



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Puusiltojen elinkaarikustannukset

Case: Tervassilta

Sannamari Pynnönen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talorakennustekniikka

SANNAMARI PYNNÖNEN
Puusiltojen elinkaarikustannukset
Case: Tervassilta

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 12 sivua
Toukokuu 2016

Tampereen kaupunki käynnisti vuonna 2013 puurakentamisen kehitysohjelman. Siihen liittyen on tehty 4 opinnäytetyötä ja tämä on yksi niistä. Kehitysohjelman tavoitteena on lisätä puurakentamista Tampereella ja Suomessa. Puusiltojen osuus Suomessa on vähäistä verrattuna Norjaan ja Ruotsiin. Työn tilaajana toimii TAMK ja työn tekijänä Sannamari Pynnönen. Tämän työn tarkoituksena on tuottaa tietoa puusiltarakentamisesta ja selvittää puusillan elinkaarikustannuksia.

Elinkaarikustannukset muodostuvat sillan rakentamiskustannuksista, vuosittaisista ylläpitokustannuksista, korjauskustannuksista ja purkukustannuksista. Ylläpito- ja korjauskustannusten sekä rakenneosien korjausvälejä selvitettiin kyselylomakkeen avulla puusiltojen parissa toimineilta asiantuntijoilta. Saadut tulokset koottiin Excel-taulukon ja niiden perusteella laskettiin nykyarvomenetelmällä jokaisen kustannuksen nykyarvo. Sillan elinkaarikustannukset saatiin laskemalla kustannusten nykyarvot yhteen. Taustatietoa puusilloista saatiin kirjallisuudesta.

Työssä tutkittiin puusillan elinkaarikustannukset liimapuukannella ja syrjälankutuksella, asfaltoidulla liimapuukannella sekä 50 vuotta kestäväällä puukannella. Asfaltoitu liimapuukansi oli kustannuksiltaan edullisin näistä vaihtoehdoista. Jatkossa voisi tutkia myös puusillan ympäristövaikutuksia ja verrata saatuja tuloksia samanlaiseen teräsbetoniseen siltaan.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Structural Engineering

SANNAMARI PYNNÖNEN
Life cycle costs of timber bridges
Case: Tervassilta

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 12 pages
May 2016

In 2013 the city of Tampere started an improvement program for timber construction. There have been made 4 bachelor's thesis for the program, and this is one of them. The purpose of the improvement program is to increase timber construction in Tampere and in Finland. There are not many timber bridges in Finland compared to Norway and Sweden. This bachelor's thesis is ordered by Tampere University of Applied Sciences and it is written by Sannamari Pynnönen. The purpose of this bachelor's thesis is to provide information about timber construction and examine the life cycle costs of timber bridges.

Life cycle costs consist of construction costs, annual maintenance costs, repair costs and demolition costs. Maintenance and repair costs as well as the intervals for repair were solved by interviewing professionals working in the field. The results were inserted in an Excel table. Based on these results the present values of each cost is calculated using the present value method. The life cycle costs are the sum of these present values. Background information was gathered from literature.

This bachelor's thesis analyzed the life cycle costs of a glued laminated timber deck, a glued laminated timber deck with asphalt and a timber deck that lasts 50 years. The glued laminated timber deck with asphalt had the lowest life cycle costs. In the future it would be good to do some research about the life cycle analysis of a timber bridge and compare the results to a similar concrete bridge.

Key words: bridges, timber bridges, timber structures, life cycle costs

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tausta.....	6
1.2	Tavoite	6
1.3	Menetelmät	6
1.4	Rajaukset.....	7
2	Menetelmät	8
2.1	Valmiit dokumentit	8
2.2	Kyselytutkimus	8
2.3	Haastattelututkimus	8
3	PUUSILTOJEN RAKENTAMINEN JA KORJAUS	10
3.1	Puu rakennusmateriaalina	10
3.2	Puusiltojen rakentaminen Suomessa ja pohjoismaissa	10
3.3	Puusiltojen vaurioituminen	12
3.4	Tervassillan rakentamisprosessi	14
4	RAKENTEEN ELINKAARIKUSTANNUKSET	16
4.1	Elinkaarikustannukset	16
4.2	Elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten tutkimusta.....	17
4.3	Elinkaarikustannusten laskenta.....	18
4.3.1	Lähtötietojen hankinta.....	18
4.3.2	Lähtötiedot	18
4.3.3	Nykyarvomenetelmä	19
4.3.4	Tulokset.....	20
5	POHDINTA.....	23
5.1	Tulosityhteenvedo	23
5.2	Tulosten tarkastelu	23
5.2.1	Menetelmän oikeellisuus.....	23
5.2.2	Menetelmän virhemahdollisuus	23
5.3	Jatkotutkimusehdotukset.....	24
	LÄHTEET.....	25
	LIITTEET	26
	Liite 1. Kyselylomake	26
	Liite 2. Elinkaarikustannukset puusillalle	29

ERITYISSANASTO

elinkaari	ajanjakso rakenteen rakentamisesta purkuun
elinkaarikustannukset	rakenteen elinkaaren ajalta tulevat kustannukset
nykyarvo	tulevaisuudessa maksettava raha tämänhetkisen rahan arvona
diskonttokorko	korko, jonka avulla eri aikojen arvot yhteismitallistetaan
LCC	<i>life cycle cost</i> , elinkaarikustannukset
LCA	<i>life cycle assessment</i> , ympäristövaikutusten arviointi
AP	<i>acidification potential</i> , vaikutus happamoitumiseen
EP	<i>eutrophication potential</i> , vaikutus vesistöjen rehevöitymiseen
GWP	<i>global warming potential</i> , vaikutus ilmaston lämpenemiseen
ODP	<i>ozone layer depletion potential</i> , vaikutus otsonikatoon
POCP	<i>photochemical ozone creation potential</i> , fotokemiallinen otsonin muodostumisen potentiaali
ADP	<i>abiotic depletion potential</i> , uusiutumattomien ja epäorgaanisten aineiden asteittainen poistuminen

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Suomessa halutaan lisätä puurakentamista. Työ- ja elinkeinoministeriö käynnisti Valtakunnallisen puurakentamisohjelman ajalle 1.1.2012 – 30.9.2015, jonka tarkoituksena oli pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä lisäämällä puun käyttöä rakentamisessa. Tavoitteena oli nostaa puukerrostalojen osuus yhdestä prosentista kymmeneen prosenttiin sekä kymmenkertaistaa puusiltojen rakentamista. (Puuinfo 2016.)

Lisäksi Tampereen kaupungilla on puurakentamisen edistämishjelma. Tampereella halutaan laajentaa puurakentamista puukerrostalojen lisäksi esimerkiksi liiketoimintaan ja infrarakentamiseen, ja siitä halutaan tehdä uskottavampi vaihtoehto. Tampereella on mm. Vuoreksessa Isokuusen asuinalue, jossa puuta on käytetty rakennusmateriaalina kerrostaloissa, silloissa, kouluissa, päiväkodeissa ja pientalorakentamisessa.

1.2 Tavoite

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena on tutkia puusiltojen elinkaarikustannuksia ja niiden rakentamisen kannattavuutta käyttäen apuna Tampereen Vuoreksessa sijaitsevaa Terصاصiltaa. Osatavoitteena on selvittää ajoneuvoliikenteelle tarkoitettun puusillan korjauskustannuksia, rakenteiden huolto- ja vaihtovälejä sekä vuosittaisia ylläpitokustannuksia.

1.3 Menetelmät

Tässä opinnäytetyössä käytetyt aineistonhankintamenetelmät ovat valmiit dokumentit sekä kysely- ja haastattelututkimus (kuva 1). Käytetyt dokumentit ovat internet-sivuja,

kirjoja ja Liikenneviraston tai Tiehallinnon julkaisuja. Käytetyistä aineistonhankintamenetelmistä kerrotaan tarkemmin luvussa 2.



Kuva 1. Opinnäytetyössä käytetyt aineistonhankintamenetelmiä. (Lähde: Menetelmäpolku)

1.4 Rajaukset

Tässä opinnäytetyössä on rajattu pois tarkempi ympäristövaikutusten arviointi sekä vertailu samankaltaiseen teräsbetonisiltaan. Elinkaarikustannusten vertailua on tehty tutkimalla parin eri vaihtoehdon vaikutusta puusillan korjauskustannuksiin ja korjausväleihin.

2 Menetelmät

2.1 Valmiit dokumentit

Valmiilla dokumenteilla tarkoitetaan esimerkiksi kirjoja, kuvia, asiakirjoja ja mediatekstejä. Valmista aineistoa voi myös olla muiden tutkijoiden keräämät aineistot ja eri organisaatioiden tai tutkimuslaitosten tilastot ja asiakirjat. Esimerkiksi tilastoja voidaan käyttää tutkimuksen taustatietona tai vertailla tutkimuksessa saatuihin tuloksiin. (Menetelmäpolku, 2016; KvaliMOTV, 2016.)

