



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
1/2024

TAHERA Elinkaarikustannuslaskennat



Petri Varin, Timo Saarenketo

TAHERA Elinkaarikustannuslaskennat

Väyläviraston julkaisuja 1/2024

Kannen kuva: Väylävirasto ja P. Varin

Verkkajulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-138-5

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Petri Varin, Timo Saarenketo: TAHERA Elinkaarikustannuslaskennat. Väylävirasto. Helsinki 2024. Väyläviraston julkaisuja 1/2024. 42 sivua ja 2 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-138-5.

Avainsanat: Elinkaarianalyysi, LCCA, TAHERA, Rautatieinfrastruktuuri, Elinkaarikustannuslaskenta

Tiivistelmä

Tampereen henkilöratapihan kehittäminen -hankkeen (TAHERA) yhteydessä toteutettiin pilottiprojekti, jossa oli tavoitteena testata ja kehittää rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannusanalyysia. Elinkaarianalyysi (LCCA) on menetelmä, jolla analysoidaan infrastruktuurin tai sen osan kokonaiskustannuksia koko elinkaaren aikana. Projektissa tehtiin elinkaarikustannuslaskelmat kolmelle erilliselle infrarakennekokonaisuudelle. Laskelmien tarkasteluajanjaksona oli 100 vuotta ja kustannusten nykyarvoon diskonttaamiseen käytettiin 3,5 %:n vuotuista korkokantaa. Tässä raportissa elinkaarikustannukset tarkoittavat koko tarkastelukauden kustannuksia diskontattuna nykyarvoon. Ne sisältävät alkuinvestoinnin ja alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvon vähennettynä mahdollisella jäännösarvolla jakson päättyessä. Nykyarvon perusteella laskettiin lisäksi vuosikustannukset tarkastelukauden ajalle. Laskenta perustuu TPPT-tutkimusohjelmassa kehitettyyn laskentamalliin ja -kaavoihin.

Päällysrakenteiden ja vaihteiden laskelmissa kuormituksena varioitiin kuutta vaihtoehtoa, jotka olivat 4, 6, 8, 10, 12 ja 17 Mbrt/v. Tavoitteena oli laskea yhden täsmällisen luvun sijaan elinkaarikustannuksille todennäköinen vaihteluväli ja tehdä herkkyytarkasteluja. Päällysrakenteiden ja vaihteiden vuosittaisen kunnossapidon kustannuksista jätettiin pois lumitöiden ja muun talvikunnossapidon osuus. Itsenäisyydenkadun alikulkusillan laskelmiin sisältyivät vain varsinainen silta ja siihen välittömästi kuuluvat rakenteet sekä tasonvaihtorakenteet. Laskelmien ulkopuolelle rajattiin kustannusarviosta sillan alapuolinen liikenne ja rakenteet Itsenäisyydenkadulla, raitiotiepysäkki, sillan ulkopuoliset rakenteet Ratapihankadusta sekä asematunneli liiketiloineen. Vaihteluvälin arvioimiseksi sillan elinkaarikustannuksille laskettiin ensin kaksi vaihtoehtoa, joissa tiettyjen rakenneosien uusimisväli oli joko 40 vuotta tai 60 vuotta. Tämän jälkeen laskettiin yhdistelmä, jossa kullekin rakenneosalle käytettiin tyypillistä uusimisväliä.

Päällysrakenteiden elinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen noin 3,14–4,12 M€. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli 113 000–149 000 €. Vaihteiden elinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen kaikille vaihteille yhteensä noin 11,96–22,19 M€, eli keskimäärin/vaihde noin 352 000–653 000 €. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli kaikille vaihteille yhteensä noin 433 000–802 000 €, eli keskimäärin/vaihde noin 13 000–24 000 €. Vuosikustannuksista sekä kunnossapidon että vaihteenlämmityksen osuus oli kuormitustasosta riippuen noin 8–15 %. Itsenäisyydenkadun alikulkusillan elinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin noin 27,4–28,3 M€, joka tarkoitti vuosikustannuksina noin 991 000–1 022 000 €. Kolmen infrarakennekokonaisuuden yhteenlasketuiksi elinkaarikustannuksiksi saatiin kuormitustasosta riippuen noin 43,2–54,4 M€, mikä tarkoitti 1,47–1,85-kertaista summaa verrattuna alkuinvestointiin. Lisäksi elinkaaritarkasteluiden pohjalta koottiin aikajana, jonka avulla on helpompi hahmottaa eri rakenneosien uusimisvälejä, ja joka toimii eräänlaisena toimenpide-ehdotuksena.

Petri Varin, Timo Saarenketo: TAHERA Livscykelkostnadsberäkningar. Trafikledsverket. Helsingfors 2024. Trafikledsverkets publikationer 1/2024. 42 sidor och 2 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-138-5.

Sammanfattning

I samband med projektet för utveckling av Tammerfors personbangård (TAHERA) genomfördes ett pilotprojekt där målet var att testa och utveckla livscykelkostnadsanalysen för järnvägsinfrastrukturen. Livscykelanalys (LCCA) är en metod som används för att analysera de totala kostnaderna av infrastruktur eller en del av infrastrukturen under hela dess livscykel. I projektet gjordes livscykelkostnadsberäkningar för tre separata infrastrukturhelheter. Granskningsperioden för beräkningarna var 100 år och för diskontering av kostnadernas nuvärde användes en årlig räntesats på 3,5 %. I denna rapport avser livscykelkostnaderna kostnaderna för hela granskningsperioden diskonterade till nuvärdet. De innehåller nuvärdet av inledande investeringar och investeringar som görs under granskningsperioden efter den inledande investeringen, minskat med eventuellt restvärde vid periodens slut. På basis av nuvärdet beräknades dessutom de årliga kostnaderna för granskningsperioden. Beräkningen grundar sig på en beräkningsmodell och beräkningsformler som utvecklats inom forskningsprogrammet TPPT.

I beräkningarna av överbyggnader och växlar varierades belastningen mellan sex alternativ: 4, 6, 8, 10, 12 och 17 Mbrt/år. Målet var att i stället för ett exakt tal beräkna ett sannolikt variationsintervall för livscykelkostnaderna och göra känslighetsanalyser. Av de årliga underhållskostnaderna för överbyggnader och växlar utelämnades snöarbetenas och det övriga vinterunderhållets andel. I beräkningarna för Itsenäisydenkatu underfartsbro ingick endast den egentliga bron och därtill direkt anslutna konstruktioner samt planbyteskonstruktioner. I kostnadsberäkningen lämnades trafiken och konstruktionerna under bron på Självständighetsgatan, järnväghållplatsen, konstruktionerna utanför bron från Ratapihankatu samt stationstunneln med tillhörande affärslokaler utanför beräkningarna. För att uppskatta variationsintervallet beräknades först två alternativ för brons livscykelkostnader, där intervallet mellan förnyandet av vissa byggnadsdelar var antingen 40 eller 60 år. Därefter beräknades en kombination där man använde ett typiskt förnyelseintervall för varje konstruktionsdel.

Beroende på belastningsnivån var variationsintervallet för överbyggnadernas livscykelkostnader cirka 3,14–4,12 miljoner €. Som årliga kostnader var variationsintervallet 113 000–149 000 €. Beroende på belastningsnivån var variationsintervallet för växlarnas livscykelkostnader sammanlagt cirka 11,96–22,19 miljoner €, dvs. i genomsnitt/växel cirka 352 000–653 000 €. Som årliga kostnader var variationsintervallet för alla växlar sammanlagt cirka 433 000–802 000 €, dvs. i genomsnitt/växel cirka 13 000–24 000 €. Av de årliga kostnaderna var både underhållets och växeluppvärmningens andel cirka 8–15 % beroende på belastningsnivå. Livscykelsintervallet för Itsenäisydenkatu underfartsbro var cirka 27,4–28,3 miljoner €, vilket innebar cirka 991 000–1 022 000 € i årliga kostnader. De sammanräknade livscykelkostnaderna för tre infrastrukturhelheter var beroende på belastningsnivån cirka 43,2–54,4 miljoner €, vilket innebar en summa som var 1,47–1,85 gånger större än den inledande investeringen. Dessutom sammanställdes utifrån livscykelgranskningarna en tidslinje som gör det lättare att

gestalta intervallerna mellan förnyelsen av olika konstruktionsdelar och som fungerar som ett slags åtgärdsförslag.

Petri Varin, Timo Saarenketo: TAHERA Life Cycle Cost Calculations. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2024. Publications of the FTIA 1/2024. 42 pages and 2 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-138-5.

Abstract

In the context of the Tampere passenger railway yard development project (TAHERA), a pilot project was carried out to test and develop a life cycle cost analysis of the railway infrastructure. Life cycle cost analysis (LCCA) is a method of analysing the total cost of infrastructure or part of it over its entire life cycle. The project included life cycle cost calculations for three separate infrastructure projects. The period considered for the calculations was 100 years and an annual interest rate of 3.5% was used to discount the costs to present value. In this report, life-cycle costs refer to the costs over the whole period under consideration, discounted to present value. They include the present value of the initial investment and the investments made after the initial investment during the period under consideration, less any residual value at the end of the period. The present value was also used to calculate the annual costs for the period under consideration. The calculation is based on the calculation model and formulae developed in the TPPT research programme.

For the superstructure and turnout calculations, six load options were varied: 4, 6, 8, 10, 12 and 17 million grt/yr. The aim was to calculate a likely range of life cycle costs rather than a single exact figure, and to carry out sensitivity analyses. The costs of annual maintenance of superstructures and turnouts excluded snow clearing work and other winter maintenance. The calculations for the Itsenäisyydenkatu underpass included only the bridge itself and the structures directly connected to it, as well as the cross-platform access structures. Excluded from the calculations were the traffic and structures under the bridge on Itsenäisyydenkatu, at the tram stop, the structures outside the bridge from Ratapihankatu and the station tunnel with its business premises. To estimate the range for the life cycle cost of the bridge, two alternatives were first calculated, with a replacement interval of either 40 years or 60 years for certain structural elements. A combination was then calculated using a typical replacement interval for each structural element.

The life cycle cost of the superstructures ranged from €3.14 to €4.12 million depending on the load level. The annual costs ranged from €113,000 to €149,000. Depending on the load level, the life cycle costs range for all the turnouts was found to be between €11.96 and €22.19 million, i.e. an average of €352,000 to €653,000 per turnout. In terms of annual costs, the range for all the turnouts was between €433,000 and €802,000, i.e. an average per turnout of between €13,000 and €24,000. The annual costs for both maintenance and turnout heating were around 8–15%, depending on the load level. The life-cycle cost of the Itsenäisyydenkatu underpass was estimated to range between €27.4 and 28.3 million, which meant an annual cost of around €991,000 to €1,022,000. The total life-cycle costs of the three infrastructure projects were estimated at about €43.2 to 54.4 million depending on the load level, which was 1.47–1.85 times higher than the initial investment. In addition, the life-cycle analyses were used to draw up a timeline that makes it easier to identify the replacement intervals for the various structural elements and serves as a kind of proposal for measures.

Esipuhe

Tampereen henkilöratapihan kehittäminen -hankkeen (TAHERA) yhteydessä toteutetussa pilottiprojektissa on ollut tavoitteena testata ja kehittää rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannusanalyysia. Projektissa tehtiin elinkaarikustannuslaskelmat kolmelle erilliselle TAHERA-hankkeen sisältä rajatulle infrarakennekokonaisuudelle. Projekti on toteutettu aikavälillä syksy 2022 – alkuvuosi 2023.

Tilaaajana on ollut Väylävirasto, josta projektia ovat ohjanneet Susanna Suomela, Virpi Kukkonen ja Mervi Kulha. Lisäksi työryhmässä ovat olleet mukana Welado Oy:n TAHERA-hankkeen asiantuntijat Tero Leppänen, Satu Peltonen ja Jussi Häkkinen. Väyläviraston ja Welado Oy:n edustajat ovat toimittaneet pääosan elinkaarikustannuslaskelmien lähtötiedoista ja toimineet lisäksi projektin ohjausryhmässä.

Konsulttina projektissa on toiminut Roadscanners Oy, joka on tehnyt elinkaarikustannuslaskelmat ja laatinut tämän raportin. Raportin ovat kirjoittaneet Petri Varin ja Timo Saarenketo. Heidän lisäkseen Roadscanners Oy:stä työryhmässä ovat olleet mukana Annele Matintupa, Tomi Herronen ja Timo Saarenpää.

Helsingissä tammikuussa 2024

Väylävirasto
Toiminnansuunnittelu- ja johtamisjärjestelmäosasto

Sisältö

1	JOHDANTO.....	10
2	LASKENTAPERIAATTEET, LÄHTÖAINEISTO JA RAJAUKSET	11
3	PÄÄLLYSRAKENTEET	13
3.1	Päällysrakenteiden ja toimenpiteiden jaottelu osiin laskentaa varten sekä näiden erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset	13
3.1.1	Vain alkuinvestointiin sisältyvät toimenpiteet ja rakenteet	13
3.1.2	Pölkyt.....	13
3.1.3	Tukikerros	13
3.1.4	Kiskot 60E1.....	14
3.1.5	Kiskot 54E1.....	15
3.1.6	Päällysrakenteiden vuosittainen kunnossapito	15
3.2	Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä	16
3.2.1	Alkuperäinen laskelma	16
3.2.2	Herkkyystarkastelut	18
3.3	Naistenlahden raiteiden tukikerroksen vertailulaskelmat.....	25
4	VAIhteET	28
4.1	Vaihteiden ja toimenpiteiden jaottelu osiin laskentaa varten sekä näiden erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset.....	28
4.1.1	Vain alkuinvestointiin sisältyvät toimenpiteet.....	28
4.1.2	Pitkät vaihteet.....	28
4.1.3	Lyhyet vaihteet	28
4.1.4	Vaihteiden vuosittainen kunnossapito.....	29
4.1.5	Vaihteiden lämmityksen energiakustannukset	30
4.2	Vaihteiden elinkaarikustannukset yhteensä.....	30
5	ITSENÄISYYDENKADUN ALIKULKUSILTA.....	33
5.1	Rakenteiden ja toimenpiteiden jaottelu osiin laskentaa varten sekä näiden erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset.....	33
5.1.1	Vain alkuinvestointiin sisältyvät toimenpiteet.....	33
5.1.2	Ponttiseinät, maatyöt, täytöt	33
5.1.3	Massiiviset betoniset rakenneosat	33
5.1.4	Kannen eristys ja suojabetoni	33
5.1.5	Pintakäsittelyt ja suojaukset	34
5.1.6	Liikuntasauamat.....	34
5.1.7	Laakerit.....	35
5.1.8	Raide.....	35
5.1.9	Muut varusteet.....	36
5.1.10	Tasonvaihtorakenteet	36
5.1.11	Muut hoidon ja käytön kustannukset.....	37
5.2	Itsenäisyydenkadun alikulkusillan elinkaarikustannukset yhteensä	38
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
	LÄHDELUETTELO.....	42

LIITTEET

- Liite 1 Liikennetietoja Tampereen aseman kohdalla
- Liite 2 Tasonvaihtorakenteiden elinkaarikustannusten arviointi

1 Johdanto

Rautatieinfrastruktuuri on tärkeä osa suomalaista liikennejärjestelmää tarjoamalla tehokkaita ja luotettavia henkilö- ja tavarakuljetuksia. Kuitenkin rautatieinfrastruktuurin rakentaminen, kunnossapito ja käyttö voi olla kallista ja siksi on tärkeää ymmärtää omaisuuden hallinnan kannalta kokonaiskustannukset koko sen elinkaaren ajalta.

