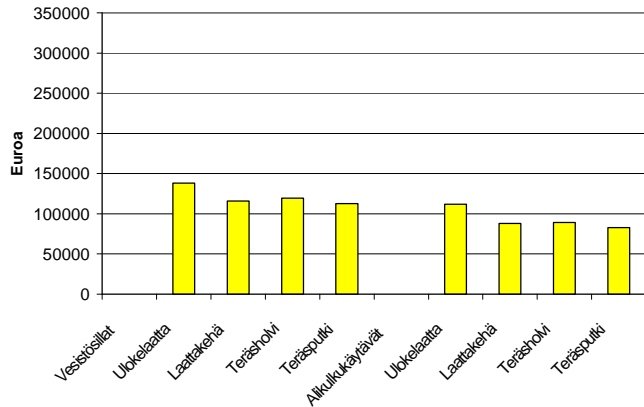


Toteutuskustannukset

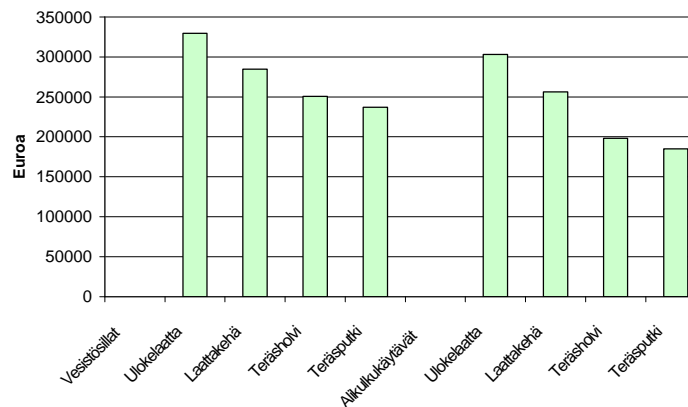
Eiinkaarikustannusten nykyarvot

Siltatyyppi	Peruskorjaus- tai uusimistyön kesto-aika viikkoa	Liikennehaitta-kustannukset (Eivät mukana elinkaari-kustannuksissa) Euroa		Ylläpito-kustannukset Euroa/vuosi	Peruskorjaus-kustannukset Euroa	Purkamis- ja uusimiskustannukset Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Rakennuskustannukset Euroa	Ylläpito-kustannukset Euroa	Peruskorjaus- tai purkamis- ja uusimiskustannukset Euroa	Liikennehaitta-kustannukset peruskorjausten tai uusimisen aikana Euroa	Purkamiskustannukset Euroa	Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä Euroa	Liikennehaitta-kust./rakennuskust.	Kustannusten nykyarvo/rakennuskust.
		Liikennehaitta-kustannukset (Eivät mukana elinkaari-kustannuksissa) Euroa	Rakennuskustannukset Euroa												
Vesistö sillat															
Ulokelaatta	10	88200	138070	450	45000	6904		138070	28493	54190	106213	2552	329518	0.77	2.39
Laattakehä	10	88200	115883	450	35000	5794		115883	28493	39297	99028	2142	284843	0.85	2.46
Teräsholvi	3	26460	119230	250		160192	5962	119230	15829	97403	16089	2204	250755	0.13	2.10
Teräsputki	3	26460	112849	200		153491	5642	112849	12663	93329	16089	2086	237016	0.14	2.10
Alikulkukäytävät															
Ulokelaatta	10	88200	112099	450	45000	5605		112099	28493	54190	106213	2072	303067	0.95	2.70
Laattakehä	10	88200	87925	450	35000	4396		87925	28493	39297	99028	1625	256369	1.13	2.92
Teräsholvi	3	26460	89195	300		118655	4460	89195	18995	72147	16089	1649	198074	0.18	2.22
Teräsputki	3	26460	83026	250		112178	4151	83026	15829	68208	16089	1535	184687	0.19	2.22

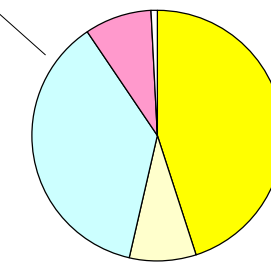
Rakennuskustannukset



Eiinkaarikustannusten nykyarvo yhteensä



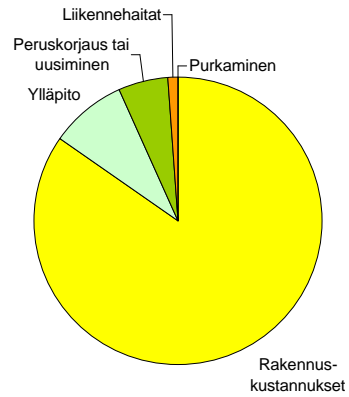
Putkialikulun elinkaarikustannusten jakautuma



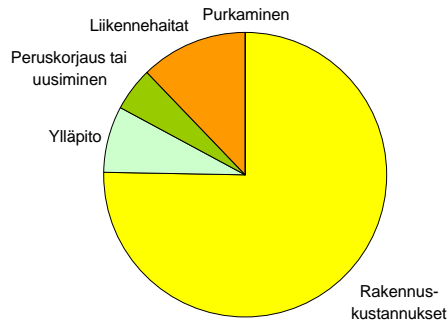
LIITE 3A. Yhteenvedo elinkaarikustannusten jakautumista, korko 5 %.