2.2 Kyselytutkimus

Kyselyjä on mahdollista tehdä monella eri tavalla. Tutkimuksen tavoite vaikuttaa kyselyn toteuttamistapoihin, sisältöön ja vastaajajoukon valintaan. Kyselytutkimukseen on valittu kohderyhmä, joka voi olla suurikin, jostakin tietystä perusjoukosta. Kyselyyn vastaavien on osattava vastata jokaiseen kysymykseen. Kyselylomake ei saa olla liian pitkä, vaan mitä yksinkertaisempi, lyhyempi ja suoraviivaisempi sen parempi. (Menetelmäpolku, 2016; Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen, 2016)

2.3 Haastattelututkimus

Haastattelut voidaan jakaa tyyppeihin riippuen haastattelijan ja haastateltavan vuorovaikutuksesta. Haastattelutyyppejä ovat esimerkiksi strukturoimaton, puolistrukturoitu tai strukturoitu haastattelu. Haastattelut voidaan jakaa myös muodon mukaan, joita ovat esimerkiksi teemahaastattelu, ryhmähaastattelu ja asiantuntijahaastattelu. Riippuen haastattelutyyppistä, haastattelut tallennetaan esimerkiksi täyttämällä lomake, tekemällä muistiinpanoja, äänittämällä tai videoimalla. (Menetelmäpolku, 2016.)

Strukturoimaton eli avoin haastattelu on usein haastattelijan ja haastateltavan välistä keskustelua. Haastatteluun on mietitty tietty aihepiiri, jonka sisällä keskustelu etenee vapaasti. Haastattelun kulku on mahdollisimman luonnollinen ja keskustelunomainen eikä siinä ole valmiiksi mietittyjä tarkkoja kysymyksiä. Haastatteliija esittää haastateltavalle

kysymykset tilannetta mukailleen. Haastateltava saa puhua aiheesta vapaasti, eikä hänelle yritetä tarjota valmiita vastauksia. (KvaliMOTV, 2016.)

Puolistrukturoitu haastattelu sisältää etukäteen mietittyjä teemoja ja niiden lisäksi on mietitty tarkempia kysymyksiä, jotka esitetään haastateltaville. Strukturoidussa haastattelussa eli lomakehaastattelussa käytetään kyselylomaketta, jossa kysymyksiin on annettu vastausvaihtoehdot. Kyselylomakkeessa olevat kysymykset ovat samat kaikille haastateltaville ja he valitsevat itselleen sopivan vastausvaihtoehdon. (KvaliMOTV, 2016.)

3 PUUSILTOJEN RAKENTAMINEN JA KORJAUS

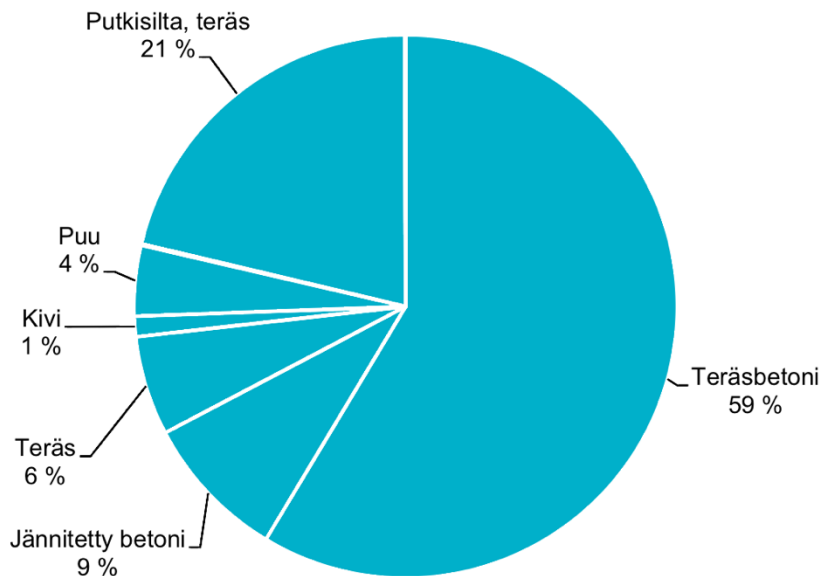
3.1 Puu rakennusmateriaalina

Rakentamisessa on lähtökohtaisesti kiinnitetty huomiota muun muassa rakenteiden mekaaniseen kestävyys- ja käyttöturvallisuuteen. Nykypäivänä halutaan käyttää enemmän ekologisempia rakennusmateriaaleja. Halutaan, että rakennusmateriaalit on valmistettu ympäristöystävällisesti, materiaali on helppo käyttää uudelleen tai hävittää ja että materiaalilla on alhaiset elinkaarikustannukset koko sen elinkaaren ajan. Puu on hyvä vaihtoehto verrattuna betoniin, koska se on luonnollinen ja uusiutuva luonnonvara. Lisäksi puu sitoo hiilidioksidia. Puu on myös kevyt materiaali teräkseen ja betoniin verrattuna. Keveytensä ansiosta puuta on helppo kuljettaa ja käsitellä. (Heinänen 2014, 32; Structural Timber Association 2016.)

3.2 Puusiltojen rakentaminen Suomessa ja pohjoismaissa

Suomessa 1800-luvulta 1930-luvun alkuun asti puusilta kivituilla oli käytetyin siltojen rakennustapa. Vuonna 2015 Liikenneviraston tietojen mukaan Suomessa oli yhteensä 15 122 siltaa, joista puusiltoja oli kaikkiaan 635 kappaletta eli 4,2 % kaikista silloista. Vuosina 2010 – 2014 rakennetuista 767:sta sillasta vain 2,6 % oli puurakenteisia. Tämä on aika vähän, kun vertaa paljonko esimerkiksi Norjassa tai Ruotsissa rakennetaan puusiltoja. (Heinänen 2014, 6; Liikenneviraston sillat 2015, 41.)

Tiesiltoja rakennettiin runsaasti 60-luvulta lähtien, mikä myös näkyy myös puusiltojen rakennusmäärissä 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa. Tiesilloissa betoni on ollut käytetyin siltojen rakennusmateriaali 1930-luvun alun jälkeen, jolloin se ohitti puun käytetyimpänä sillan rakennusmateriaalina. Betonisiltoja onkin Suomessa tällä hetkellä 68 % kaikista silloista, joista 59 % on teräsbetonisia siltoja ja 9 % jännitettyjä. Siltojen eri rakennusmateriaalien jakautuminen on esitetty kuvassa 2. (Liikenneviraston sillat 2015, 46–47.)



KUVA 2. Siltojen lukumäärän jakauma päärakennusmateriaaleittain (Lähde: Liikenneviraston sillat 2015)

Ruotsissa puusiltojen rakentaminen yleistyi vasta 1990-luvun alussa. Ruotsin Liikenneviraston kehittämän tietokannan mukaan puusiltoja olisi vain noin 1000 kappaletta joista 650 on rakennettu 1990-luvun alun jälkeen. Kaiken kaikkiaan puuta on käytetty rakennusmateriaalina vain 1 % kaikista Ruotsin silloista. Tällä hetkellä vuosittain rakennettavista silloista lähes 20 % on puusiltoja. Ruotsin elinkeinoministeriö haluaa edistää puurakentamista ja on asettanut tavoitteen, että vuoteen 2020 mennessä 25 % vuosittain rakennettavista silloista olisi puurakenteisia. Ruotsissa puusillat yleensä mitoitetaan kestämään 80 vuotta. Puusilloille on kehitetty rakenteellisia suojausmenetelmiä, kuten sillan ulkosivuille kiinnitettävät paneelit. Ne ovat helppo vaihtaa huollon yhteydessä ja ovat suhteellisen edullisia kustannuksiltaan. Ruotsissa puusilloille on laaja valikoima tyyppisilloja, joilla on korkea esivalmistusaste. Tämä ja nopea asennus työmaalla ovat puusillan hyviä puolia verrattuna betonisillan. (Heinänen 2014, 44–47; Puuinfo 2016.)

Myös Norjassa halutaan kehittää ja edistää puusiltojen rakentamista. Tällä hetkellä vuosittain rakennettavista silloista 10 % on puurakenteisia. Puusiltojen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta. Päästäkseen näin pitkään käyttöikänsä, Norjassa puusillat kyllästetään joko kuparilla tai kreosootilla ja käytetään terästä liitoksissa, vetotangoissa ja kaiteissa. Näin norjalaiset ovat saaneet puusilloista kilpailukykyisiä verrattuna betoni- ja terässillan.

Kuvassa 3 on Norjassa sijaitseva Leonardo da Vincin silta. (Heinänen 2014, 48–49; Puuinfo 2016.)