Elinkaarianalyysi (LCCA) on menetelmä, jolla analysoidaan infrastruktuurin tai sen osan kokonaiskustannuksia koko elinkaaren aikana. Analyysissä otetaan huomioon kaikki infrastruktuuriin liittyvät kustannukset, mukaan lukien alkuperäiset rakentamiskustannukset, ylläpito- ja korjauskustannukset sekä käyttökustannukset.

Rautatieinfrastruktuurin osalta elinkaarianalyysit ovat erityisen tärkeitä rautatieomaisuuden pitkän käyttöiän vuoksi. Rautatieradat, sillat ja tunnelit voivat kestää vuosikymmeniä, tai jopa yli sata vuotta. Siksi yksi LCCA:n käytön suurimmista eduista rautatieinfrastruktuurin suunnittelussa on se, että sen avulla voidaan tunnistaa kustannustehokkaimmat ratkaisut. Lisäksi LCCA voi auttaa tunnistamaan toimenpiteet tai rakenteet, joilla infrastruktuuri-investoinnit voivat johtaa pitkään aikavälin kustannussäästöihin. Esimerkiksi investoimalla korkealaatuisiin raiteisiin voidaan vähentää ylläpitokustannuksia ajan mittaan, mikä johtaa alhaisempiin kokonaiskustannuksiin elinkaaren aikana.

Rautatieinfrastruktuurin LCCA:n tekemiseen liittyy kuitenkin myös joitakin haasteita. Yksi tärkeimmistä haasteista on itse infrastruktuurin monimutkaisuus. Rautatiejärjestelmät ovat usein kytköksissä toisiinsa, ja voi olla vaikeaa määrittää järjestelmän yksittäisten osien tarkkoja kustannuksia ja hyötyjä. Haasteena on myös epävarmuus, joka liittyy teknologiassa tapahtuviin muutoksiin ja esimerkiksi ilmastomuutokseen.

Digitalisaation kehittymisen myötä elinkaarianalyysitekniikkaa on Väylävirastossa alettu käyttää yhä enemmän teiden ja rautateiden rakennus- ja korjaushankkeiden sekä kunnossapidon suunnittelussa myös rakenteiden osalta. Toistaiseksi nämä hankkeet ovat olleet pääosin yksittäisen rakenneratkaisun ja väylärakenteen osan elinkaarianalyysieja, eikä niitä ole tehty suuremmille kokonaisuuksille jo niiden mitattavuuden vuoksi.

Sopivaksi LCCA:n pilottikohteeksi tähän tutkimukseen löytyi vuonna 2022 Tampereen henkilöratapihan kehittäminen -hanke (TAHERA). Sen tavoitteena on parantaa Tampereen henkilöratapihan toimivuutta, matkustajien olosuhteita ja henkilöjunien huoltoa sekä luoda edellytykset Asemakeskuksen kehittämiselle henkilöratapihan järjestelyjen osalta. Samalla kehitetään ja peruskorjataan ratapihan rakenteita. Hankkeen kustannusarvio on noin 130,7 M€ Väyläviraston osalta.

Elinkaarianalyysipilottiin valittiin TAHERA-hankkeesta kolme eri infrarakennekokonaisuutta: radan päällysrakenteet, vaihteet sekä Itsenäisyydenkadun alikulkusilta mukaan lukien mm. tasonvaihtorakenteet. Näistä laskelmiin oli käytettävissä riittävän tarkat investointien hinta-arviot, rakenteiden käyttöikä tietoja sekä tietoja kunnossapito- ja käyttökustannuksista.

Tässä raportissa kuvataan TAHERA elinkaarikustannusanalyysien perusteita, laskentamenetelmiä, laskelmien tuloksia sekä niihin liittyviä erilaisia herkkyystarkasteluja.

2 Laskentaperiaatteet, lähtöaineisto ja rajaukset

Kaikkien kolmen tässä raportissa esitettävän infrarakennekokonaisuuden (radan päällysrakenteet, vaihteet ja Itsenäisyydenkadun alikulkusilta) elinkaarikustannuslaskelmien tarkasteluajanjaksona on ennalta sovitun mukaisesti käytetty 100 vuotta. Kustannusten nykyarvoon diskonttaamiseen on niin ikään ennalta sovitusti käytetty 3,5 %:n vuotuista korkokantaa.

Tässä raportissa esitettävät elinkaarikustannukset tarkoittavat koko tarkastelukauden kustannuksia diskontattuna nykyarvoon. Ne sisältävät alkuinvestoinnin ja alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvon vähennettynä mahdollisella jäännösarvolla jakson päättyessä. Laskelman tuloksena saadun kokonaiskustannusten nykyarvon perusteella on lisäksi laskettu vuosikustannus tarkastelukauden ajalle. Laskenta perustuu Tien pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelmassa (TPPT) kehitettyyn elinkaarikustannusten laskentamalliin ja -kaavoihin.

Päällysrakenteet ja vaihteet

Päällysrakenteiden osalta laskelmiin sisältyvät vain TAHERA-hankkeessa rakennettavat ja/tai muokattavat uudet päällysrakenteet, ei koko ratapiha. Hankkeessahan päällysrakenteiden osalta muutoksia tapahtuu pääasiassa nykyisten raiteiden 6–8 alueella, minkä lisäksi aseman kohdalle rakennetaan uusi tavaraliikenteen ohitusraide 9 ja Naistenlahteen uudet henkilöjunien huoltoraiteet. Samaan tapaan vaihteiden laskelmiin sisältyvät vain TAHERA-hankkeessa rakennettavat ja/tai vaihdettavat uudet vaihteet, joita on yhteensä 34 kpl.

Väyläviraston toimittamien liikennetietojen (Liite 1) perusteella nykytilanteessa noin 80 % kaikesta liikenteestä Tampereen aseman kohdalla kulkee raiteita 1–3 pitkin, ja loput noin 20 % jakautuu muille raiteille 4–8. Henkilöliikenteen osalta tuo 20 % kulkee raiteilla 4–5, tavaraliikenteen osalta puolestaan pääasiassa raiteella 8. Näin ollen tämän elinkaarikustannustarkastelun rajaukseen sisältyvät raiteet ovat juuri näitä vähemmän liikennöityjä. Kokonaisliikennemäärä Tampereen aseman kohdalla on lähtötietojen mukaan noin 17 Mbrt/v. Tästä tonnimäärästä tavaraliikenteen osuus on noin 10 Mbrt/v ja henkilöliikenteen osuus noin 7 Mbrt. Vaikka TAHERA-hankkeessa tehtävien muutosten myötä erityisesti tavaraliikennettä siirtyisi merkittävästikin nykyistä enemmän uudelle raiteelle 9 ja muille tämän elinkaarikustannuslaskennan rajaukseen sisältyville raiteille, esimerkiksi puolet kaikesta aseman kohdalla kulkevasta tavaraliikenteestä kulkisi jatkossa niiden kautta, niin silti tonnimäärä olisi vain 5 Mbrt/v. Edelleen, jos oletetaan, että jatkossa jopa puolet kaikesta aseman kohdalla kulkevasta 17 Mbrt/v liikenteestä kulkisi näiden raiteiden kautta, niin tällöin tonnimäärä olisi 8,5 Mbrt/v.

Edellä esitettyjen liikennetietojen pohjalta päällysrakenteiden ja vaihteiden laskelmissa kuormituksena on varioitu kuutta vaihtoehtoa, jotka ovat 4, 6, 8, 10, 12 ja 17 Mbrt/v. Näistä alhaisimmat kuormitustasot edustavat nykyiseen liikennemäärään perustuvaa arviota tilanteesta TAHERA-hankkeessa tehtävien muutosten jälkeen. Keskitason arvot sisältävät sitten jo mahdollisuuden liikennemäärien kasvuun tulevaisuudessa. Korkein kuormitustaso puolestaan on nykyinen kokonaisliikennemäärä Tampereen aseman kohdalla, minkä voidaan katsoa edustavan kuormituk-

sen ehdotonta maksimia tämän elinkaarikustannustarkastelun rajaukseen sisältyvien päällysrakenteiden ja vaihteiden osalta. Muun muassa lähtötietoihin sekä tehtyihin rajauksiin ja oletuksiin sisältyvien epävarmuuksien vuoksi tavoitteena on ollut laskea yhden täsmällisen luvun sijaan elinkaarikustannuksille pikemminkin todennäköinen vaihteluväli, minkä lisäksi on tehty herkkyystarkasteluja eri parametrien muutosten vaikutuksista.

Päällysrakenteita ja niille tehtäviä toimenpiteitä on jaoteltu osiin, sekä niille saatu määrä, hintoja ja käyttöiä lähtötietoina saatujen kustannusarvio-Exceltaulukon *HS195603 TAHERA Ratasuunnittelu MAKU 2015=100_120 - Kustannusarvio rakenteen mukaan-2022-09-16.xlsx* ja raportin *R-Omha, Päällysrakenteen ja vaihteiden elinkaarikustannukset* pohjalta. Vaihteita ja niille tehtäviä toimenpiteitä puolestaan on jaoteltu osiin, sekä niille saatu määrä (vaihteiden lukumääränä on käytetty rakentamissuunnitteluvaiheen mukaista päivitettyä määrää), hintoja ja käyttöiä samojen edellä mainittujen kustannusarvion ja raportin lisäksi mm. raporteista *Rautatievaihteiden ennakoiva kunnossapito* ja *Radanpidon sähkönkulutus ja energiansäästöpotentiaali*.

Päällysrakenteiden ja vaihteiden vuosittaisen kunnossapidon kustannuksista on ennalta sovitun mukaisesti jätetty pois lumitöiden ja muun talvikunnossapidon osuus. Tämä on siltäkin osin perusteltua, koska laskelmat koskevat vain tiettyjä raiteita ja vaihteita, eli vain osaa ratapihasta, jolloin lumitöiden kustannusten kohdentaminen vain näihin osiin voisi olla hankalaa ja summat epärealistisia.

Itsenäisyydenkadun alikulkusilta

Itsenäisyydenkadun alikulkusillan osalta rakenneosia ja tehtäviä toimenpiteitä on jaoteltu osiin, sekä niille saatu määrä, hintoja ja käyttöiä lähtötietona saadusta kustannusarvio-Exceltaulukosta *IR205064 TAHERA Itsenäisyydenkadun AKS yleisuunnitelman päivitys - Kustannusarvio rakenteen mukaan-2022-10-4.xlsx* sekä mm. Liikenneviraston julkaisemattomasta *Sillan elinkaarikustannusten laskentaohje* -raportista ja Sweco Finland Oy:n toimittamista tasonvaihtorakenteiden elinkaarikustannusten arvioista (Liite 2).

Itsenäisyydenkadun alikulkusillan laskelmiin sovittiin sisällytettäväksi vain varsinainen silta ja siihen välittömästi kuuluvat rakenteet sekä tasonvaihtorakenteet. Laskelmien ulkopuolelle on rajattu kustannusarviosta sillan alapuolinen liikenne ja rakenteet Itsenäisyydenkadulla, raitiotiepysäkki, sillan ulkopuoliset rakenteet Ratapihankadusta sekä asematunneli liiketiloineen ja muut ns. talonrakennustekniset työt.

Vaihteluvälin arvioimiseksi sillan elinkaarikustannuksille laskettiin ensin kaksi vaihtoehtoa, joissa tiettyjen rakenneosien (kannen eristeet ja suojabetoni, liikunta-saumut, laakerit, sillan kannen päällä olevat radan rakennekerrokset ja muut varusteet) uusimisväli oli kaikissa 40 vuotta tai kaikissa 60 vuotta. Tämän jälkeen laskettiin yhdistelmä, ns. paras arvio, jossa kullekin rakenneosalle valittiin lähtötietojen, lähteiden ja kokemusperäisen arvion perusteella näistä parempi / todennäköisempi uusimisväli.

Kaikkien kolmen tässä raportissa esitettävän infrarakennekokonaisuuden laskelmissa käytetyt rakenteiden ja toimenpiteiden hinnat sisältävät kustannusarvioista vain rakennusosat, ei hanketehtäviä (työmaatehtävät ja tilaajatehtävät). Laskelmien tuloksina esitetyt elinkaarikustannukset ja muut summat ovat suoraan laskennasta saatuja lukuja, jotka on vain pyöristetty lähimpään euroon.

3 Päälysrakenteet

3.1 Päälysrakenteiden ja toimenpiteiden jaottelu osiin laskentaa varten sekä näiden erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset

3.1.1 Vain alkuinvestointiin sisältyvät toimenpiteet ja rakenteet

Kustannusarviosta vain alkuinvestointiin sisältyviksi toimenpiteiksi ja rakenteiksi katsottiin kuuluvan erilaiset nykyisten rakenteiden purkutyöt ja varsinaisen päälysrakenteen alapuoliset rakenteet. Näitä olivat tukikerroksen poistaminen, raiteen purkaminen, jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset, suodatinkangas sekä salaojat.

Koska nämä toimenpiteet ja rakenteet sisältyvät ainoastaan alkuinvestointiin, eikä tarkastelujakson aikana tehdä investointeja, koko tarkastelukauden kustannusten nykyarvo on kaikissa tapauksissa yhtä suuri kuin alkuinvestointi. Kustannusten kokonaissumma on **807 827 €**.

3.1.2 Pölkkyt

Kohteen pituus on kaikkiaan 4 510 raidemetriä, jonka matkalla ratapölkkyjä on 7 396 kappaletta. Pölkkyjen elinkaarikustannukset laskettiin nykyisin käytössä olevalla 40 vuoden kestoikällä sekä todennäköisesti tulevaisuudessa käytettävällä 50 vuoden kestoikällä.

Taulukko 1. Ratapölkkyjen elinkaarikustannukset

PÖLKYT	uusimisväli 40 v	uusimisväli 50 v
Toimenpiteen alkuinvestointi		560 229 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	330 691 €	277 799 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	8 980 €	17 961 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	881 939 €	820 067 €

3.1.3 Tukikerros

Kohteen tukikerroksessa käytettävä raidesepeli on lujuusluokka LA_{RB}12, jonka kestoikä on 350 Mbrt. Tukikerrokselle laskettiin elinkaarikustannukset kuudella eri kuormitustasolla. Uusimisväli saatiin jakamalla kestoikä vuotuisella kuormituksella.

Taulukko 2. Tukikerroksen elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla

	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 87,5 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 58,3 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 43,8 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 35 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 29,2 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 20,6 v
TUKIKERROS (kestävyys 350 Mbrt)						
Toimenpiteen alkuinvestointi	402 487 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	99 074 €	132 375 €	221 628 €	262 194 €	346 185 €	494 600 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	11 060 €	3 674 €	9 251 €	1 843 €	7 424 €	1 879 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	490 501 €	531 189 €	614 865 €	662 838 €	741 248 €	895 209 €

Kuitenkin mm. elinkaaren aikana tehtävät tukemistoimenpiteet myös osaltaan hienontavat raidesepeliä, mikä lyhentää tukikerroksen kestoikää. Tästä syystä tukikerroksen elinkaarikustannuksista laskettiin vielä sellainen versio, jossa sepelin kestoikänä on käytetty 20 % pienempää arvoa, eli 280 Mbrt.