Laattakehä alikulkukäytävänä

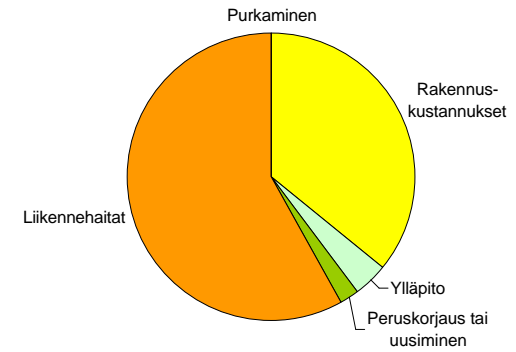
500 ajon/ vrk



5000 ajon/ vrk

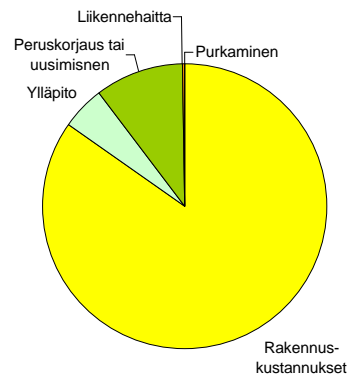


25000 ajon/ vrk

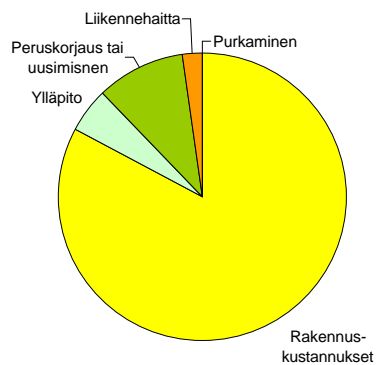


Teräspankki alikulkukäytävänä

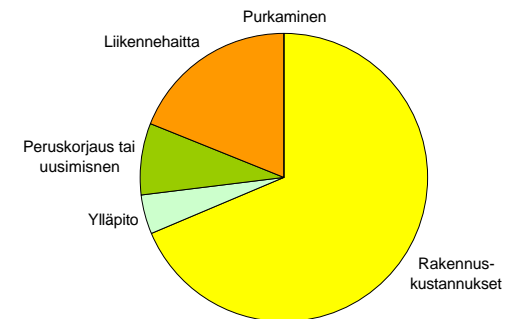
500 ajon/ vrk



5000 ajon/ vrk



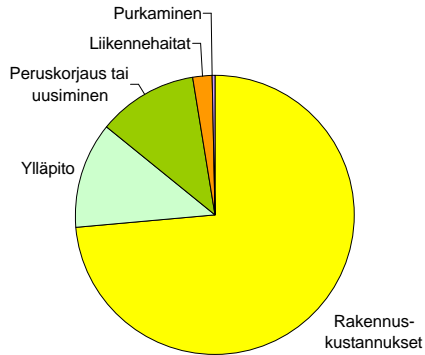
25000 ajon/ vrk



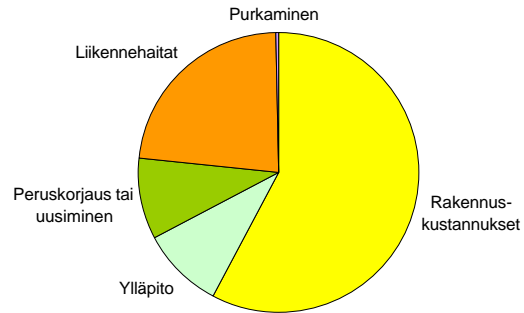
LIITE 3B. Yhteenvedo elinkaarikustannusten jakautumista, korko 3 %.

Laattakehä alikulkukäytävänä

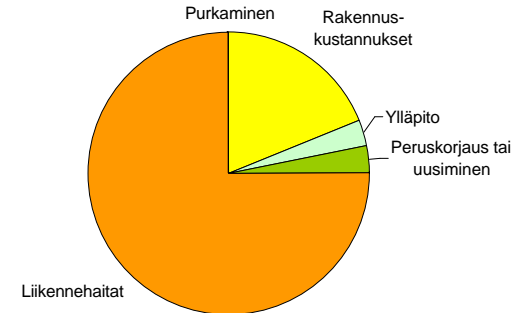
500 ajon/ vrk



5000 ajon/ vrk

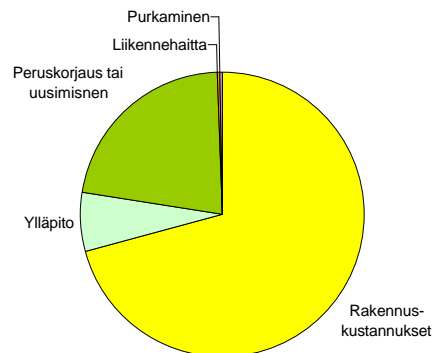


25000 ajon/ vrk

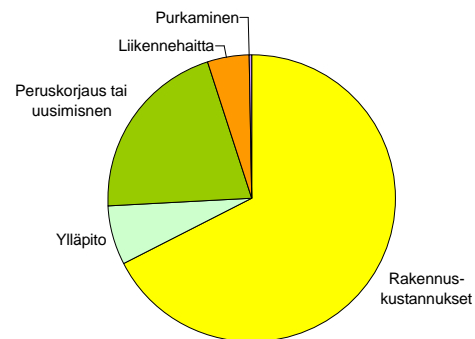


Teräsputki alikulkukäytävänä

500 ajon/ vrk



5000 ajon/ vrk



25000 ajon/ vrk