KUVA 3. Leonardo da Vincin silta. (Lähde: www.leonardobridgeproject.org)

3.3 Puusiltojen vaurioituminen

Siltojen kuntoa tarkastetaan, jotta onnistuttaisiin löytämään vauriot ennen kuin ne ovat edenneet liian pitkälle. Tarkastuksia tehdään vuoden välein tai 4 – 8 vuoden välein riippuen tarkastuksen laajuudesta. Tarkastuksissa kiinnitetään huomiota rakenteiden kuntoon ja mahdollisiin vaurioihin. Sillan osat tutkitaan pääasiassa silmämääräisesti, mutta tarvittaessa tehdään tarkempia mittauksia ja yksinkertaisia kokeita mittalaitteilla. Tarkastusten perusteella arvioidaan vaurioiden laatu ja määritellään korjaustarve. (RIL 179, 325.)

Puusiltojen yleisin vaurio on lahoaminen ja tämä ilmestyy yleensä juuri niihin paikkoihin, jonne vesi jää seisomaan. Tästä syystä on kiinnitettävä huomiota siihen, että rakenteet pääsevät tuulettumaan kunnolla ja ilma kiertää rakenteiden ympärillä (kuva 4). Kun puusillan tuuletuksesta ja suojauksesta on huolehdittu, rakenne kestää kohtuullisen pitkään.

Kokonaan veden alla olevat rakenteet kestävät myös melko hyvin, mutta vedenpinnan vaihtelualueella rakenteen kestävyys on heikompi ja se alkaa lahota nopeammin. (Sihvonen, 2016; RIL 179, 348.)



KUVA 4. Tervassillan kannen liimapuupalkit pääsevät tuulettumaan kunnolla.

Lahoamisaste saadaan selville ottamalla näyte, tai jos lahoaminen on edennyt tarpeeksi pitkälle, rakenne alkaa painua ja syntyy pysyviä taipumia kannattimiin, jotka lopulta katkeavat. Puukansissa käytetään liimapuuta ja erityisesti näiden liimapuupalkkien lakkipinnan kunnosta on pidettävä hyvää huolta. Muuten lankkujen saumaukset aukeavat ja lankut halkeilevat. Halkeamien on kuitenkin oltava todella syviä ja todella tiuhaan, että niistä olisi merkittävää haittaa liimapuupalkkien kantavuudelle. (RIL 179, 348 – 349.)

Puusillan kannen päällä olevan kulutuskerroksen kulumisen nopeuteen vaikuttaa ajoneuvoliikenteen määrä. Vähäisessä ajoneuvoliikenteessä olevalla sillalla kulutuskerroksen vaihtoväli on noin 10 vuotta. (Sihvonen, 2016)

Ruotsissa puusilloille tehdään silmämääräinen tarkastus ja pieniä kokeita 6 vuoden välein. Puusillat vaativat yleensä tiheämpiä huoltovälejä kuin teräsbetoni- ja terässillat. Tämän vuoksi Ruotsissa on meneillään tutkimus, jossa puusiltoihin asennetaan antureita ja sensoreita. Näiden avulla kerätään tietoa, jotta löydettäisiin keinoja, joilla puusillan huoltovälejä voitaisiin pidentää. (Health monitoring of timber bridges 2010, 2.)

3.4 Tervassillan rakentamisprosessi

Tampereen Vuoreksen pohjoisosaan rakennetaan Isokuusen asuntoalue, josta suunnitellaan yhtenäinen puurakenteinen alue. Alueelle rakennetaan puukerrostaloja, puisia pientaloja ja liikerakennuksia sekä puinen Tervassilta, joka yhdistää Isokuusen pientaloalueen keskusta-alueeseen. (Isokuusen yleissuunnitelma 2013, 6.)



KUVA 5. Isokuusen alue. (Lähde: Isokuusen yleissuunnitelma)

Tervassillassa puurakenteisia osia ovat kannen lisäksi kaiteet ja välituki. Kannen liimapuupalkit ovat VersoWoodilta ja niitä on yhteensä 24 kpl. Kuvassa 6 näkyy liimapuupalkkien nosto paikoilleen. Palkkien päälle naulattiin syrjälankkukansi. Silta oli kokonaan valmis kesäkuussa 2015. Kuvassa 7 on valmis silta keväällä 2016. Puusillan rakentaminen on periaatteessa nopeaa verrattuna teräsbetoniseen siltaan, koska siitä puuttuu teline- ja muottityöt. Puusilta on kuitenkin kriittisempi mittavirheille ja sen osat ovat mitattarkempia kuin betonisillassa. (Heija, 2015)



KUVA 6. Tervassillan kannen liimapuupalkit nostetaan paikoilleen toukokuussa 2015.



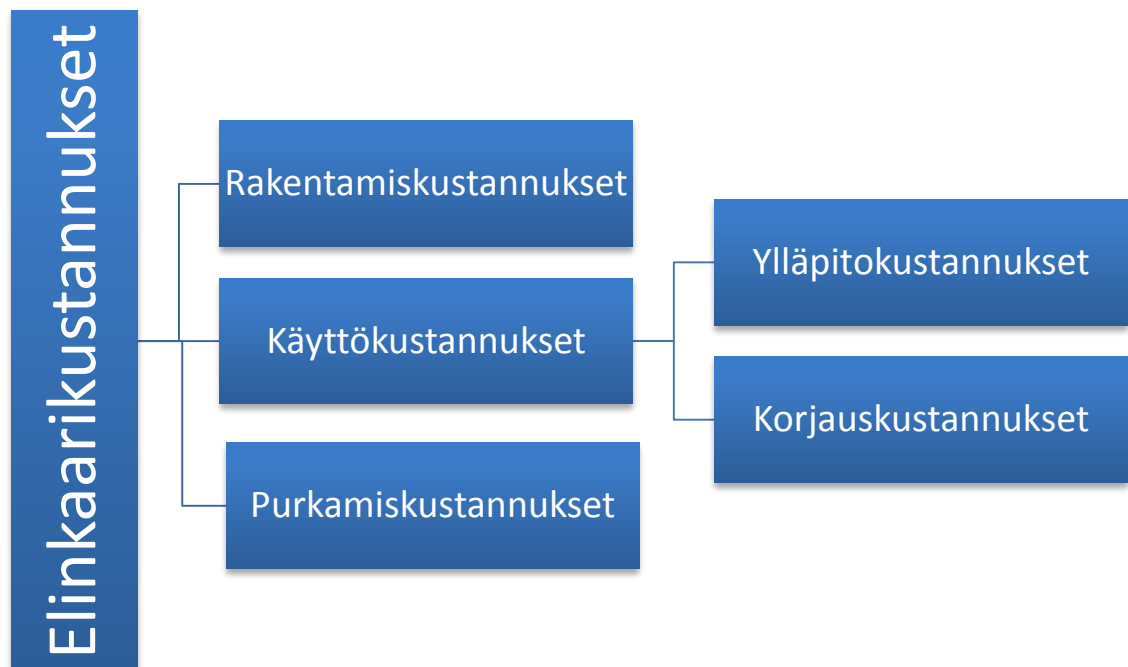
KUVA 7. Tervassilta maaliskuussa 2016.

4 RAKENTEEN ELINKAARIKUSTANNUKSET

4.1 Elinkaarikustannukset

Rakenteen elinkaarella tarkoitetaan rakenteen vaiheita raaka-aineiden hankinnasta ja tuottamisesta rakenteen kierrätykseen ja siitä syntyvien jätteiden loppukäsittelyyn asti. Näitä vaiheita ovat rakenteen valmistus, johon kuuluu raaka-aineiden hankinta, materiaalien valmistus ja rakentaminen, rakenteen käyttö sekä rakenteen purku ja rakennusosien uudelleenkäyttö tai kierrätys. Näissä kaikissa vaiheissa kuluu energiaa ja syntyy jätettä. (RIL 216-2013, 10; 16.)

Puisen sillan rakentamiskustannukset ovat hyvin kilpailukykyisiä verrattuna betoniseen tai teräksiseen siltaan. Tämän perusteella ei kuitenkaan kannata tehdä johtopäätöksiä taloudellisesti kannattavasta siltaratkaisusta, koska rakentamiskustannukset ovat vain pieni osa kaikkia elinkaarikustannuksia. Suurin osa kustannuksista muodostuu ylläpito- ja korjauskustannuksista ja siksi on tärkeää tarkastella koko sillan elinkaaren aikaisia kustannuksia. Kuvassa 8 on esitelty elinkaarikustannusten jakautumista. (Heinänen 2014, 43.)