Taulukko 3. Tukikerroksen elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla, mikäli materiaalin kestoikä onkin 20 % lyhyempi, eli 280 Mbrt

	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 70 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 46,7 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 35 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 28 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 23,3 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 16,5 v
TUKIKERROS (kestävyys -20 % = 280 Mbrt)						
Toimenpiteen alkuinvestointi	402 487 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	116 663 €	210 766 €	262 194 €	357 792 €	448 117 €	651 722 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	7 374 €	11 080 €	1 843 €	5 530 €	9 138 €	12 122 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	511 777 €	602 173 €	662 838 €	754 750 €	841 466 €	1 042 088 €

3.1.4 Kiskot 60E1

Kohteessa käytetään 3530 raidemetrin matkalla kiskotyyppiä 60E1, jonka kestoikä on 450 Mbrt. Kiskotyyppille laskettiin elinkaarikustannukset kuudella eri kuormitustasolla, ja eri tapauksen uusimisvälit saatiin jakamalla kestoikä vuotuisella kuormituksella.

Taulukko 4. Kiskojen 60E1 elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla

	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 112,5 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 75 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 56,3 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 45 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 37,5 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 26,5 v
KISKOT 60E1						
Toimenpiteen alkuinvestointi	486 201 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	0 €	134 125 €	163 677 €	262 143 €	301 168 €	451 005 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	1 732 €	10 392 €	3 489 €	12 124 €	5 196 €	3 529 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	484 469 €	609 934 €	646 389 €	736 220 €	782 173 €	933 677 €

Kiskotyypille 60E1 laskettiin lisäksi elinkaarikustannukset siinä tapauksessa, että kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla samaan aikaan ratapölkkyjen uusimisen kanssa.

Taulukko 5. Kiskojen 60E1 elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla, mikäli kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa

KISKOT 60E1 (vaihto 40 v kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa)	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 112,5 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 75 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 56,3 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 45 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 37,5 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 26,5 v
Toimenpiteen alkuinvestointi	486 201 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	286 994 €	286 994 €	286 994 €	286 994 €	301 168 €	451 005 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	7 794 €	7 794 €	7 794 €	7 794 €	5 196 €	3 529 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	765 401 €	765 401 €	765 401 €	765 401 €	782 173 €	933 677 €

3.1.5 Kiskot 54E1

Kohteessa käytetään 980 raidemetrin matkalla kiskotyyppiä 54E1, jonka kestoikä on 300 Mbrt. Kiskotyypille laskettiin elinkaarikustannukset kuudella eri kuormitustasolla, ja eri tapausten uusimisvälit saatiin jakamalla kestoikä vuotuisella kuormituksella.

Taulukko 6. Kiskojen 54E1 elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla

KISKOT 54E1	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 75 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 50 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 37,5 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 30 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 25 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 17,6 v
Toimenpiteen alkuinvestointi	107 279 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	29 594 €	53 196 €	66 452 €	90 311 €	112 685 €	158 352 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	2 293 €	3 439 €	1 146 €	2 293 €	3 439 €	1 094 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	134 580 €	157 036 €	172 584 €	195 297 €	216 524 €	264 536 €

3.1.6 Päällysrakenteiden vuosittainen kunnossapito

Raportin *R-Omha, Päällysrakenteen ja vaihteiden elinkaarikustannukset* mukaan päällysrakenteen vuosittaiset kunnossapitokustannukset ovat noin 3 400–3 750 €/raide-km/vuosi. Laskentaan on nyt valittu lähtökohdaksi vaihteluvälin maksimiarvo 3 750 €/raide-km/vuosi, josta vähennetään laskelmista pois jätettävä lumitöiden osuus, noin 1 120 €/raide-km/vuosi. Näin ollen päällysrakenteiden vuosittaisiksi kunnossapitokustannuksiksi jää noin 2 630 €/raide-km/vuosi.

Tässä tarkastelussa on päällysrakennetta 4,51 raide-km, joten yhteensä vuosittaiset kunnossapitokustannukset ovat 4,51 raide-km * 2 630 €/raide-km/vuosi = **11 861 €/vuosi**.

Taulukko 7. Päällysrakenteiden vuosittaisen kunnossapidon kustannukset tarkastelukauden ajalta

PÄÄLLYSRAKENTEIDEN VUOSITTAINEN KUNNOSSAPITO	
Ensimmäisen vuoden kunnossapitokustannus	11 861 €
Ensimmäisen vuoden jälkeen aiheutuvien kunnossapitokustannusten nykyarvo	327 641 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	0 €
Koko tarkastelukauden kunnossapitokustannukset nykyarvoon	339 502 €

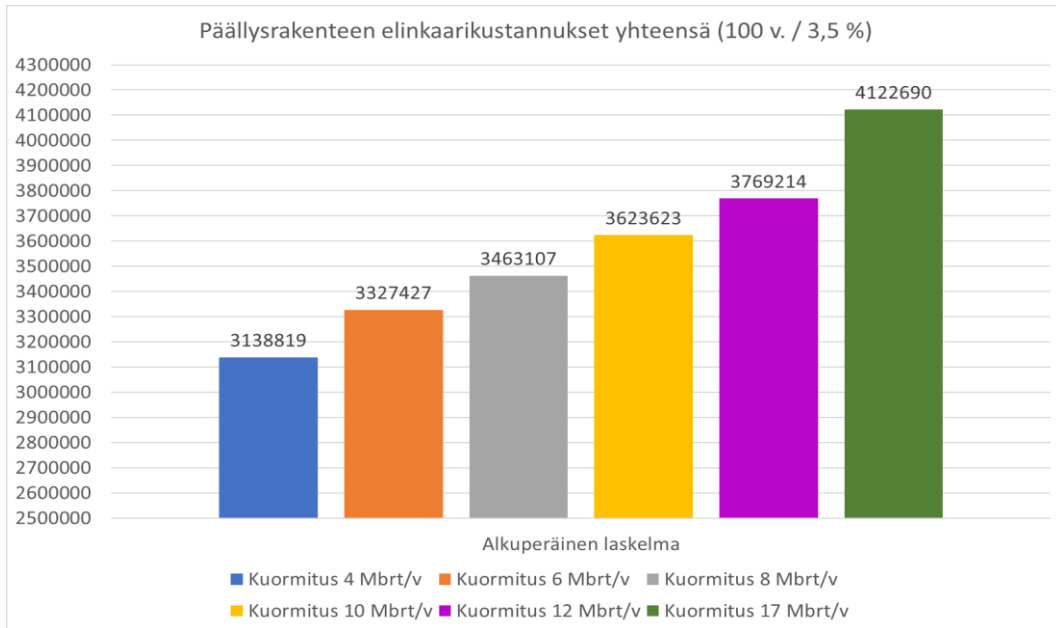
3.2 Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä

3.2.1 Alkuperäinen laskelma

Koko päällysrakenteen elinkaarikustannukset, eli kustannukset yhteensä 100 vuoden tarkastelujaksolta, on saatu laskemalla yhteen erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset. Pölkkyjen, tukikerroksen ja 60E1-kiskojen osalta tähän laskelmaan on huomioitu alkuperäiset kestoajat/uusimisvälit.

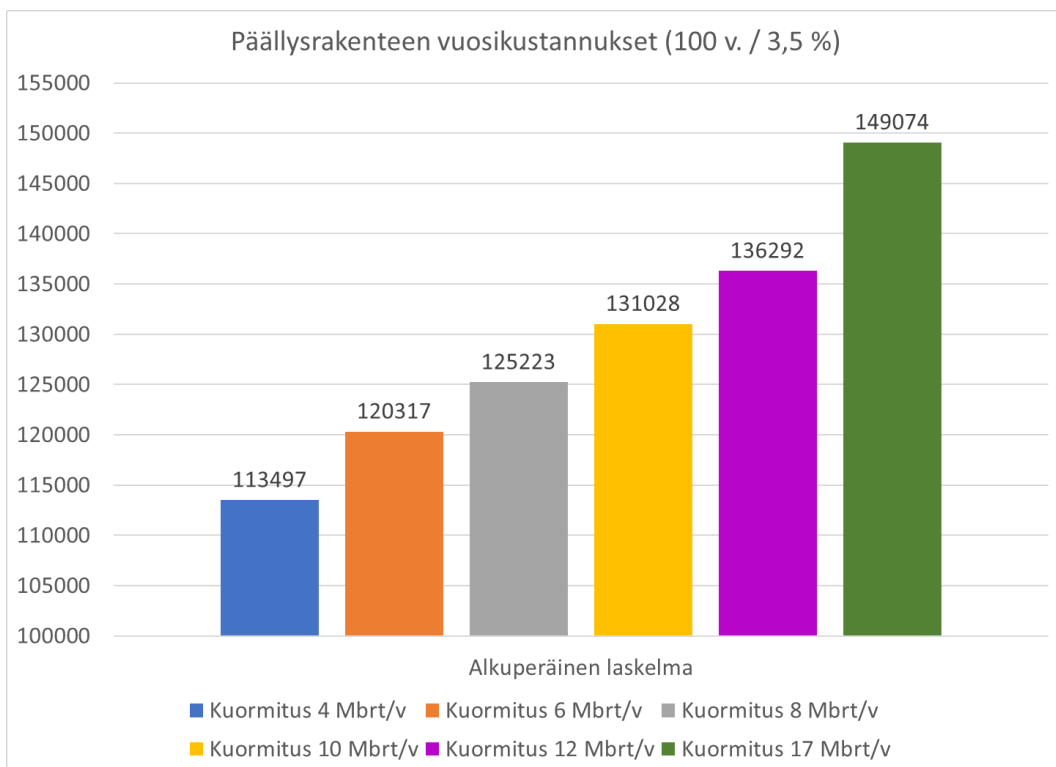
Taulukko 8. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Toimenpiteen alkuinvestointi	2 364 024 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	786 999 €	978 028 €	1 110 088 €	1 272 979 €	1 418 369 €	1 762 288 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	24 066 €	26 486 €	22 866 €	25 241 €	25 040 €	15 483 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	3 138 819 €	3 327 427 €	3 463 107 €	3 623 623 €	3 769 214 €	4 122 690 €



Kuva 1. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla

Elinkaarikustannusten kokonaissumman lisäksi päällysrakenteille saatiin vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta.



Kuva 2. Päällysrakenteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta

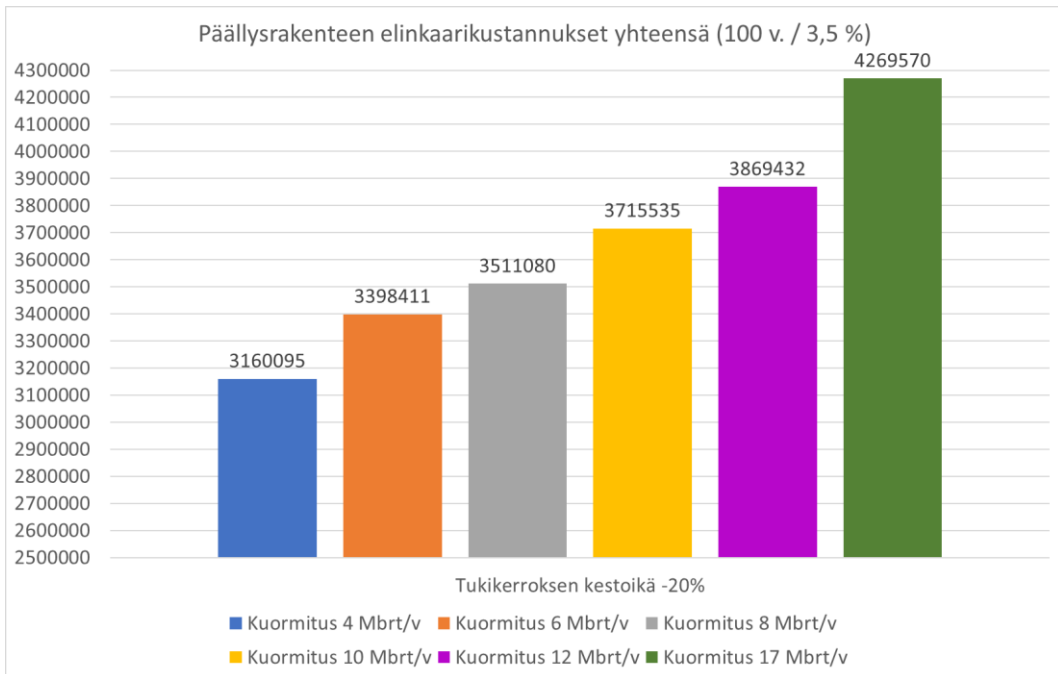
3.2.2 Herkkyystarkastelut

Seuraavissa taulukoissa ja kuvaajissa on esitetty päällysrakenteiden elinkaarikustannusten herkkyystarkastelut, eli elinkaarikustannukset ja vuosikustannukset seuraavissa tapauksissa:

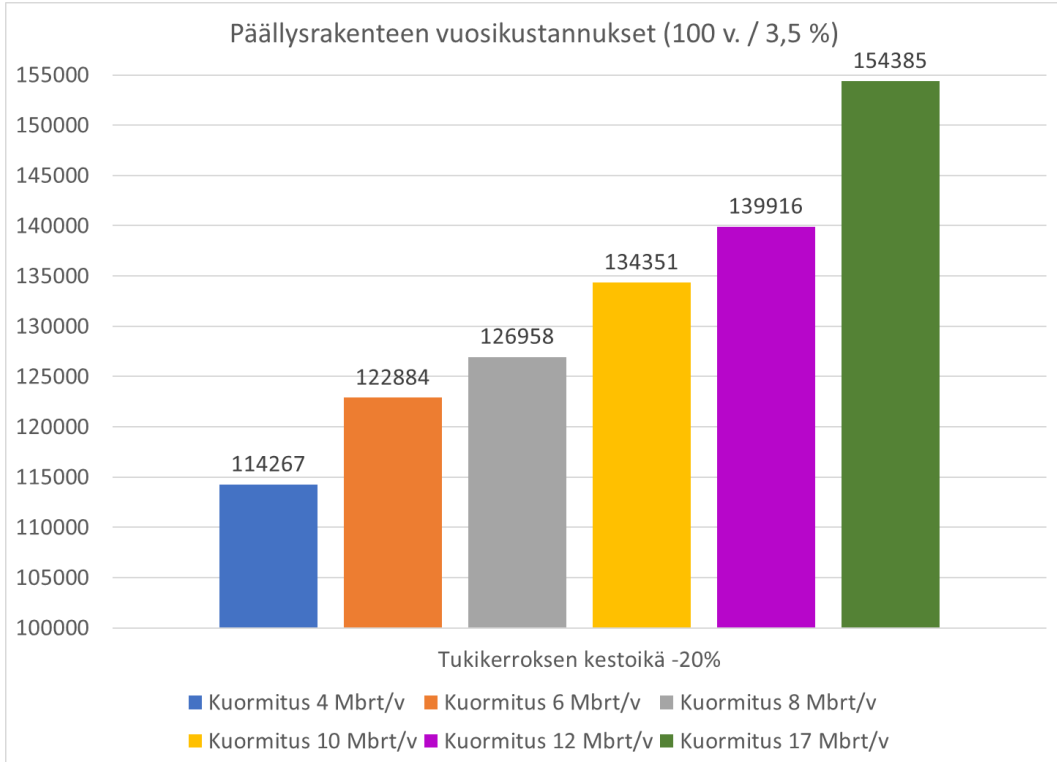
- tukikerroksen kestoikä on 20 % alkuperäistä laskelmaa lyhyempi
- 60E1-kiskojen vaihto tapahtuu 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa
- kahden edellisen tapauksen yhdistelmä
- alkuperäinen laskelma 50 vuoden pölkkyjen uusimisväliä