Kuva 8. Elinkaarikustannusten jakautuminen

4.2 Elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten tutkimusta

Siltojen käyttökustannuksia (*life cycle cost, LCC*) ja ympäristövaikutusten (*Life cycle assessment, LCA*) arviointeja on tutkittu jonkin verran. Tutkimuksista on kuitenkin vaikea tehdä yleistäviä johtopäätöksiä, koska ne on toteutettu eri oletusten mukaan. Heinänen on ottanut selvityksissään esille kolmen eri LCA-arvioinnin tulokset, jotka ovat tehty Norjassa ja Suomessa. Selvityksissä puusilta pärjäsikin betonista siltaa jonkin verran paremmin, mutta selvityksen lopuksi todettiin, ettei tuloksista kannata tehdä johtopäätöksiä puusillan paremmuudesta. Selvityksissä keskityttiin kuuteen eri vaikutusalueeseen, jotka huomioidaan ympäristövaikutusten arvioinneissa:

- AP (*acidification potential*) = vaikutus ympäristön happamoitumiseen
- EP (*eutrophication potential*) = vaikutus vesistöjen rehevöitymiseen
- GWP (*global warming potential*) = vaikutus ilmaston lämpenemiseen
- ODP (*ozone layer depletion potential*) = vaikutus otsonikatoon
- POCP (*photochemical ozone creation potential*) = fotokemiallinen otsonin muodostamisen potentiaali
- ADP (*abiotic depletion potential*) = uusiutumattomien ja epäorgaanisten aineiden asteittainen poistuminen

Näistä vaikutusalueista merkittävimpiä ympäristövaikutuksia aiheuttavia päästöjä ovat vaikutus ilmaston lämpenemiseen, ympäristön happamoitumiseen sekä fotokemiallinen otsonin muodostumisen potentiaali. (Heinänen 2014, 37 – 41; RIL 216-2013, 60.)

Pohjoismaissa on ollut 2000-luvulla pari suurta tutkimushanketta liittyen siltojen elinkaarikustannuksiin ja puusiltojen kehittämiseen. ETSI-projektin tarkoituksena oli kehittää työkalu, jolla saadaan helposti laskettua elinkaarikustannuksia ja tehtyä ympäristöanalyyskejä. Projekti ei keskittynyt ainoastaan puusiltoihin vaan siltarakentamiseen yleisesti. DuraTB-projektissa (*durable timber bridges*) yritetään selvittää keinoja kestävyuden parantamiseksi ja kehittää puusillan huoltokonsepteja. Projektissa on mukana mm. yliopistoja, tutkimuslaitoksia ja Liikennevirastoja pohjoismaista ja Yhdysvalloista. (Heinänen 2014, 30 – 31.)

4.3 Elinkaarikustannusten laskenta

4.3.1 Lähtötietojen hankinta

Tässä opinnäytetyössä on käytetty Suomen Rakennusinsinööriliitto RIL ry:n julkaisemia kirjoja sekä Liikenneviraston, Tiehallinnon ja Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisemia selvityksiä ja ohjeita. Lisäksi puurakentamisesta on saatu tietoa Puuinfon sivuilta.

Työssä tutkitun Tervassillan rakentamiskustannukset saatiin Työ- ja elinkeinoministeriön teettämästä Laura Heinäsen kirjoittamasta puusiltaselvityksestä. Puusillan korjaus- ja ylläpitokustannuksia selvitettiin kyselylomakkeen avulla kyselemällä puusiltojen kanssa toimineilta. Nämä henkilöt ovat töissä kaupungeilla tai konsulttitoimistoissa. Lähetetty kyselylomake löytyy liitteestä 1. Haastattelut olivat muodoltaan strukturoituja ja niissä käytettiin apuna tähän työhön laadittua kyselylomaketta. Haastattelut tehtiin puhelimitse ja sähköpostilla. Arviot kerättiin yhteen ja niistä kerrotaan tarkemmin kappaleessa 4.3.2.

4.3.2 Lähtötiedot

Elinkaarikustannuksissa otetaan huomioon sillan rakentamiskustannukset, ylläpitokustannukset ja korjauskustannukset eri rakenneosille. Taulukossa 1 on Tervassillan rakentamis-, ylläpito- ja purkukustannukset. Ylläpitokustannukset ovat noin 0,5 % rakentamiskustannuksista ja purkukustannukset 5 % rakentamiskustannuksista. Haastattelussa saadut korjauskustannukset ja korjausvälit on esitetty taulukossa 2.

Rakentamiskustannukset (€)	786 000
Ylläpitokustannukset (€)	3 930
Purkukustannukset (€)	39 300

TAULUKKO 1. Tervassillan rakentamis-, ylläpito- ja purkukustannukset

	korjaus (€/kansi-m ²)	korjausväli (vuosi)
painekyll. puukansi	415	20
Accoya puukansi	770	50
syrjälankutus	150	10
valuasfaltti	50	27

TAULUKKO 2. Rakenneosien korjauksen hintoja ja korjausvälejä.

Puukannen vaihtoa voidaan pidentää käyttämällä esimerkiksi Accoya-merkkistä puukantta, jolle on annettu lahoamistakuu 50 vuoden ajalle. Jos oletetaan, että jo sillan rakentamisvaiheessa on käytetty Accoyasta tehtyä kantta, rakentamiskustannukset nousevat 975 030 euroon. Kannen voi myös päällystää valuasfaltilla, jolloin kannen elinikä pitenee noin 5 – 15 vuotta. Taulukkoon 2 on laskettu valuasfaltin kohdalle puukannen vaihtoväli asfaltoinnilla. Tervassillan pinta-ala on 439 kansi-m².

4.3.3 Nykyarvomenetelmä

Elinkaarikustannukset lasketaan nykyarvomenetelmällä. Tällä menetelmällä laskettaessa on käytettävä diskonttokorkoa, jolla saadaan eri vuosina syntyvät kustannukset yhteismittaisiksi. Tässä työssä laskettiin elinkaarikustannukset käyttämällä diskonttokorkona 1 %, 2 % ja 5 %, mitkä ovat Tiehallinnon tekemän Siltojen elinkaarikustannusten esiselvityksen suositukset diskonttokoroksi. Elinkaarikustannusten laskentaa varten laadittiin Excel-taulukko. Kustannusten nykyarvo saadaan kaavalla

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

jossa

P on kustannusten nykyarvo

k_t on vuoden t aikana kertyvät kustannukset

i on diskonttokorko (esim. 0,02)

Sillan elinkaarikustannukset ovat jokaisen korjauskustannuksen, ylläpitokustannusten ja purkukustannusten nykyarvojen ja rakentamiskustannusten summa. Jokaiselle toimenpiteelle lasketaan kustannusten nykyarvo erikseen, jotta nähdään niiden kustannusvaikutus. Rakentamiskustannuksille ei tarvitse laskea nykyarvoa. Elinkaarikustannukset on laskettu 100 vuoden ajalle.

Exceliin tehtiin taulukko, jossa on jokaiselle vuodelle oma sarake, johon on merkitty kyseisen vuoden korjaus- ja ylläpitokustannukset. Ylläpitokustannukset toistuvat vuosittain ja korjauskustannukset taulukossa 2 esitettyjen vuosien välein. Nämä kustannukset on diskontattu alempaan taulukkoon yllä olevalla kaavalla. Vuoden 0 sarakkeeseen on laskettu jokaisen kustannuksen nykyarvo (kuva 9). Lopullisissa taulukoissa, jotka ovat liitteessä 2, on näytetty vain niiden vuosien sarakkeet, joissa on jokin korjauskustannus.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE																	
Tavallinen puukansi ja syrjälantutus																	
Diskonttokorko		1,00 %															
Pitoaika (v)		100															
Diskonttatut eurot 2015 rahassa																	
Tarkasteluvuosi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rakentamiskustannukset (€)	7860000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	247703,49	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	826507,73																
puukansi (€)	454144,42																
syrjälantutus (€)	372363,31										65850						
Purku (€)	14529,65																
Diskonttatut arvot																	
Ylläpito (€)	247703,49	3891,09	3852,56	3814,42	3776,65	3739,26	3702,24	3665,58	3629,29	3593,36	3557,78	3522,55	3487,68	3453,14	3418,95	3385,10	3351,59
Korjaus - puukansi (€)	454144,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Korjaus - syrjälantutus (€)	372363,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59613,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Purku (€)	14529,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

KUVA 9. Exceliin tehdyt taulukot elinkaarikustannuksista.