Taulukko 9. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli tukikerroksen kestoikä onkin 20 % lyhyempi

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ (tukikerroksen kestoikä -20 %)	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Toimenpiteen alkuinvestointi	2 364 024 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	804 589 €	1 056 418 €	1 150 653 €	1 368 577 €	1 520 301 €	1 919 410 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	20 379 €	33 892 €	15 459 €	28 927 €	26 754 €	25 726 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	3 160 095 €	3 398 411 €	3 511 080 €	3 715 535 €	3 869 432 €	4 269 570 €



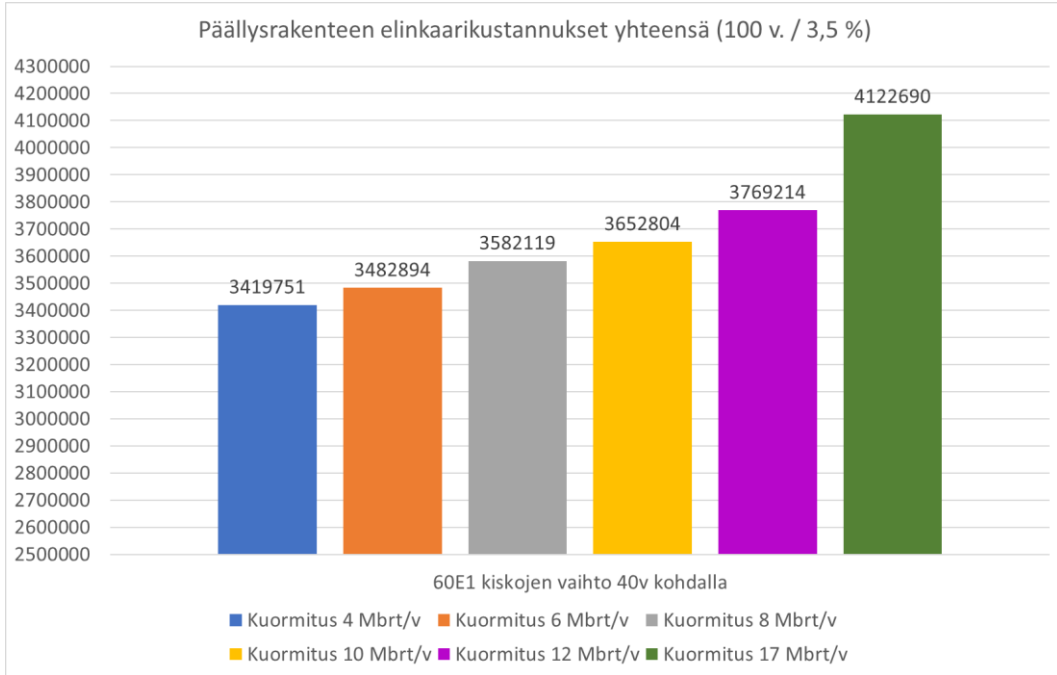
Kuva 3. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli tukikerroksen kestoikä onkin 20 % lyhyempi



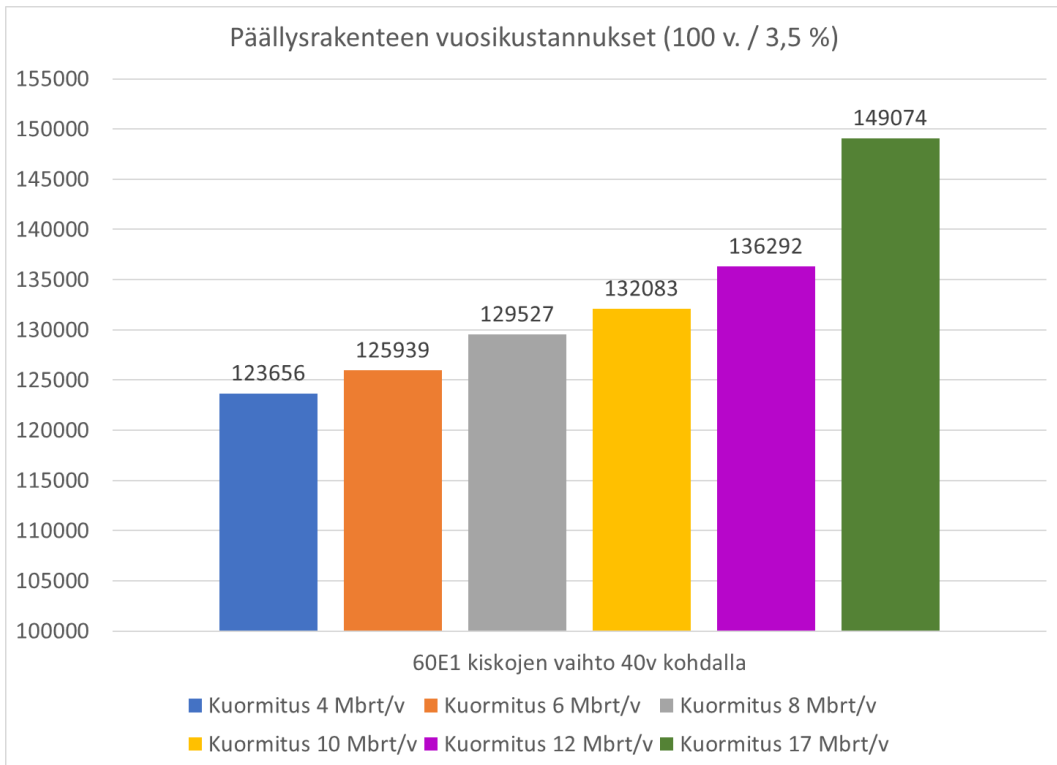
Kuva 4. Päällysrakenteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta, mikäli tukikerroksen kestoikä onkin 20 % lyhyempi

Taulukko 10. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ (60E1-kiskojen vaihto 40 v kohdalla)	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Toimenpiteen alkuinvestointi	2 364 024 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	1 073 993 €	1 130 897 €	1 233 406 €	1 297 830 €	1 418 369 €	1 762 288 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	30 128 €	23 888 €	27 171 €	20 911 €	25 040 €	15 483 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	3 419 751 €	3 482 894 €	3 582 119 €	3 652 804 €	3 769 214 €	4 122 690 €



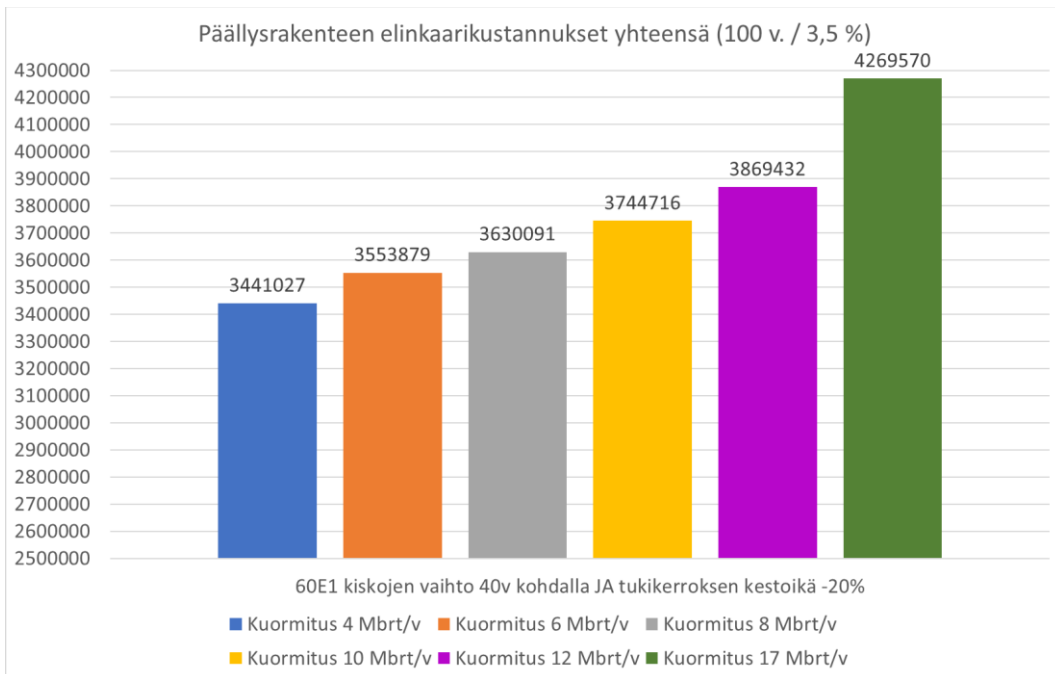
Kuva 5. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa



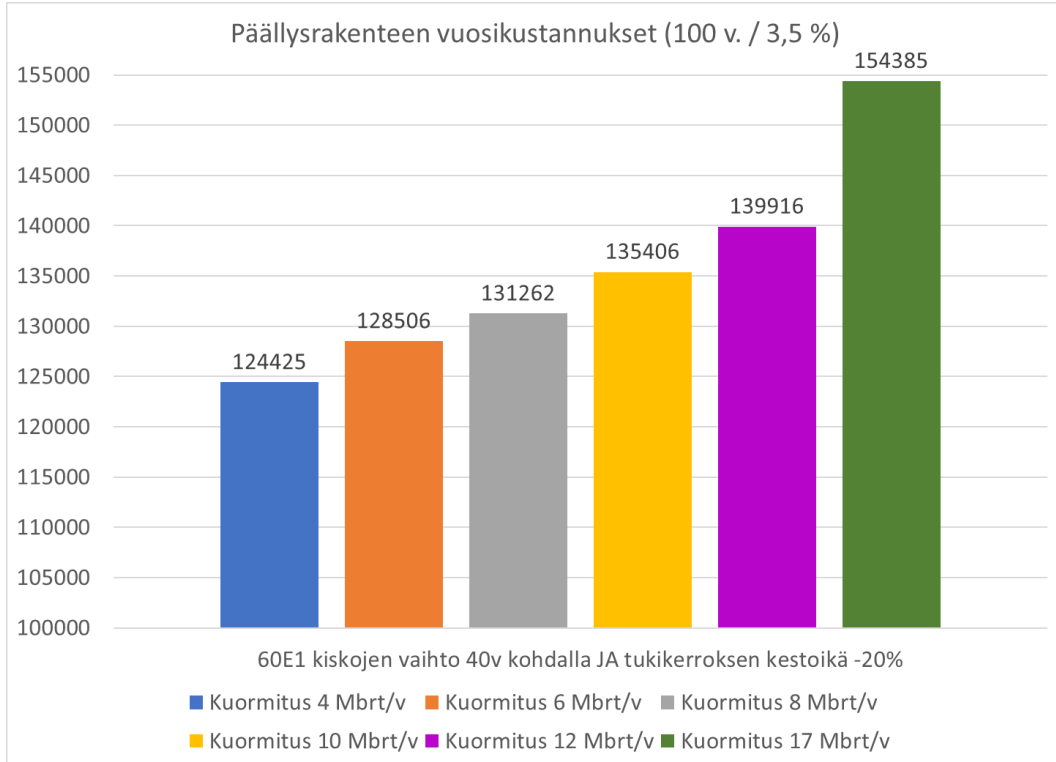
Kuva 6. Päällysrakenteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta, mikäli kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa

Taulukko 11. Päälysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli tukikerroksen kestoikä onkin 20 % lyhyempi JA kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ (tukikerroksen kestoikä -20 % JA 60E1-kiskojen vaihto 40 v kohdalla)	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Toimenpiteen alkuinvestointi	2 364 024 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	1 091 582 €	1 209 287 €	1 273 971 €	1 393 429 €	1 520 301 €	1 919 410 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	26 441 €	31 294 €	19 764 €	24 597 €	26 754 €	25 726 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	3 441 027 €	3 553 879 €	3 630 091 €	3 744 716 €	3 869 432 €	4 269 570 €



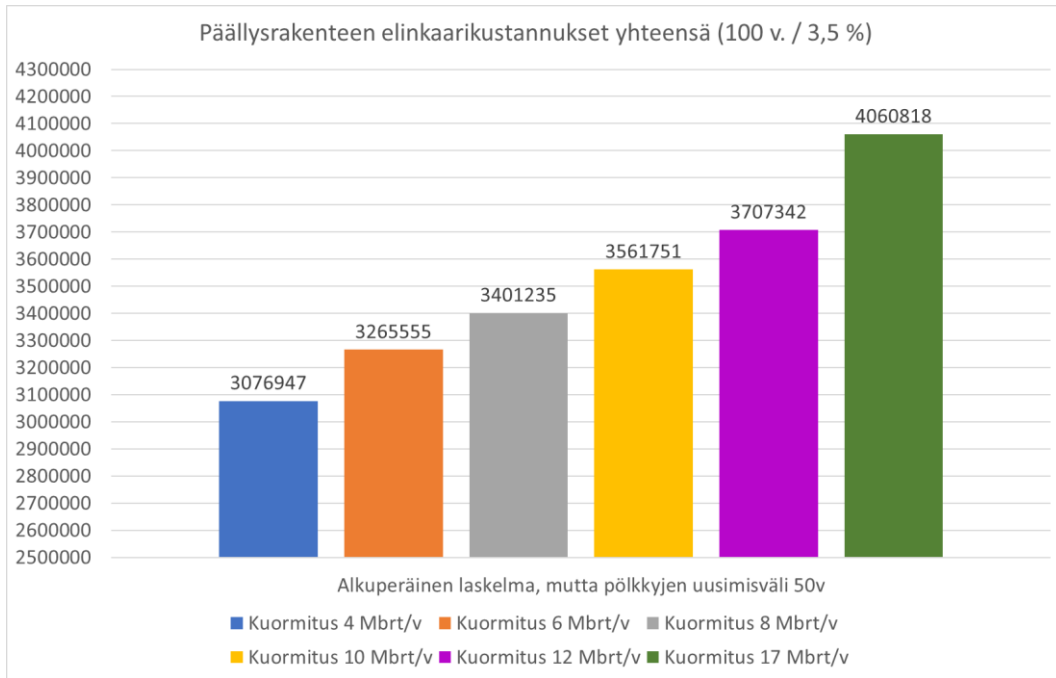
Kuva 7. Päälysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli tukikerroksen kestoikä onkin 20 % lyhyempi JA kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa



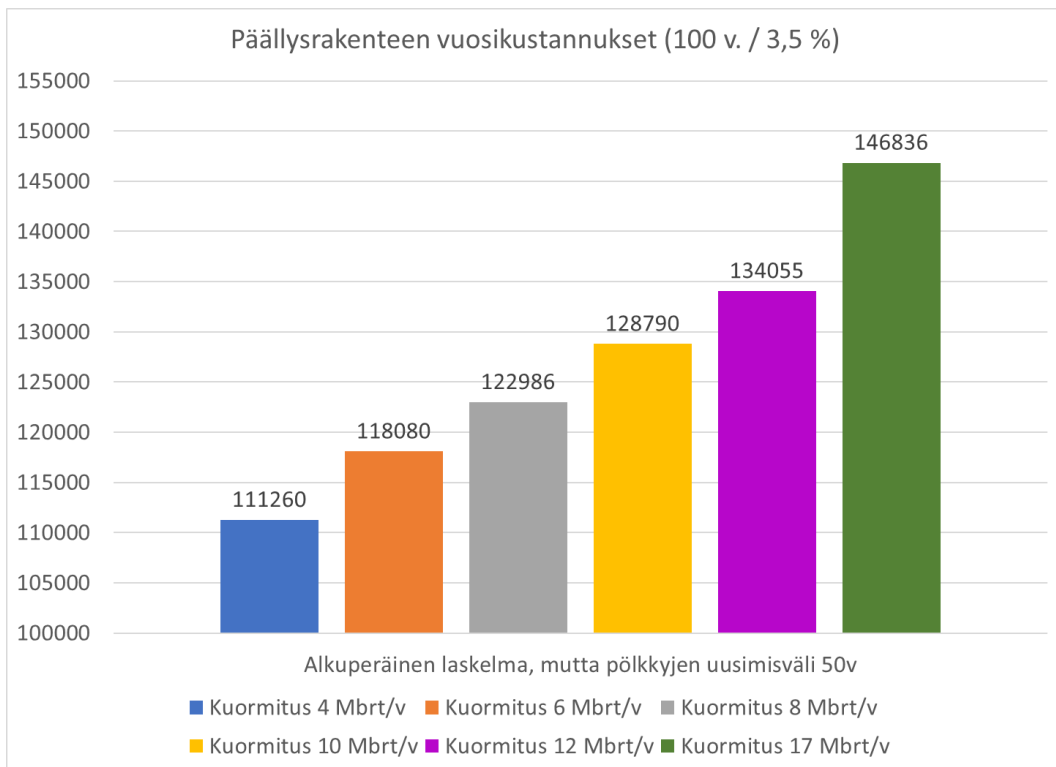
Kuva 8. Päällysrakenteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta, mikäli tukikerroksen kestoikä onkin 20 % lyhyempi JA kiskot uusitaankin jo 40 vuoden kohdalla yhdessä pölkkyjen kanssa

Taulukko 12. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli pölkkyjen uusimisväli onkin 50 vuotta

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ (pölkkyjen uusimisväli 50 v)	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Toimenpiteen alkuinvestointi	2 364 024 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	734 108 €	925 136 €	1 057 197 €	1 220 087 €	1 365 478 €	1 709 397 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	33 046 €	35 466 €	31 847 €	34 221 €	34 020 €	24 464 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	3 076 947 €	3 265 555 €	3 401 235 €	3 561 751 €	3 707 342 €	4 060 818 €

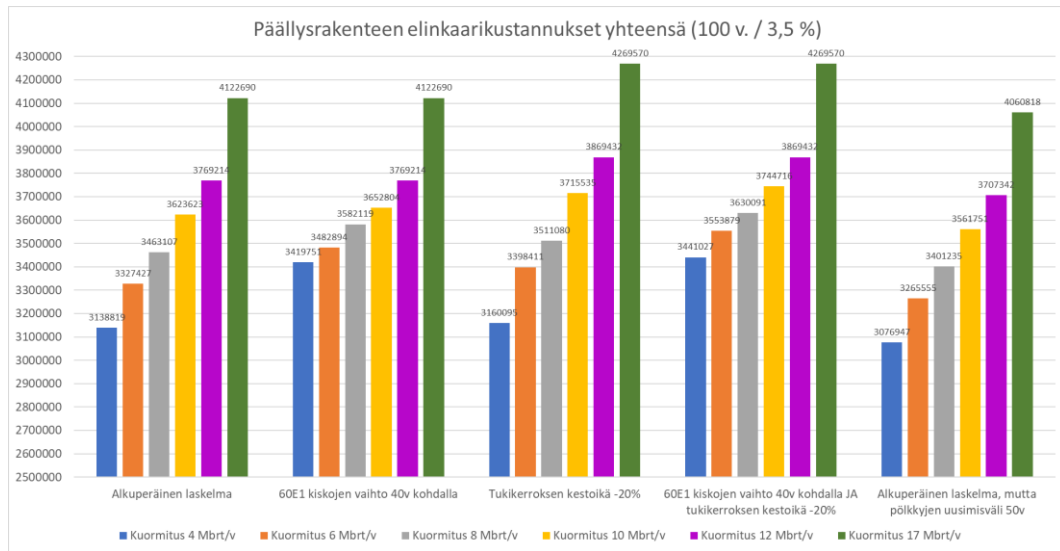


Kuva 9. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, mikäli pölkkyjen uusimisväli onkin 50 vuotta

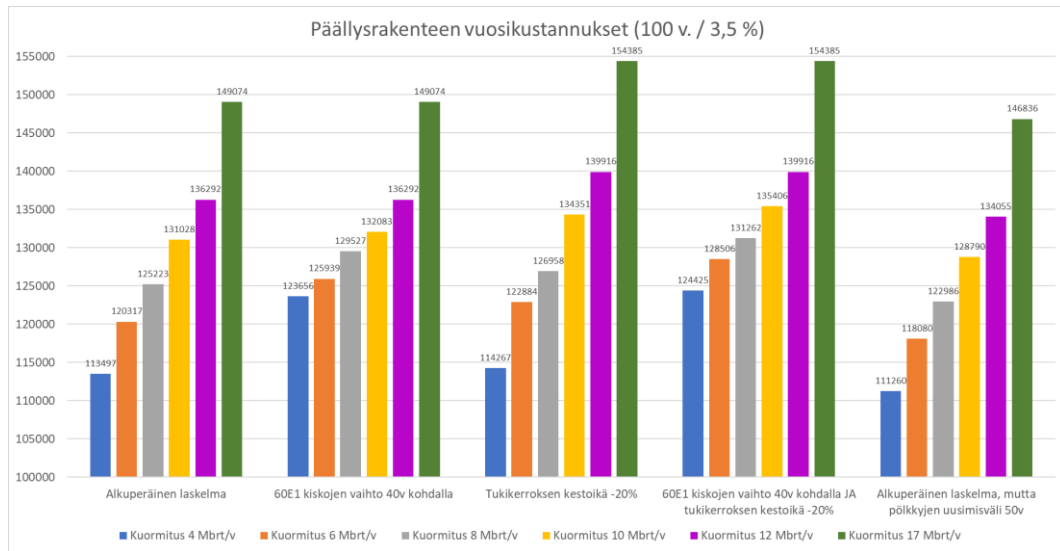


Kuva 10. Päällysrakenteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta, mikäli pölkkyjen uusimisväli onkin 50 vuotta

Seuraaviin kuvaajiin on koottu yhteen päällysrakenteiden elinkaarikustannukset ja vuosikustannukset alkuperäisestä laskelmasta sekä edellä esitetyistä herkkyystar-kastelutapauksista. Päällysrakenteiden osalta kokonaiselinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen alkuperäisessä laskelmassa noin **3,14–4,12 M€**, ja eri herkkyystar-kasteluvaihtoehdoille noin **3,08–4,27 M€**. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli kuormitustasosta riippuen noin **113 000–149 000 €** alkuperäisellä laskelmalla, ja eri herkkyystar-kasteluvaihtoehdoilla noin **111 000–154 000 €**.



Kuva 11. Päällysrakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla alkuperäisen laskelman mukaan sekä eri herkkyystar-kastelutapauksissa



Kuva 12. Päällysrakenteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta eri kuormitustasoilla alkuperäisen laskelman mukaan sekä eri herkkyystar-kastelutapauksissa

3.3 Naistenlahden raiteiden tukikerroksen vertailulaskelmat

Elinkaarikustannuslaskentojen yhteydessä tehtiin erillisenä case-esimerkkinä vertailulaskelma Naistenlahden raiteiden tukikerroksen osalta. Alkuperäisessä kustannusarviossa raideseppelinä oli käytetty lujuusluokkaa LA_{RB}12, jonka kestoikä on 350 Mbrt. Näiden raiteiden osalta vaihtoehtoisena tukikerroksen materiaalina oli kuitenkin myös LA_{RB}16-lujuusluokan raideseppeli, jonka kestoikä on 250 Mbrt.

Saadun hintatiedon mukaan LA_{RB}12-seppeli maksoi 51,63 €/m³ ja LA_{RB}16-seppeli 49,99 €/m³. Naistenlahden raiteiden osuudelle tulee kustannusarvion mukaan raideseppeliä yhteensä 2 231 m³. Näillä määrillä ja yksikköhinnoin investointikustannus LA_{RB}12 käyttäen on 115 187 € ja LA_{RB}16 käyttäen on 111 528 €, eli investointikustannusten erotuksena LA_{RB}16 on ainoastaan 3 659 € halvempi.

Elinkaarikustannukset laskettiin molemmille sepelilaaduille samoilla kuormitusvaihtoehtoilla kuin aiemminkin, eli 4, 6, 8, 10, 12 ja 17 Mbrt/v, käyttäen sekä lujuusluokan nimellistä kestoikää että 20 % lyhennettyä kestoikää. Näistä alhaisimman pään kuormitusvaihtoehdot ovat todennäköisimpiä todellisuudessa, koska kyseessä ovat henkilöjunien huoltoraiteet.

Taulukko 13. Naistenlahden raiteiden tukikerroksen elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla LA_{RB}12-raideseppelillä, jonka kestoikä on 350 Mbrt

TUKIKERROS LA _{RB} 12 (kestävyys 350 Mbrt)	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 87,5 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 58,3 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 43,8 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 35 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 29,2 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 20,6 v
Toimenpiteen alkuinvestointi	115 187 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	28 354 €	37 884 €	63 427 €	75 036 €	99 073 €	141 548 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	3 165 €	1 052 €	2 647 €	528 €	2 125 €	538 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	140 375 €	152 020 €	175 966 €	189 695 €	212 135 €	256 197 €

Taulukko 14. Naistenlahden raiteiden tukikerroksen elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla LA_{RB}16-raideseppelillä, jonka kestoikä on 250 Mbrt

TUKIKERROS LA _{RB} 16 (kestävyys 250 Mbrt)	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 62,5 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 41,7 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 31,3 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 25 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 20,8 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 14,7 v
Toimenpiteen alkuinvestointi	111 528 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	34 989 €	65 875 €	90 741 €	108 124 €	136 015 €	198 806 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	1 430 €	2 223 €	2 879 €	0 €	688 €	705 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	145 087 €	178 840 €	199 390 €	219 652 €	246 855 €	309 628 €

Taulukko 15. Naistenlahden raiteiden tukikerroksen elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla LA_{RB}12-raidesepelillä, mikäli materiaalin kestoikä onkin 20 % lyhyempi, eli 280 Mbrt

TUKIKERROS LA _{RB} 12 (kestävyys -20 % = 280 Mbrt)	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 70 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 46,7 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 35 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 28 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 23,3 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 16,5 v
Toimenpiteen alkuinvestointi	115 187 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	33 387 €	60 319 €	75 036 €	102 395 €	128 245 €	186 514 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	2 110 €	3 171 €	528 €	1 583 €	2 615 €	3 469 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	146 464 €	172 335 €	189 695 €	215 999 €	240 816 €	298 232 €

Taulukko 16. Naistenlahden raiteiden tukikerroksen elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla LA_{RB}16-raidesepelillä, mikäli materiaalin kestoikä onkin 20 % lyhyempi, eli 200 Mbrt

TUKIKERROS LA _{RB} 16 (kestävyys -20 % = 200 Mbrt)	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 50 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 33,3 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 25 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 20 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 16,7 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 11,8 v
Toimenpiteen alkuinvestointi	111 528 €					
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	40 556 €	89 098 €	108 124 €	140 249 €	171 704 €	253 049 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	0 €	3 682 €	0 €	0 €	43 €	1 879 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	152 083 €	200 603 €	219 652 €	251 777 €	283 189 €	362 698 €

Tuloksista havaitaan, että kaikissa lasketuissa kuormitusvaihtoehdoissa LA_{RB}12-raidesepelin käyttäminen on elinkaarikustannusten kannalta edullisempää kuin LA_{RB}16-vaihtoehto. Alimmalla 4 Mbrt/v kuormitustasolla uusimisväleistä tulee kuitenkin molemmilla sepeleillä jo niin pitkiä, että mikäli ratapölkkyt uusitaan 50 vuoden kohdalla ja myös tukikerros uusittaisiin jo siinä samassa yhteydessä, tällöin LA_{RB}16-vaihtoehto tulisi elinkaarikustannusten kannalta hieman edullisemmaksi (noin 5 000 €).

Mikäli kuormitustaso olisi alhaisempi kuin 2 Mbrt/v, kummallakaan sepelilaadulla ei tulisi laskennallisesti 100 vuoden tarkastelujakson aikana enää yhtäkään uusimiskertaa, jolloin LA_{RB}16-vaihtoehto tulisi elinkaarikustannusten kannalta hieman edullisemmaksi alempien investointikustannusten ansiosta. Eroa kuitenkin kaventaa se, että LA_{RB}12-vaihtoehdolla on hieman suurempi laskennallinen jäännösarvo. Ja erityisesti on syytä huomioida, että sillä olisi tarkastelujakson lopussa vielä runsaasti kestoikää jäljellä heikompaan sepeliin verrattuna.

Kustannusten ero investointivaiheessa on niin pieni, että kestoältään 100 Mbrt heikomman raidesepelin käyttäminen ei oikein ole elinkaaritaloudellisesti perusteltua, vaikka kuormitustaso olisi alhainenkin ja se suunnitteluperusteisesti olisikin

mahdollista. Lisäksi vältetään kahden eri sepelilaadun käyttämiseltä, koska kaikkialla muualla TAHERA-alueella kuitenkin käytetään LA_{RB}12-sepeliä.

4 Vaihteet

4.1 Vaihteiden ja toimenpiteiden jaottelu osiin laskentaa varten sekä näiden erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset

Liikenneviraston ylläpitämän tilastotiedon mukaan on määritetty vaihteen sellainen kestoikä bruttotonneissa, missä vaihde on vaihdettava ja siirrettävä kunnostukseen, jotta kunnostaminen olisi järkevää ja mahdollisimman pitkä elinkaari toteutuisi. Uuden pitkän 1:14-vaihteen kestoikä raiteessa on 220 Mbrt, ja uuden lyhyen vaihteen kestoikä 190 Mbrt. (Kempainen 2018)

4.1.1 Vain alkuinvestointiin sisältyvät toimenpiteet

Kustannusarviosta vain alkuinvestointiin sisältyviksi toimenpiteiksi katsottiin kuuluvan nykyisten vaihteiden poistaminen. Koska nämä toimenpiteet sisältyvät ainoastaan alkuinvestointiin, eikä tarkastelujakson aikana tehdä investointeja, koko tarkastelukauden kustannusten nykyarvo on kaikissa tapauksissa yhtä suuri kuin alkuinvestointi. Kustannusten kokonaissumma on **199 291 €**.

4.1.2 Pitkät vaihteet

Pitkiä vaihteita oli tarkastelussa mukana yhteensä 6 kpl. Tarkemmin eriteltynä YV60-500-1:14/betoni -vaihteita oli 5 kpl sekä yksi YV60-500-1:11,1/betoni -vaihde. Kaikkien pitkien vaihteiden kestoikänä raiteessa on käytetty arvoa 220 Mbrt. Laskelmissa käytettyyn vaihteen hintaan (keskimäärin 194 134 €/vaihde) sisältyy kustannusarviosta myös vaihteen asentamiseen liittyvät tukikerrokset, täydennyssepelöinnit, tukemiset ja oikomiset, sekä routaeristelevyt ja vaihteenlämmitysjärjestelmät.

Taulukko 17. Pitkien vaihteiden elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla

PITKÄT VAIHTEET	Kuormitus 4 Mbrt/v, uusimisväli 55 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uusimisväli 36,7 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uusimisväli 27,5 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 22 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 18,3 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 12,9 v
Toimenpiteen alkuinvestointi						1 164 802 €
Alkuinvestoinnin jälkeksen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	398 223 €	733 059 €	1 050 073 €	1 358 607 €	1 665 526 €	2 389 797 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	6 790 €	10 277 €	13 580 €	16 974 €	19 998 €	9 264 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	1 556 235 €	1 887 584 €	2 201 295 €	2 506 435 €	2 810 330 €	3 545 335 €

4.1.3 Lyhyet vaihteet

Lyhyitä vaihteita oli tarkastelussa mukana yhteensä 28 kpl. Tarkemmin eriteltynä YV60-300-1:9/betoni -vaihteita oli 17 kpl, YV54-200N-1:9/betoni -vaihteita 3 kpl,

KRV54-200-1:9/betoni -vaihteita 7 kpl sekä yksi KV54-200-1:9/betoni -vaihde. Kaikkien lyhyiden vaihteiden kestoikänsä raiteessa on käytetty arvoa 190 Mbrt. Laskelmissa käytettyyn vaihteen hintaan (keskimäärin 156 420 €/vaihde) sisältyy kustannusarviosta myös vaihteen asentamiseen liittyvät tukikerrokset, täydennyssepelöinnit, tukemiset ja oikomiset, sekä routaeristelevyt ja vaihteenlämmitysjärjestelmät.

Taulukko 18. Lyhyiden vaihteiden elinkaarikustannukset eri kuormitustasoilla

LYHYET VAIHTEET	Kuormitus 4 Mbrt/v, uu- simisväli 47,5 v	Kuormitus 6 Mbrt/v, uu- simisväli 31,7 v	Kuormitus 8 Mbrt/v, uu- simisväli 23,8 v	Kuormitus 10 Mbrt/v, uusimisväli 19 v	Kuormitus 12 Mbrt/v, uusimisväli 15,8 v	Kuormitus 17 Mbrt/v, uusimisväli 11,2 v
Toimenpiteen al- kuinvestointi						4 379 758 €
Alkuinvestoinnin jäl- keen tarkastelujak- son aikana tehtä- vien investointien nykyarvo	2 262 812 €	3 526 988 €	4 792 060 €	6 071 398 €	7 355 454 €	10 380 258 €
Jäännösarvo jakson päätyessä	125 635 €	118 711 €	112 096 €	103 464 €	94 203 €	10 030 €
Koko tarkastelukau- den kustannukset nykyarvoon	6 516 935 €	7 788 035 €	9 059 721 €	10 347 692 €	11 641 009 €	14 749 987 €

4.1.4 Vaihteiden vuosittainen kunnossapito

Raportin *R-Omha, Päällysrakenteen ja vaihteiden elinkaarikustannukset* mukaan vaihteiden vuosittaiset kunnossapitokustannukset ovat noin 4 000 €/vaihde/vuosi. Kun tästä vähennetään laskelmista pois jätettävä lumitöiden ja talvikunnossapidon osuus, noin 2 150 €/vaihde/vuosi, jää jäljelle vuosittaiseksi kunnossapitokustannukseksi noin 1 850 €/vaihde/vuosi.

Tässä tarkastelussa on mukana 34 kpl vaihteita, joten yhteensä vuosittaisiksi kunnossapitokustannuksiksi saadaan 34 vaihdetta * 1 850 €/vaihde/vuosi = **62 900 €/vuosi**.

Taulukko 19. Vaihteiden vuosittaisen kunnossapidon kustannukset tarkastelukauden ajalta

VAIhteiden vuosittainen kunnossapito	
Ensimmäisen vuoden kunnossapitokustannus	62 900 €
Ensimmäisen vuoden jälkeen aiheutuvien kunnossapito- kustannusten nykyarvo	1 737 510 €
Jäännösarvo jakson päätyessä	0 €
Koko tarkastelukauden kunnossapitokustannukset nykyar- voon	1 800 410 €

4.1.5 Vaihteiden lämmityksen energiakustannukset

Raportin *Radanpidon sähkönkulutus ja energiansäästöpotentiaali* mukaan hieman yli puolessa (55 %) Suomen rataverkolla sijaitsevista vaihteista on käytössä vaihteenlämmitys. Nykyinen vaihteiden lukumäärä koko rataverkolla on 5 148, joten lämmitettyjä vaihteita $0,55 * 5\ 148 = 2\ 831$ kpl.

Arvioidaan raportin perusteella, että vaihteenlämmitykseen käytettävä energiankulutus koko rataverkolla on 55 000 000 kWh/v. Näin ollen yhden vaihteen lämmitykseen käytettävä energiankulutus olisi $55\ 000\ 000\ \text{kWh} / 2\ 831 = 19\ 428\ \text{kWh/v}$. Yhden vaihteen lämmittämiseen kuluu sähköä vuodessa siis suunnilleen sähkölämmitteisen omakotitalon vuotuisen energiankulutuksen verran.

Tässä tarkastelussa vaihteita on 34 kpl, eli niiden kaikkien lämmitykseen käytettävä energiankulutus on $34 * 19\ 428\ \text{kWh/v} = 660\ 552\ \text{kWh/v}$. Kun sähköenergian hinnaksi oletettiin tässä laskelmassa 0,10 €/kWh, saatiin kaikkien vaihteiden lämmityksen hinnaksi $0,10\ \text{€/kWh} * 660\ 552\ \text{kWh/v} = \mathbf{66\ 055\ \text{€/vuosi}}$.

Taulukko 20. Vaihteiden lämmityskustannukset tarkastelukauden ajalta

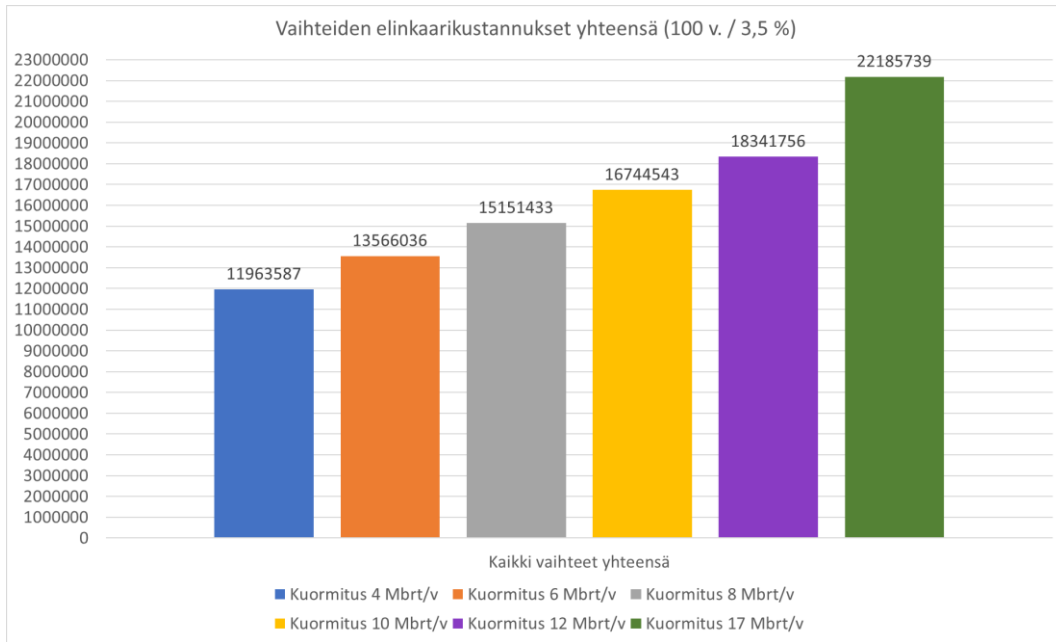
VAIhteiden LÄMMITYSKUSTANNUKSET	
Ensimmäisen vuoden lämmityskustannus	66 055 €
Ensimmäisen vuoden jälkeen aiheutuvien lämmityskustannusten nykyarvo	1 824 661 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	0 €
Koko tarkastelukauden lämmityskustannukset nykyarvoon	1 890 716 €

4.2 Vaihteiden elinkaarikustannukset yhteensä

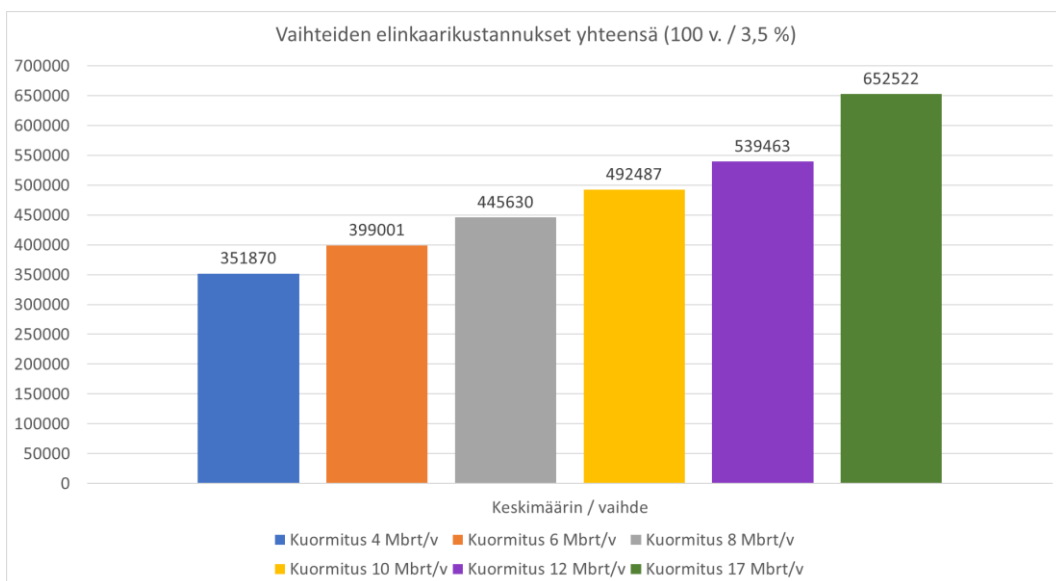
Vaihteiden kokonaiselinkaarikustannukset, eli kustannukset yhteensä 100 vuoden tarkastelujaksolta, on saatu laskemalla yhteen erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset. Elinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen kaikille vaihteille yhteensä noin **11,96–22,19 M€**, eli keskimäärin/vaihde noin **352 000–653 000 €**.

Taulukko 21. Vaihteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Toimenpiteen alkuinvestointi						5 743 851 €
Alkuinvestoinnin jälke- en tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	6 223 206 €	7 822 219 €	9 404 304 €	10 992 176 €	12 583 151 €	16 332 226 €
Jäännösarvo jakson päätyessä	132 425 €	128 988 €	125 676 €	120 438 €	114 201 €	19 293 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	11 963 587 €	13 566 036 €	15 151 433 €	16 744 543 €	18 341 756 €	22 185 739 €

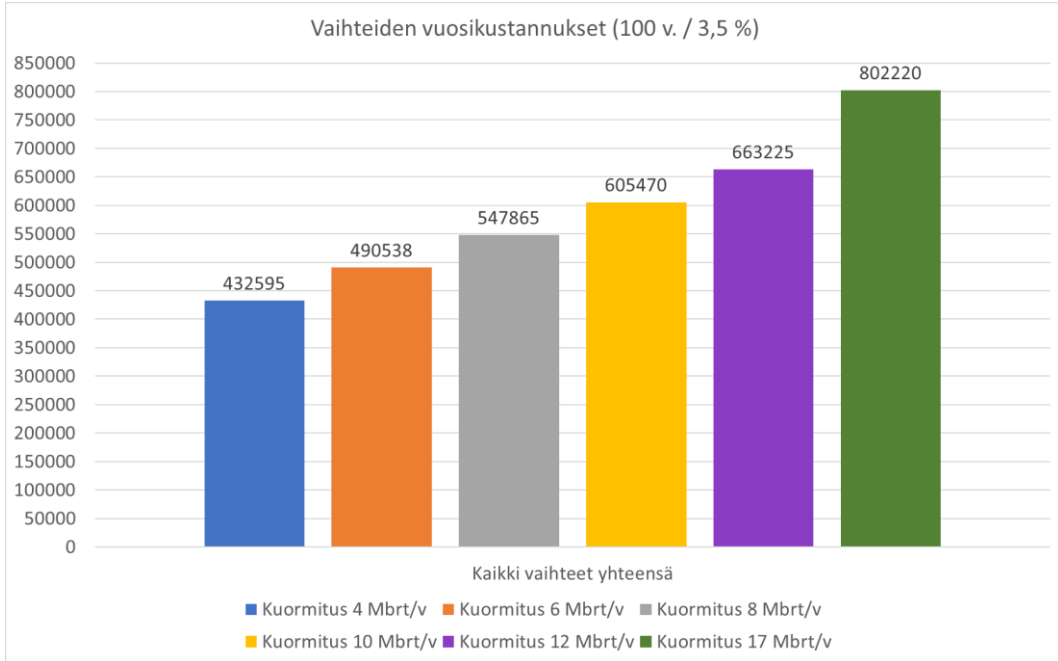


Kuva 13. Vaihteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, kaikki vaihteet yhteensä