4.3.4 Tulokset

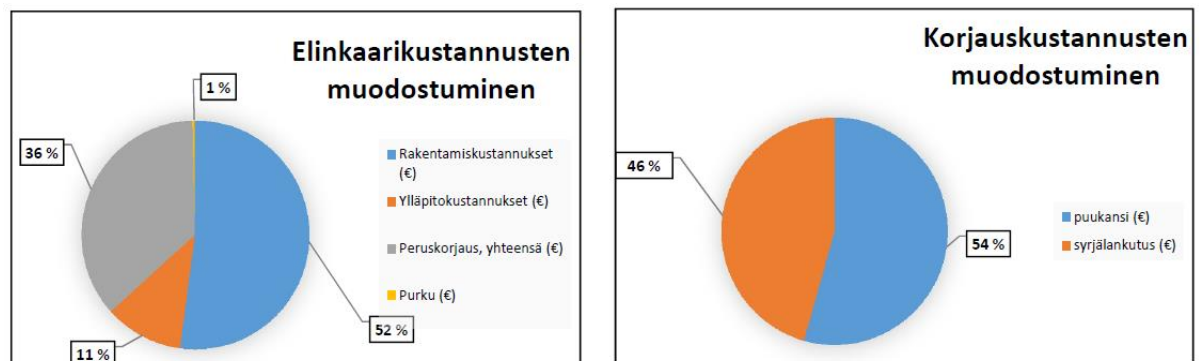
Taulukosta 3 löytyy jokaisen kansiyyppin elinkaarikustannus lasketuilla diskonttokoroilla 1 %, 2 % ja 5 %. Taulukossa olevat elinkaarikustannukset ovat pyöristetty 1 000 euron tarkkuudella. Tarkemmat elinkaarikustannukset löytyvät liitteestä 2.

Kansityyppi	Diskonttokorko	Elinkaarikustannus
-------------	----------------	--------------------

Tavallinen liimapuukansi	1 %	1 875 000 €
Tavallinen liimapuukansi	2 %	1 509 000 €
Tavallinen liimapuukansi	5 %	1 076 000 €
Asfaloitu liimapuukansi	1 %	1 533 000 €
Asfaloitu liimapuukansi	2 %	1 266 000 €
Asfaloitu liimapuukansi	5 %	961 000 €
Accoya –kansi	1 %	1 815 000 €
Accoya –kansi	2 %	1 525 000 €
Accoya –kansi	5 %	1 186 000 €

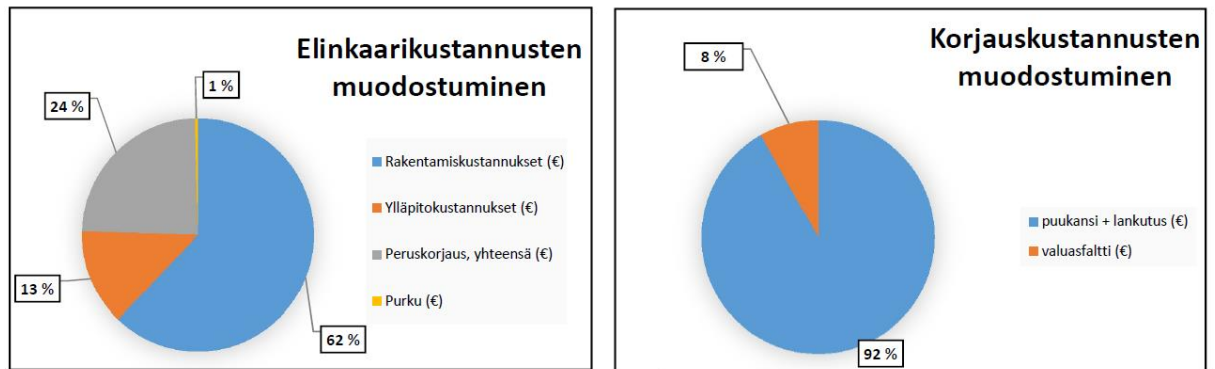
TAULUKKO 3. Elinkaarikustannukset eri kansivaihtoehdoilla.

Liimapuupalkkisessa sillassa rakentamiskustannukset ovat vain hieman yli puolet koko elinkaarikustannuksista eli 52 %. Korjauskustannusten osuus on suurin verrattuna asfaloituun kanteen ja Accoyasta tehtyyn kanteen. Korjauskustannusten osuus on 36 % elinkaarikustannuksista. Kannen ja lankutuksen vaihtaminen maksavat suunnilleen saman verran. Kuvassa 10 on esitetty liimapuuisen kannen kustannusten muodostuminen diskonttokorolla 2 %.



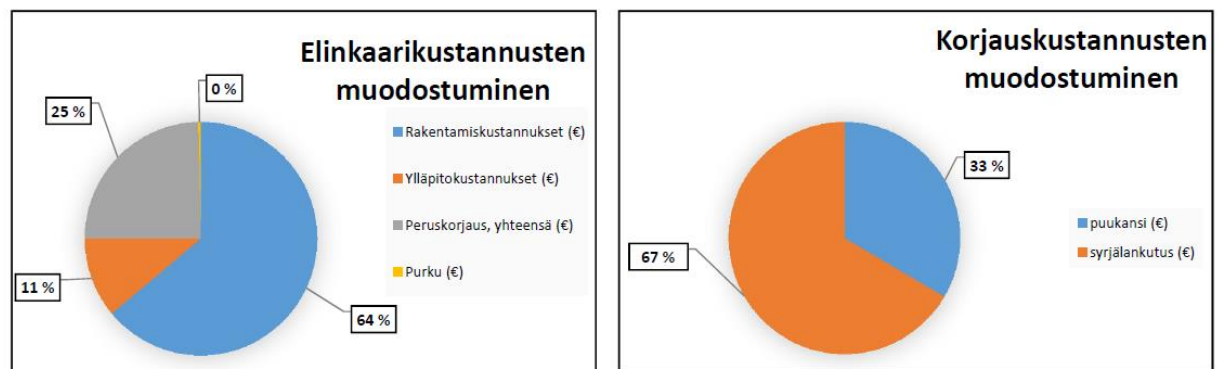
KUVA 10. Liimapuupalkkikannen kustannusten muodostuminen, diskonttokorko 2 %

Asfaloitussa kannessa rakentamiskustannukset ovat selkeästi yli puolet koko elinkaarikustannuksista eli 62 %. Korjauskustannusten osuus on 24 %, mikä on huomattavasti vähemmän kuin edellisessä vaihtoehdossa. Asfaloitinnin osuus korjauskustannuksista on vain 8 %, mutta se puolittaa korjauskustannukset verrattuna edelliseen vaihtoehtoon. Kuvassa 11 on esitetty asfaloitun liimapuuisen kannen kustannusten muodostuminen diskonttokorolla 2 %.



KUVA 11. Asfaltoidun kannen kustannusten muodostuminen, diskonttokorko 2 %

Accoyasta tehdyn kannen rakentamiskustannusten ja korjauskustannusten osuus on lähes sama kuin asfaltoidulla kannella eli 64 %. Kansi muodostaa vain kolmasosan korjauskustannuksista. Kuvassa 12 on esitetty Accoyasta tehdyn kannen kustannusten muodostuminen diskonttokorolla 2 %.



KUVA 12. Accoya-kannen kustannusten muodostuminen, diskonttokorko 2 %

5 POHDINTA

5.1 Tulosityhteenvedo

Riippuen siitä, millä diskonttokorolla elinkaarikustannukset on laskettu, jokaisella kansi-vaihtoehdolla rakentamiskustannukset ovat noin puolet tai hieman yli puolet elinkaarikustannuksista. Accoyasta tehty kansi ja tavallinen liimapuupalkkinen kansi ovat suunnilleen saman hintaiset. Selvästi edullisempi vaihtoehto on liimapuupalkkinen kansi, joka on asfaltoitu, jos asfaltointi pidentää kannen elinikää noin 7 vuodella.

Sillan elinkaaren aikana kaikkein vähiten tarvitsee vaihtaa Accoyasta tehtyä kantta. Tällä vaihtoehdolla kansi vaihdetaan uuteen sillan elinkaaren puolessa välissä. Asfaltointi pidentää kannen elinikää sen verran, että kansi tarvitsee vaihtaa vain 3 kertaa 100 vuoden aikana. Tavallinen liimapuupalkkinen kansi kulutuslankutuksella tarvitsee vaihtaa kaikkein useimmin eli 4 kertaa 100 vuoden aikana.

5.2 Tulosten tarkastelu

5.2.1 Menetelmän oikeellisuus

Kirjallisuudesta löytyi perustietoa puurakentamisesta ja puusilloista, mutta tarkempaa kuvausta puusiltojen korjausväleistä ja kustannuksista ei löytynyt. Teräsbetoni- ja terässilloista löytyi pari selvitystä, joissa oli laskettu elinkaarikustannuksia. Niistä oli apua, koska näki laskentaprosessin kulun. Asiantuntijoilta taas sai hyviä suuntavia arvioita korjausväleistä ja hinnoista.