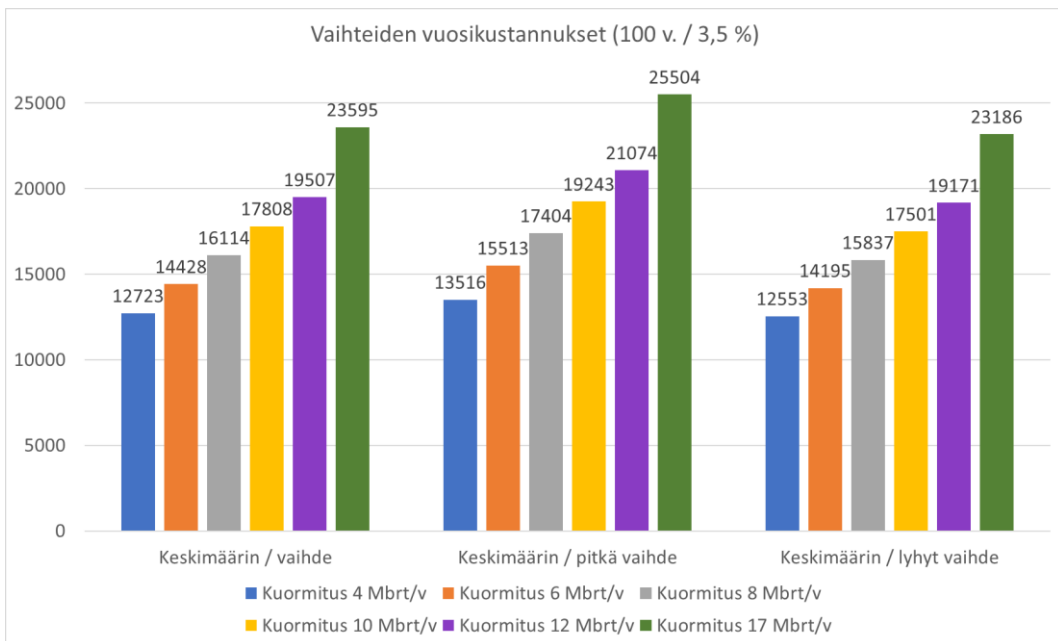


Kuva 14. Vaihteiden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla, kustannus keskimäärin / vaihde

Elinkaarikustannusten kokonaissumman lisäksi päällysrakenteille saatiin vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli kuormitustasosta riippuen kaikille vaihteille yhteensä noin **433 000–802 000 €**, eli keskimäärin/vaihde noin **13 000–24 000 €**. Vuosikustannuksista kunnossapidon osuus on kaikkien vaihteiden osalta yhteensä **65 102 €**, eli **1 915 €/vaihde**. Ja vastaavasti vaihteenlämmityksen osuus kaikkien vaihteiden osalta yhteensä **68 367 €**, eli **2 011 €/vaihde**. Molempien osuus laskennallisista vuosikustannuksista on siis kuormitustasosta riippuen noin 8–15 %.



Kuva 15. Vaihteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta eri kuormitustasoilla, kaikki vaihteet yhteensä



Kuva 16. Vaihteiden vuosikustannukset tarkastelukauden ajalta eri kuormitustasoilla, kustannus keskimäärin / vaihde sekä vaihdetyypeittäin

5 Itsenäisyydenkadun alikulkusilta

5.1 Rakenteiden ja toimenpiteiden jaottelu osiin laskentaa varten sekä näiden erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset

Vaihteluvälin arvioimiseksi sillan elinkaarikustannuksille laskettiin ensin kaksi vaihtoehtoa, joissa tiettyjen rakenneosien (kannen eristeet ja suojabetoni, liikunta-saumamat, laakerit, sillan kannen päällä olevat radan rakennekerrokset ja muut varusteet) uusimisväli oli kaikissa 40 vuotta tai kaikissa 60 vuotta. Tämän jälkeen laskettiin yhdistelmä, ns. paras arvio, jossa kullekin edellä mainituista rakenneosista valittiin lähtötietojen, lähteiden ja kokemuseräisen arvion perusteella näistä parempi / todennäköisempi uusimisväli. Muiden kuin edellä mainittujen laskentaosien kustannukset ovat kaikissa versioissa samat.

5.1.1 Vain alkuinvestointiin sisältyvät toimenpiteet

Kustannusarviosta vain alkuinvestointiin sisältyviksi toimenpiteiksi katsottiin kuuluvan nykyisen sillan eri rakenneosiin liittyvät purkutyöt, tarkemmin eriteltynä: Ratapihankadun silta, Pendolinon IV-kuilun kääntö & istutuslaatikoiden purku, T1, T2, T3, kansi sekä raiteen uudelleenrakentamiseen liittyvät purkutyöt.

Koska nämä toimenpiteet sisältyvät ainoastaan alkuinvestointiin, eikä tarkastelujakson aikana tehdä investointeja, koko tarkastelukauden kustannusten nykyarvo on alkuinvestoinnin suuruinen. Kustannusten kokonaissumma on **1 614 349 €**.

5.1.2 Ponttiseinät, maatyöt, täytöt

Kustannusarviosta tarkemmin eriteltynä kombi-, teräspontti-, setti- ja porapaalu-seinät, maa- ja kallioleikkaukset sekä murskearinat ja -täytöt arvioitiin sellaisiksi rakenneosiksi, joiden kestoikä on joko 100 vuotta eli koko tarkastelujakson, tai sellaisiksi, joita ei muutoin uusita (esimerkiksi väliaikaiset ponttiseinät). Tarkastelujakson aikana ei siis tehdä investointeja, ja näin ollen koko tarkastelukauden kustannusten nykyarvo on alkuinvestoinnin suuruinen. Kustannusten kokonaissumma on **4 538 597 €**.

5.1.3 Massiiviset betoniset rakenneosat

Sillan massiivisten rakenneosien, kuten peruslaatan, päätytukien, välitukien jne. katsottiin myös olevan sellaisia rakenneosia, joiden kestoikä on 100 vuotta eli koko tarkastelujakson, joten tarkastelujakson aikana ei tehdä investointeja. Näin ollen koko tarkastelukauden kustannusten nykyarvo on alkuinvestoinnin suuruinen. Kustannusten kokonaissumma (sisältäen kustannusarviosta mm. teline- ja muottityöt, betonoinnit ja raudoitukset) on **7 874 462 €**.

5.1.4 Kannen eristys ja suojabetoni

Sillan kannen vedeneristyksenä on kustannusarvion mukaan nestemäisenä levitettävä eristys, eli elastomeeri, jonka käyttöikä vaihtelee tyypillisesti välillä 35–45

vuotta. Sillan kannen eristykselle, suojabetonille ja muille näihin liittyville toimenpiteille laskettiin elinkaarikustannukset 40 vuoden ja 60 vuoden uusimisväliillä. Näistä **40 vuotta** katsottiin olevan tyypillinen uusimisväli, joka valittiin yhdistettyyn laskelmaan.

Taulukko 22. Sillan kannen eristyksen ja suojabetonin elinkaarikustannukset

KANNEN ERISTYS JA SUOJABETONI	uusimisväli 40 v	uusimisväli 60 v
Toimenpiteen alkuinvestointi		695 994 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	410 830 €	224 514 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	11 157 €	7 438 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	1 095 667 €	913 071 €

5.1.5 Pintakäsittelyt ja suojaukset

Sillan erilaisille pintakäsittelyille ja suojauksille (betonipintojen impregnointi, sillan uhrautuva graffitinsuoja, kumibitumisivelyt, betonin pinnoitus polymeeripinnoitteella, kiviverhoukset) laskettiin elinkaarikustannukset **30 vuoden** uusimisväliillä.

Taulukko 23. Sillan pintakäsittelyjen ja suojausten elinkaarikustannukset

PINTAKÄSITTELYT JA SUOJAUKSET	
Toimenpiteen alkuinvestointi	524 495 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	441 538 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	11 210 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	954 823 €

5.1.6 Liikuntasauamat

Sillan liikuntasauimalaitteiden tyypillinen uusimisväli on noin 40 vuotta. Erään arvon mukaan liikuntasauimalaitteiden suunnittelukäyttöikä on teräsosien osalta 50 vuotta ja muiden osien osalta 25 vuotta. Tässä tarkastelussa liikuntasauoille laskettiin elinkaarikustannukset 40 vuoden ja 60 vuoden uusimisväliillä. Näistä **40 vuotta** katsottiin olevan tyypillinen uusimisväli, joka valittiin yhdistettyyn laskelmaan. Laskelmassa on samassa summassa mukana kustannusarviosta sekä liikuntasauimalaitteet että -nauhat, eikä useammin uusittavia nauhoja ole lähdetty eritteleeseen, koska liikuntasauimalaitteiden osuus kokonaishinnasta oli suuruusluokaltaan noin 95 %.

Taulukko 24. Sillan liikuntasaumojen elinkaarikustannukset

LIIKUNTASAUMAT	uusimisväli 40 v	uusimisväli 60 v
Toimenpiteen alkuinvestointi		613 045 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	361 867 €	197 757 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	9 827 €	6 551 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	965 085 €	804 251 €

5.1.7 Laakerit

Sillan laakereina on kustannusarvion mukaan kalottilaakerit, joiden käyttöikä vaihtelee tyypillisesti välillä 50–70 vuotta. Tässä tarkastelussa laakereille laskettiin elinkaarikustannukset 40 vuoden ja 60 vuoden uusimisväleillä. Näistä **60 vuotta** katsottiin olevan tyypillinen uusimisväli, joka valittiin yhdistettyyn laskelmaan.

Taulukko 25. Sillan laakereiden elinkaarikustannukset

LAAKERIT	uusimisväli 40 v	uusimisväli 60 v
Toimenpiteen alkuinvestointi		436 694 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	257 771 €	140 869 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	7 000 €	4 667 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	687 465 €	572 897 €

5.1.8 Raide

Raiteiden uudelleenrakentaminen sillan kannen päälle huomioitiin laskennassa yhtenä toimenpiteenä, johon sisältyvät mm. runkomelueristys, eristyskerros, välikerros ja kaikki radan päällysrakenteet. Käytännössä myös nämä uusitaan sillan kannen eristysrakenteiden uusimisen yhteydessä, joten samoin kuin eristykselle, myös näille **40 vuotta** katsottiin olevan tyypillinen uusimisväli, joka valittiin yhdistettyyn laskelmaan.

Taulukko 26. Raiteiden uudelleenrakentamisesta aiheutuvat elinkaarikustannukset

RAIDE	uusimisväli 40 v	uusimisväli 60 v
Toimenpiteen alkuinvestointi		1 057 041 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	623 948 €	340 981 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	16 944 €	11 296 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	1 664 044 €	1 386 725 €

5.1.9 Muut varusteet

Sillan muille varusteille (sillan maadoitus, kontaktitapit, kaiteet, syöksytorvet yms.) laskettiin tässä tarkastelussa elinkaarikustannukset 40 vuoden ja 60 vuoden uusimisväillä. Näistä **40 vuotta** katsottiin olevan tyypillinen uusimisväli, joka valittiin yhdistettyyn laskelmaan.

Taulukko 27. Sillan muiden varusteiden elinkaarikustannukset

MUUT VARUSTEET	uusimisväli 40 v	uusimisväli 60 v
Toimenpiteen alkuinvestointi		392 871 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	231 903 €	126 733 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	6 298 €	4 198 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	618 476 €	515 405 €

5.1.10 Tasonvaihtorakenteet

Tarkastelussa on mukana yhteensä 7 kpl hissejä. Niiden elinkaarikustannuksiin on alkuinvestoinnin lisäksi otettu huomioon seuraavat tarkastelujakson aikana tehtävät investoinnit / kustannukset:

- kevyt saneeraus (20 % hankintahinnasta) 20 vuoden välein
- raskas saneeraus (50 % hankintahinnasta) 40 vuoden välein (tällöin kevyt saneeraus jää pois)
- huollot ja tarkastukset yhteensä 35,11 % hankintahinnasta / 20 vuotta
- energiankulutusarvio/hissi 5 000 kWh/v → 7 kpl yht. 35 000 kWh/v

Mikäli sähköenergian hintana käytetään 0,1 eur/kWh, saadaan vuotuiseksi hissien energiankulutuksen hinnaksi 3 500 eur/v.

Taulukko 28. Hissien elinkaarikustannukset

TASONVAIHTORAKENTEET: HISSIT	
Toimenpiteen alkuinvestointi	1 601 500 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	1 549 137 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	17 931 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	3 132 706 €

Samoin tarkastelussa on mukana yhteensä 7 kpl liukuportaita. Niiden elinkaarikustannuksiin on alkuinvestoinnin lisäksi otettu huomioon seuraavat tarkastelujakson aikana tehtävät investoinnit / kustannukset:

- kevyt saneeraus (30 % hankintahinnasta) 20 vuoden välein
- raskas saneeraus (70 % hankintahinnasta) 40 vuoden välein (tällöin kevyt saneeraus jää pois)
- huollot ja tarkastukset yhteensä 55,44 % hankintahinnasta / 20 vuotta

- energiankulutusarvio/liukuporras 30 000 kWh/v → 7 kpl yht. 210 000 kWh/v

Mikäli sähköenergian hintana käytetään 0,1 eur/kWh, saadaan vuotuiseksi liukuportaiden energiankulutuksen hinnaksi 21 000 eur/v.

Taulukko 29. Liukuportaiden elinkaarikustannukset

TASONVAIHTORAKENTEET: LIUKUPORTAAT	
Toimenpiteen alkuinvestointi	1 907 000 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	3 165 265 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	30 233 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	5 042 032 €

Taulukko 30. Tasonvaihtorakenteiden elinkaarikustannukset yhteensä

TASONVAIHTORAKENTEET YHTEENSÄ	
Toimenpiteen alkuinvestointi	3 508 500 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	4 714 402 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	48 164 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	8 174 738 €

5.1.11 Muut hoidon ja käytön kustannukset

Yleiset sillan käytöstä sekä vuosittaisista hoito- ja huoltotoimenpiteistä aiheutuvat kustannukset (sisältäen esimerkiksi töherrysten poistot, pesut, mahdolliset pienten yksittäisten esimerkiksi kaiteille tai muille varusteille aiheutuneiden vaurioiden korjaamiset yms.): arvio 2 000 €/vuosi

Yleistarkastukset joka 5. vuosi: arvio 1 000 €/kerta

Erikoistarkastukset peruskorjauksen yhteydessä (40 v. välein): arvio 5 000 €/kerta

Taulukko 31. Muut hoidon ja käytön kustannukset tarkastelukauden ajalta

MUUT HOIDON JA KÄYTÖN KUSTANNUKSET	
Ensimmäisen vuoden kustannus	2 000 €
Ensimmäisen vuoden jälkeen aiheutuvien kustannusten nykyarvo	63 685 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	0 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	65 685 €

5.2 Itsenäisyydenkadun alikulkusillan elinkaarikustannukset yhteensä

Itsenäisyydenkadun alikulkusillan kokonaiselinkaarikustannukset, eli kustannukset yhteensä 100 vuoden tarkastelujaksolta, on saatu laskemalla yhteen edellä esitetyt erillisten laskentaosien elinkaarikustannukset. Laskelmien tuloksena on esitetty kolme eri versiota elinkaarikustannuksista. Kahdessa ensimmäisessä tiettyjen rakennneosien (kannen eristeet ja suojabetoni, liikuntasauamat, laakerit, sillan kannen päällä olevat radan rakennekerrokset ja muut varusteet) uusimisväli on kaikissa 40 vuotta tai kaikissa 60 vuotta. Näiden jälkeen on esitetty yhdistelmä, jossa kullekin edellä mainituista rakenneosista on valittu näistä parempi / todennäköisempi uusimisväli. Muiden kuin edellä mainittujen laskentaosien kustannukset ovat kaikissa versioissa samat.