5.2.2 Menetelmän virhemahdollisuus

Korjausten hinnat ja korjausvälit perustuvat olettamuksiin ja asiantuntijoiden omiin näkemyksiin. Korjauskustannusten todellisesta suuruudesta ei voi täysin varmoja, koska kustannuksen suuruuteen vaikuttaa käytettävän materiaalin lisäksi ympäristöolosuhteet ja liikennejärjestelyt korjauksen ajaksi. Lisäksi korjausvälit voivat vaihdella ja puukansi

saattaa kestää pidempään kuin on oletettu, tai se pitää vaihtaa aikaisemmin. Uudesta puutuotteesta tehdyn kannen eliniästä ei myöskään ole täysin varmaa tietoa. Kansi ei välttämättä kestä yhtä pitkään kuin on luvattu ja siten siitä tulee helposti kalliimpi vaihtoehto kuin tavallisesta liimapuukannesta. Puusiltojen korjaustarpeet vaihtelevat melkoisesti olosuhteiden ja liikenteen mukaan. Tästä syystä on vaikeaa tehdä tarkkaa elinkaarilaskentaa, koska korjausvälit ja –kustannukset ovat vain arvioita ja ne voivat vaihdella paljon.

5.3 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkossa olisi hyvä vertailla puusillan elinkaarikustannuksia samoissa olosuhteissa olevaan teräsbetoniseen siltaan. Lisäksi voisi arvioida ympäristövaikutuksia ja verrata samanlaiseen teräsbetoniseen siltaan samoissa olosuhteissa. Näiden tulosten perusteella voisi tehdä johtopäätöksiä siitä, kannattaako puista siltaa rakentaa teräsbetonisen sillan sijasta.

LÄHTEET

- Anttila, P. Kyselyyn perustuvan tutkimuksen suorittaminen. Ylemmän AMK-tutkinnon metodifoorumi. Virtuaaliammattikorkeakoulu. Luettu 9.5.2016.
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0709019/1193463890749/1193464131489/1194289345955/1194290010211.html>
- Gustafsson A., Pousette A., Björngrim N. 2010. Health monitoring of timber bridges. International conference of timber bridges 2010. Luettu 17.2.2016.
https://pure.ltu.se/portal/files/5211648/Health_Monitoring_of_Timber_Bridges.pdf
- Heija, M. Työmaapäällikkö. Haastattelu 12.5.2015. Haastattelija Pynnönen, S. Tampere
- Heinänen, L. 2014. Suomalaisen puusiltarakentamisen mahdollisuudet ja haasteet. Työ- ja elinkeinoministeriö. Luettu 26.9.2015. https://www.tem.fi/files/41605/TEM_puusilta-selvitys_2014_Heinanen_Laura.pdf
- Jyväskylän yliopisto. Menetelmäpolku. Luettu 25.4.2016. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku>
- Korhonen P., Lämsä J., Söderqvist M-K., Juvonen K., Kiviluoma R. 2009. Siltojen elinkaarikustannukset, esiselvitys. Tiehallinto. Luettu 26.11.2015. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000703-v-siltojen_elinkaarikustannukset_esiselvitys.pdf
- Puuinfo. Puusillat. Puuinfo. Luettu 23.2.2016. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puusillat>
- Rautakorpi H. 2004. Pienten siltojen elinkaarikustannukset. Tiehallinto. Luettu 30.9.2015. <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/elinkaarikustannukset.pdf>
- Saaranen-Kauppinen, A., Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Luettu 9.5.2016.
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus>
- Sarja, A. (päätoim.). 2013. RIL 216-2013 Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Tampere: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- Sihvonen, E. Projektinjohtaja. 2016. Puusillat/opinnäytetyö. Sähköpostiviesti. ero.sihvonen@hel.fi. Luettu 22.1.2016.
- Structural Timber Association. Timber as structural material – an introduction. Structural Timber Association. Luettu 23.2.2016. http://www.cti-timber.org/sites/default/files/STA_Timber_as_structural_material.pdf
- Tampereen kaupunki. 2013. Isokuusi. Ekotehokkaan puukaupunginosan yleissuunnitelma. Luettu 16.3.2015. http://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8419/ehdotus/8419_yleissuunnitelma_selostus.pdf
- Vähäaho, J. (vast. toim.). 1989. RIL 179 Sillat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

LIITTEET

Liite 1. Kyselylomake

1 (3)

Puusiltojen elinkaarikustannukset

Arvoisa vastaanottaja

Tampereen ammattikorkeakoulu tutkii puurakentamista ja siihen liittyen on käynnissä puusiltoihin liittyvä tutkimus. Tämä kysely kuuluu insinööriyöhön ”Puusiltojen elinkaarikustannukset”, jonka tavoitteena on tutkia puusiltojen rakentamisen kannattavuutta. Kyselyn ja insinööriyön tekijänä toimii talonrakennustekniikan opiskelija Sannamari Pynnönen.

Kyselyllä selvitetään vähäiselle ajoneuvoliikenteelle tarkoitetun puusillan korjauskustannuksia, rakenteiden huolto- ja vaihtovälejä sekä vuosittaisia ylläpitokustannuksia.

Otan teihin yhteyttä sopiakseni haastattelun ajankohdan. Haastattelut pyritään tekemään huhtikuun aikana. Lomake on teille etukäteen tutustuttavaksi. Vastaukset käsitellään ehdottoman luottamuksellisina ja tuloksia raportoidaan vain koosteena.

Lisätietoja kyselystä saa numerosta 0400 729 312, sannamari.pynnönen@eng.tamk.fi ja insinööriyön ohjaajalta lehtori Eero Nippala, puh. 040 546 0174.

Kiitokset vastaamisesta!

Kyselyterveisin

Sannamari Pynnönen

Eero Nippala

Insinööriopiskelija

Lehtori

OSIO A. Vastaajan taustatiedot

Nimi

Puhelinnumero

Sähköpostiosoite

Yritys

Asema yrityksessä

OSIO B Kysymykset

Sillan taustatiedot

Siltatyyppi	
Sillan kokonaispituus	
Jänneväli	
Välitukien määrä	
Kansi-m ²	

	Pienempi kor- jaus (€)	Korjausväli (vuotta)	Laajempi korjaus (€)	Korjausväli (vuotta)
Puukansi				
Syrjälankutus				
Puukaiteet				
Maatuet				
Välituki				
Laakerit				

1. Kuinka paljon ovat puusillan vuosittaiset ylläpitokustannukset? Pysyvätkö ylläpitokustannukset samana sillan elinkaaren ajan, vai ovatko ne suuremmat vanhemmilla silloilla?
2. Millaisia huoltotoimenpiteitä puusilloille on tehty?
3. Onko käytetty joitakin erikoisempia ratkaisuja, jotka pidentävät puusillan korjausvälejä?
4. Kuinka paljon puusillan purkaminen maksaa?
5. Miten purkujäte kierrätetään?

Liite 2. Elinkaarikustannukset puusillalle

1 (9)

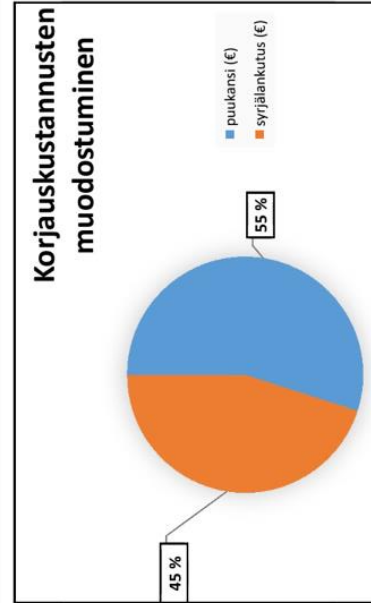
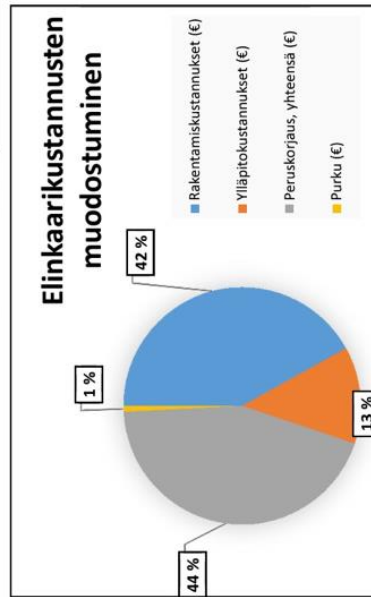
ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

Tavallinen puukansi ja syrjälantutus
 Diskonttokorko 1,00 %
 Pitoaika (v) 100

Diskonttatut
 eurot
 2015
 rahassa

Tarkasteluvuosi	1	2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)												
puukansi (€)				182185		182185		182185		182185		
syrjälantutus (€)			65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850
Purku (€)												39300
YHTEENSÄ												1 874 741 €

Diskonttatut arvot												
Ylläpito (€)	247703,49	3852,56	3557,78	3220,81	2915,76	2639,60	2389,59	2163,27	1958,38	1772,89	1604,98	1452,97
Korjaus - puukansi (€)	454144,42	0,00	0,00	149308,71	0,00	122365,13	0,00	100283,66	0,00	82186,92	0,00	0,00
Korjaus - syrjälantutus (€)	372363,31	0,00	59613,15	53967,00	48855,62	44228,36	40039,36	36247,11	32814,03	29706,12	26892,56	0,00
Purku (€)	14529,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14529,65



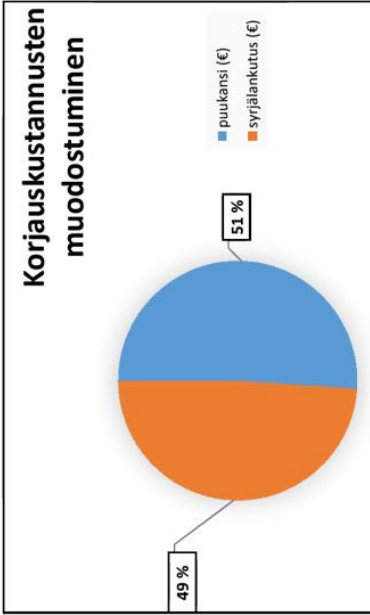
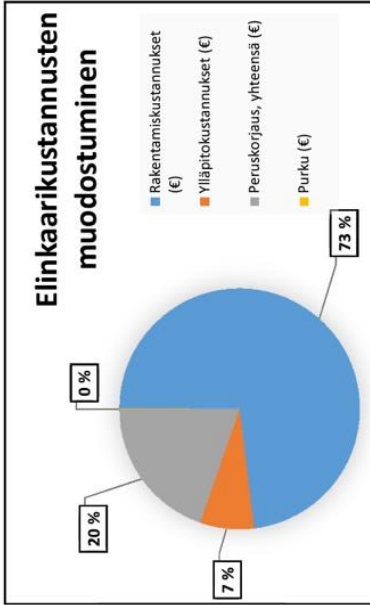
ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE
Tavallinen puukansi ja syrjäilankutus

Diskonttokorko 5,00 %
Pitoaika (v) 100

Diskonttatut
eurot
2015
rahassa

Tarkasteluvuosi	0	1	2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yliäpitokustannukset (€)	786000	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	211382												
puukansi (€)	107972				182185		182185		182185		182185		
syrjäilankutus (€)	103411			65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850
Purku (€)	299												39300
YHTEENSÄ	1 075 683 €												

Diskonttatut arvot	78002,29	3742,86	3564,63	2412,68	1481,18	909,31	558,24	342,71	210,39	129,16	79,30	48,68	29,89
Yliäpito (€)	107971,51	0,00	0,00	0,00	68663,61	0,00	25878,59	0,00	9753,37	0,00	3675,94	0,00	0,00
Korjaus - puukansi (€)	103410,52	0,00	0,00	40426,19	24818,17	15236,20	9353,71	5742,37	3525,31	2164,24	1328,65	815,68	0,00
Korjaus - syrjäilankutus (€)	298,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	298,86



ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

Kansi valuasfalttoitu

Diskonttokorko

1,00 %

Pitoaika (v)

100

Diskonttatut

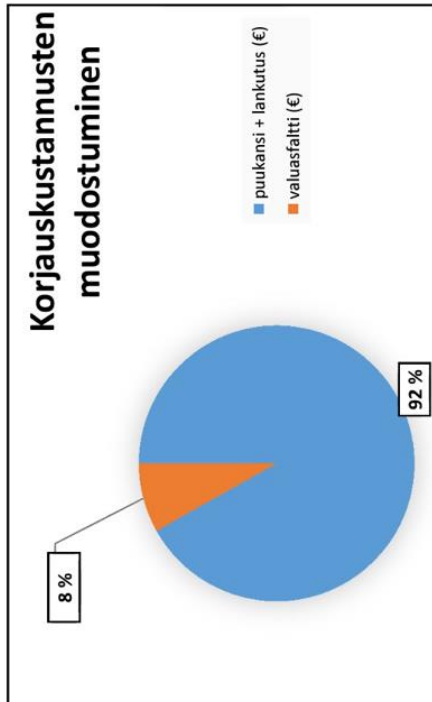
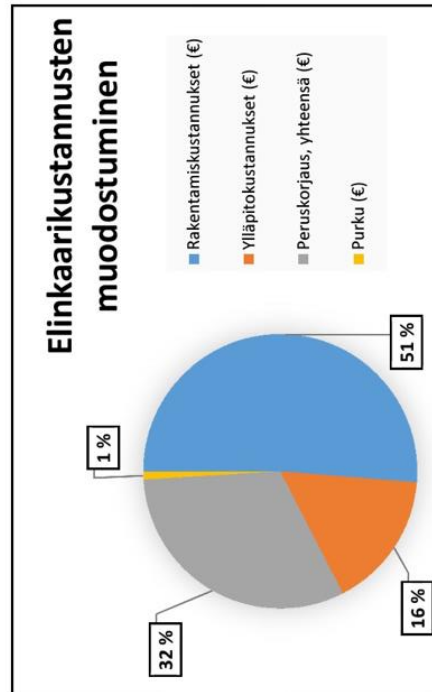
eurot

2015

rahassa

Tarkasteluvuosi	0	1	2	27	54	81	100
Rakentamiskustannukset (€)	786000	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	247703	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	484723						
puukansi + lankutus (€)	445314			248035	248035	248035	
valuasfaltti (€)	39408			21950	21950	21950	
Purku (€)	14530						39300
YHTEENSÄ	1 532 956 €						

Diskonttatut arvot							
Ylläpito (€)	247703,49	3891,09	3852,56	3004,11	2296,35	1755,34	1452,97
Korjaus - puukansi + lankutus (€)	445314,28	0,00	0,00	189598,93	144930,16	110785,19	0,00
Korjaus - valuasfaltti (€)	39408,34	0,00	0,00	16778,67	12825,68	9804,00	0,00
Purku (€)	14529,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14529,65



ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

Kansi valuasfalttoitu

Diskonttokorko

2,00 %

Pitoaika (v)

100

Diskonttatut

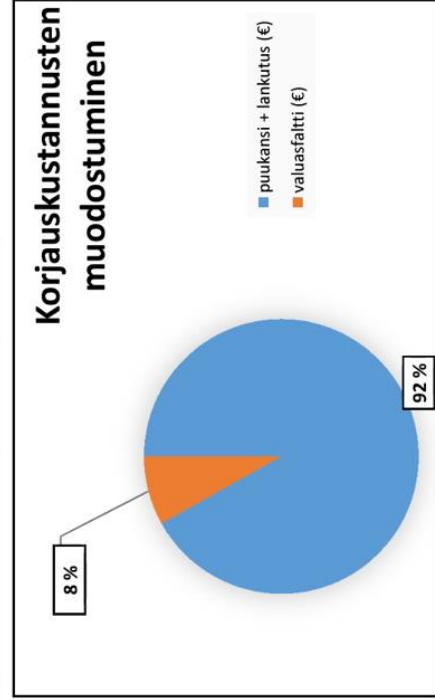
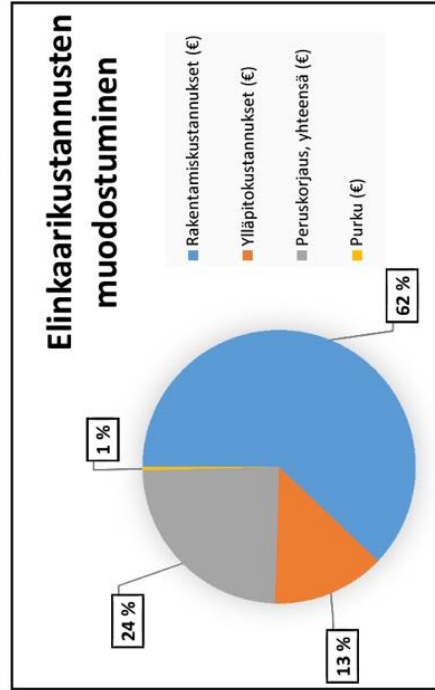
eurot

2015

rahassa

Tarkasteluvuosi	1	2	27	54	81	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	305133					
puukansi + lankutus (€)	280325		248035	248035	248035	
valuasfaltti (€)	24808		21950	21950	21950	
Purku (€)	5425					39300
YHTEENSÄ	1 265 934 €					

Diskonttatut arvot	169376,52	3852,94	3777,39	2302,44	1348,91	790,28	542,47
Ylläpito (€)	169376,52	3852,94	3777,39	2302,44	1348,91	790,28	542,47
Korjaus - puukansi + lankutus (€)	280325,27	0,00	0,00	145314,29	85134,13	49876,85	0,00
Korjaus - valuasfaltti (€)	24807,55	0,00	0,00	12859,67	7533,99	4413,88	0,00
Purku (€)	5424,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5424,70



ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

Kansi valuasfalttoitu

Diskonttokorko

5,00 %

Pitoaika (v)

100

Diskonttatut

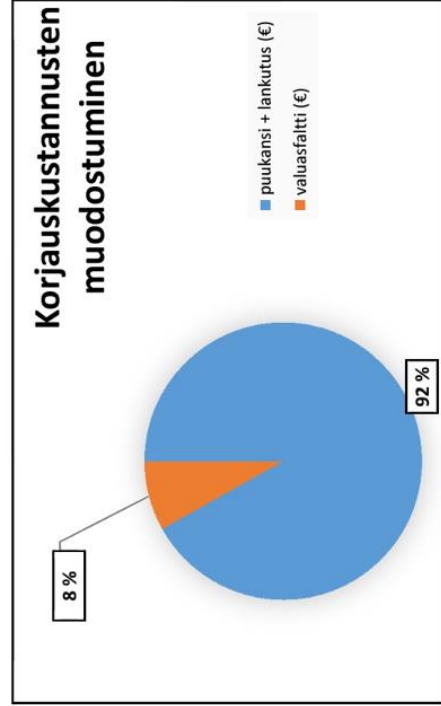
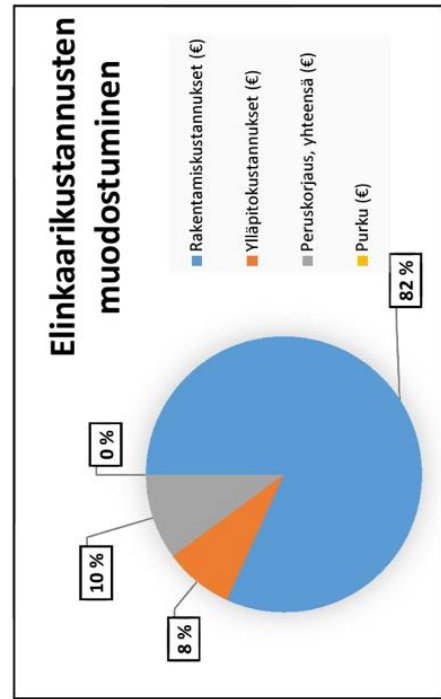
eurot

2015

rahassa

Tarkasteluvuosi	1	2	27	54	81	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	78002	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	96873					
puukansi + lankutus (€)	88997		248035	248035	248035	
valuasfaltti (€)	7876		21950	21950	21950	
Purku (€)	299					39300
YHTEENSÄ	961 174 €					

Diskonttatut arvot						
Ylläpito (€)	78002,29	3742,86	3564,63	1052,64	281,95	75,52
Korjaus - puukansi + lankutus (€)	88996,75	0,00	0,00	66435,76	17794,71	4766,28
Korjaus - valuasfaltti (€)	7875,82	0,00	0,00	5879,27	1574,75	421,79
Purku (€)	298,86	0,00	0,00	0,00	0,00	298,86



ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

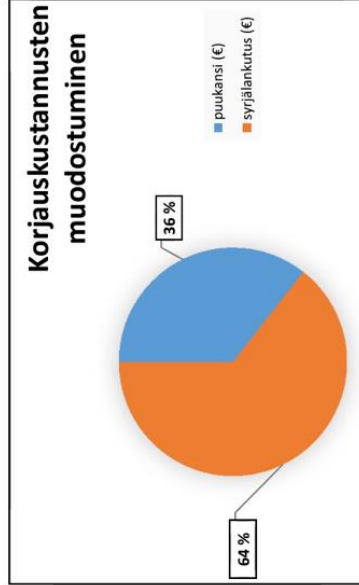
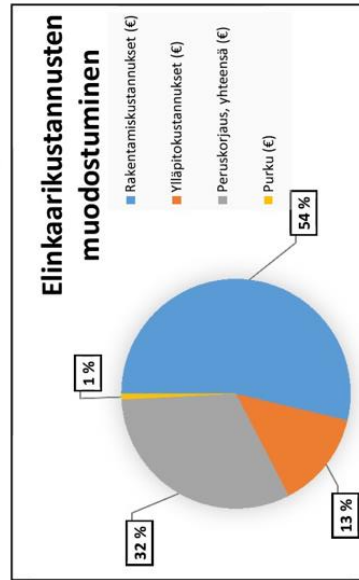
Puukansi Accoya

Diskonttokorko 1,00 %
Pitoaika (v) 100

Diskonttatut
eurot
2015
rahassa

Tarkasteluvuosi	0	1	2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	975000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	247703	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	577899												
puukansi (€)	205535							338030					
syvälankutus (€)	372363			65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850
Purku (€)	14530												39300
YHTEENSÄ	1 815 132 €												

Diskonttatut arvot	247703,49	3891,09	3852,56	3557,78	3220,81	2915,76	2639,60	2389,59	2163,27	1958,38	1772,89	1604,98	1452,97
Ylläpito (€)	247703,49	3891,09	3852,56	3557,78	3220,81	2915,76	2639,60	2389,59	2163,27	1958,38	1772,89	1604,98	1452,97
Korjaus - puukansi (€)	205535,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	205535,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Korjaus - syvälankutus (€)	372363,31	0,00	0,00	59613,15	53967,00	48855,62	44228,36	40039,36	36247,11	32814,03	29706,12	26892,56	0,00
Purku (€)	14529,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14529,65



ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

Puukansi Accoya

Diskonttokorko

2,00 %

Pitoaika (v)

100

Diskonttatut

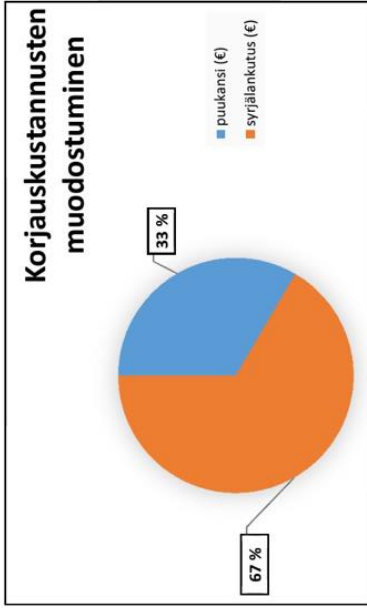
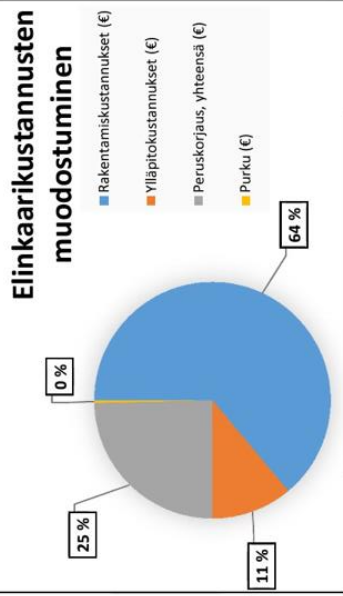
eurot

2015

rahassa

Tarkasteluvuosi	0	1	2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	975000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	169377	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	375685												
puukansi (€)	125588							338030					
syvälankutus (€)	250098			65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850
Purku (€)	5425												
YHTEENSÄ	1 525 486 €												39300

Diskonttatut arvot	Ylläpito (€)	169376,52	3852,94	3777,39	3223,97	2644,78	1779,86	1460,10	1197,79	982,61	806,08	661,27	542,47
Korjaus - puukansi (€)	125587,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	125587,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Korjaus - syvälankutus (€)	250097,63	0,00	0,00	54019,94	44315,16	36353,87	29822,83	24465,11	20069,91	16464,32	13506,48	11080,01	0,00
Purku (€)	5424,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5424,70



ELINKAARIKUSTANNUKSET PUUSILLALLE

Puukansi Accoya

Diskonttokorko
Pitoaika (v)

5,00 %
100

Diskonttatut
eurot
2015
rahassa

Tarkasteluvuosi	0	1	2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Rakentamiskustannukset (€)	0	975000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ylläpitokustannukset (€)	78002	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930	3930
Peruskorjaus, yhteensä (€)	132888												
puukansi (€)	29477							338030					
syväjälankutus (€)	103411			65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850	65850
Purku (€)	299												39300
YHTEENSÄ		1 186 189 €											

Diskonttatut arvot	Ylläpito (€)	78002,29	3742,86	3564,63	2412,68	1481,18	909,31	558,24	342,71	210,39	129,16	79,30	48,68	29,89
Korjaus - puukansi (€)	29477,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29477,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Korjaus - syväjälankutus (€)	103410,52	0,00	0,00	40426,19	24818,17	15236,20	9353,71	5742,37	3525,31	2164,24	1328,65	815,68	0,00	0,00
Purku (€)	298,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	298,86