Taulukko 32. Itsenäisyydenkadun alikulkusillan elinkaarikustannukset yhteensä sekä vuosikustannukset

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	Uusimisväli 40 v	Uusimisväli 60 v	Uusimisväli yhdistelmä
Toimenpiteen alkuinvestointi			21 258 049 €
Alkuinvestoinnin jälkeen tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	7 105 944 €	6 250 479 €	6 989 042 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	110 601 €	93 525 €	108 267 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	28 253 392 €	27 415 002 €	28 138 823 €
Vuosikustannukset	1 021 622 €	991 306 €	1 017 479 €

Tuloksista havaitaan, että yhdistelmäversion elinkaarikustannukset ovat lähes samansuuruiset kuin kalleimman versio, eli 40 vuoden uusimisväleillä lasketun. Yhdistelmässä ainoastaan sillan laakereiden uusimisvälinä on käytetty 60 vuotta, kaikkien muiden vertailtujen rakenneosien osalta 40 vuotta on tyyppillinen ja suositeltava uusimisväli.

Pidennetty 60 vuoden uusimisväli tuottaa tietysti laskennallisesti hieman halvemat elinkaarikustannukset, mutta kuten tuloksista havaitaan, hintaero on suhteellisesti hyvin pieni. Koko 100 vuoden tarkastelukaudella kustannukset ovat vain noin 2,6 % pienemmät kuin suositeltavilla uusimisväleillä. Ylläpitotoimenpiteiden viivästyttämisellä saavutettavat kustannushyödyt ovat hyvin pienet verrattuna siitä rakenteille aiheutuvaan riskiin. Riskien realisoiduminen esimerkiksi ennenaikaisena vaurioitumisena aiheuttaa helposti moninkertaisen lisäkustannuksen verrattuna hintojen erotukseen. Pelkkien elinkaarikustannusten sijaan tarkastelulla voidaan optimoida myös rakenteiden elinkaaren pituutta korjaamalla niitä kokonaisuuden kannalta optimaalisesti.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Keskeisten tulosten yhteenvetoa

Kaikkien tässä raportissa esitettyjen elinkaarikustannuslaskelmien tarkasteluajanjaksoksi sovittiin 100 vuotta ja kustannusten nykyarvoon diskonttaamiseen sovittiin käytettävän 3,5 %:n vuotuista korkokantaa.

Liikennetietojen pohjalta päällysrakenteiden ja vaihteiden laskelmissa kuormituskensena varioitiin kuutta vaihtoehtoa, jotka olivat 4, 6, 8, 10, 12 ja 17 Mbrt/v. Näistä alhaisimmat kuormitustasot edustavat nykyiseen liikennemäärään perustuvaa arviota tilanteesta TAHERA-hankkeessa tehtävien muutosten jälkeen. Korkein kuormitustaso puolestaan on nykyinen kokonaisliikennemäärä Tampereen aseman kohdalla, minkä voidaan katsoa edustavan kuormituksen ehdotonta maksimia tämän elinkaarikustannustarkastelun rajaukseen sisältyvien päällysrakenteiden ja vaihteiden osalta. Tavoitteena oli laskea yhden täsmällisen luvun sijaan elinkaarikustannuksille pikemminkin todennäköinen vaihteluväli, minkä lisäksi tehtiin herkkyystarkasteluja eri parametrien muutosten vaikutuksista.

Päällysrakenteiden osalta kokonaiselinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen alkuperäisessä laskelmassa noin 3,14–4,12 M€, ja eri herkkyystarkasteluvaihtoehtoille noin 3,08–4,27 M€. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli kuormitustasosta riippuen noin 113 000–149 000 € alkuperäisellä laskelmalla, ja eri herkkyystarkasteluvaihtoehtoilla noin 111 000–154 000 €.

Vaihteiden kokonaiselinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen kaikille vaihteille yhteensä noin 11,96–22,19 M€, eli keskimäärin/vaihde noin 352 000–653 000 €. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli kuormitustasosta riippuen kaikille vaihteille yhteensä noin 433 000–802 000 €, eli keskimäärin/vaihde noin 13 000–24 000 €. Vuosikustannuksista kunnossapidon osuus oli kaikkien vaihteiden osalta yhteensä 65 102 €, eli 1 915 €/vaihde. Ja vastaavasti vaihteenlämmityksen osuus kaikkien vaihteiden osalta yhteensä 68 367 €, eli 2 011 €/vaihde. Molempien osuus laskennallisista vuosikustannuksista oli siis kuormitustasosta riippuen noin 8–15 %.

Itsenäisyydenkadun alikulkusillan osalta vaihteluvälin arvioimiseksi sillan elinkaarikustannuksille laskettiin ensin kaksi vaihtoehtoa, joissa tiettyjen rakenneosien (kannen eristeet ja suojabetoni, liikuntasamat, laakerit, sillan kannen päällä olevat radan rakennekerrokset ja muut varusteet) uusimisväli oli kaikissa 40 vuotta tai kaikissa 60 vuotta. Tämän jälkeen laskettiin yhdistelmä, jossa kullekin edellä mainituista rakenneosista valittiin näistä parempi/todennäköisempi uusimisväli. Muiden kuin edellä mainittujen laskentaosien kustannukset olivat kaikissa versioissa samat.

Itsenäisyydenkadun alikulkusillan kokonaiselinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin noin 27,4–28,3 M€. Vuosikustannuksina vaihteluväli oli noin 991 000–1 022 000 €.

Kolmen erillisen infrarakennekokonaisuuden elinkaarikustannukset yhteensä

Vaikka tässä raportissa esitetyt kolme infrarakennekokonaisuutta (radan päällysrakenteet, vaihteet ja Itsenäisyydenkadun alikulkusilta) eivät yhdessä katakaan

koko TAHERA-hanketta, laskettiin niiden elinkaarikustannukset myös yhteen kokonaiskuvan ja eri kuormitustasoilla toteutuvien kustannusten vaihteluvälin hahmottamiseksi paremmin. Päälysrakenteiden osalta mukana on alkuperäinen laskelma ilman herkkyytarkasteluvaihtoehtoja. Itsenäisyydenkadun alikulkusillan osalta mukana on yhdistelmäversio, jossa eri rakenneosille on käytetty suositeltavaa uusimisväliä. Elinkaarikustannusten vaihteluväliksi saatiin kuormitustasosta riippuen noin 43,2–54,4 M€. Koko 100 vuoden tarkastelukauden kustannusten nykyarvo on siis kuormitustasosta riippuen noin 1,47–1,85-kertainen verrattuna alkuinvestointiin.

Taulukko 33. Kolmen erillisen infrarakennekokonaisuuden elinkaarikustannukset yhteensä eri kuormitustasoilla

ELINKAARIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	Kuormitus 4 Mbrt/v	Kuormitus 6 Mbrt/v	Kuormitus 8 Mbrt/v	Kuormitus 10 Mbrt/v	Kuormitus 12 Mbrt/v	Kuormitus 17 Mbrt/v
Alkuinvestointi	29 365 924 €					
Alkuinvestoinnin jälkeä tarkastelujakson aikana tehtävien investointien nykyarvo	13 999 247 €	15 789 289 €	17 503 434 €	19 254 197 €	20 990 562 €	25 083 556 €
Jäännösarvo jakson päättyessä	264 758 €	263 741 €	256 809 €	253 946 €	247 508 €	143 043 €
Koko tarkastelukauden kustannukset nykyarvoon	43 241 229 €	45 032 286 €	46 753 363 €	48 506 989 €	50 249 793 €	54 447 252 €

Toimenpiteiden ajoitusta

Elinkaaritarkasteluiden pohjalta koottiin taulukkoon aikajana, jonka avulla on helpompaa hahmottaa eri rakenneosien uusimisvälejä. Päälysrakenteet ja vaihteet on koottu samaan yhteiseen taulukkoon, jossa rakenneosien uusimisvälit on esitetty eri kuormitustasoilla. Itsenäisyydenkadun alikulkusilta on esitetty omassa taulukossaan. Taulukoissa vaaka-akselilla on toimenpidevuodet viiden vuoden välein. Yksittäisten rakenneosien uusimisvälit on pyöristetty lähimpään viiteen vuoteen, mikäli aikaväli ei ole osunut juuri kohdalleen. Aikajana toimii eräänlaisena toimenpide-ehdotuksena ja siitä käy hyvin ilmi esimerkiksi, jos ajallisesti rakenteiden uusimisvälit osuvat samaan haarukkaan, jolloin niitä on järkevää niputtaa isommiksi kokonaisuuksiksi ja sisällyttää samaan peruskorjausurakkaan.

Taulukossa Taulukko 34 on esitetty aikajana päälysrakenteiden ja vaihteiden rakenneosien uusimisväleille. Siitä havaitaan esimerkiksi, että alemmilla kuormitustasoilla monien toimenpiteiden ajoitus painottuu suurelta osin noin 40–50 vuoden ja noin 80–90 vuoden kohdille. Korkeammilla kuormitustasoilla taas monien toimenpiteiden uusimisvälit toistavat noin 20–30 vuoden sykliä.

Taulukko 34. Aikajana päällysrakenteiden ja vaihteiden rakenneosien uusimisväleille eri kuormitustasoilla. Suluissa on esitetty uusimisväli herkkyytarkasteluvaihtoehdoille, joita olivat pölkkyjen uusimisväli 50 vuotta, tukikerroksen kestoikä -20 % ja 60E1-kiskojen uusiminen viimeistään 40 vuoden kohdalla.

Päällysrakenteet ja vaihteet		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Kuormitus 4 Mbrt/v	Pölkkyt (50 v)								X		(X)						X					(X)
	Tukikerros (-20 %)														(X)			X				
	Kiskot 60E1 (40 v)								(X)								(X)					
	Kiskot 54E1															X						
	Pitkät vaihteet											X										
	Lyhyet vaihteet										X											
Kuormitus 6 Mbrt/v	Pölkkyt (50 v)								X		(X)						X					(X)
	Tukikerros (-20 %)									(X)			X							(X)		
	Kiskot 60E1 (40 v)								(X)							X	(X)					
	Kiskot 54E1										X											X
	Pitkät vaihteet								X									X				
	Lyhyet vaihteet						X							X						X		
Kuormitus 8 Mbrt/v	Pölkkyt (50 v)								X		(X)						X					(X)
	Tukikerros (-20 %)							(X)	X						(X)					X		
	Kiskot 60E1 (40 v)								(X)			X					(X)					
	Kiskot 54E1								X									X				
	Pitkät vaihteet							X					X							X		
	Lyhyet vaihteet					X					X						X					
Kuormitus 10 Mbrt/v	Pölkkyt (50 v)								X		(X)						X					(X)
	Tukikerros (-20 %)						(X)	X					(X)		X					(X)		
	Kiskot 60E1 (40 v)								(X)	X							(X)			X		
	Kiskot 54E1							X						X						X		
	Pitkät vaihteet				X				X				X				X			X		X
	Lyhyet vaihteet				X				X				X				X			X		X
Kuormitus 12 Mbrt/v	Pölkkyt (50 v)								X		(X)						X					(X)
	Tukikerros (-20 %)					(X)	X				(X)		X			(X)				X		(X)
	Kiskot 60E1								X								X					X
	Kiskot 54E1						X				X					X						X
	Pitkät vaihteet				X				X				X				X			X		X
	Lyhyet vaihteet		X				X			X			X				X			X		X
Kuormitus 17 Mbrt/v	Pölkkyt (50 v)								X		(X)						X					(X)
	Tukikerros (-20 %)			(X)	X		(X)	X	(X)				X			(X)	X		(X)	X		X
	Kiskot 60E1					X					X						X					X
	Kiskot 54E1					X			X				X				X					X
	Pitkät vaihteet			X			X			X			X				X			X		
	Lyhyet vaihteet		X		X		X		X		X		X			X		X		X		X

Taulukossa Taulukko 35 on esitetty aikajana Itsenäisyydenkadun alikulkusillan rakenneosien uusimisväleille, josta havaitaan selvästi, että useimpien toimenpiteiden ajoitus osuu erityisesti 40 ja 80 vuoden kohdille. Sillan osalta 40 vuotta voidaan pitää varsin selkeänä suositeltavana peruskorjausvälinä.

Taulukko 35. Aikajana Itsenäisyydenkadun alikulkusillan rakenneosien uusimisväleille

Itsenäisyydenkadun AKS	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Eristys ja suojabetoni								X								X					
Pintakäsittelyt ja suojaukset							X					X							X		
Liikuntasaumat								X								X					
Laakerit												X									
Raide								X								X					
Muut varusteet								X								X					
Tasonvaihtorak. kevyt saneeraus				X									X								X
Tasonvaihtorak. raskas saneeraus								X								X					

Lähdeluettelo

- /1/ Tammirinne, M., Valkeisenmäki, A. & Ehrola, E. Tierakenteiden tutkimusohjelma 1994–2001. Yhteenvetoraportti. Tiehallinnon selvityksiä 36/2002.
- /2/ HS195603 TAHERA Ratasuunnittelu MAKU 2015=100_120 - Kustannusarvio rakenteen mukaan-2022-09-16.xlsx
- /3/ IR205064 TAHERA Itsenäisyydenkadun AKS yleissuunnitelman päivitys - Kustannusarvio rakenteen mukaan-2022-10-4.xlsx
- /4/ Väylävirasto. R-Omha, Päälysrakenteen ja vaihteiden elinkaarikustannukset 22.7.2022
- /5/ Väylävirasto. Tampereen henkilöratapiha – Järjestelmän määrittely 16.6.2022
- /6/ Väylävirasto. Tampereen henkilöratapihan kehittäminen, ratasuunnitelma – Suunnitelmaselostus 12.7.2021
- /7/ Kempainen, P. Rautatievaihteiden ennakoiva kunnossapito. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2018.
- /8/ Teerihalme, H. Radanpidon sähkönkulutus ja energiansäästöpotentiaali – Taustamuistio energia- ja ilmastostrategian käytäntöön viemisen haasteista ja mahdollisuuksista. Liikennevirasto 2011.
- /9/ Sillan elinkaarikustannusten laskentaohje. Liikenneviraston ohjeita 11/2010 (julkaisematon).
- /10/ Vaara, O. Liikuntasauarakenteet ja massapohjaisten liikuntasauomien materiaalivaihtoehdot siltarakenteissa Suomessa. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka 2020.
- /11/ Ylimäki, J. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen blogi – Siltojen peruskorjaukset (<https://etelapohjanmaanely.wordpress.com/2019/06/25/siltojen-peruskorjaukset/>) 25.6.2019
- /12/ <https://slate.com/technology/2010/08/how-much-energy-do-escalators-use.html>
- /13/ <https://www.stanleyelevator.com/energy-calculator/>

Liikennetietoja Tampereen aseman kohdalla

Alla olevissa taulukoissa on esitetty liikennetietoja Tampereen aseman kohdalta sekä eri liikennepaikkaväleiltä Tampereen lähistöltä (toimittanut Väylävirasto).

Bruttotonnit

Rataosa_	Kaukoliikenne	Lähiliikenne	Tavaraliikenne	Koeajo	Työkone	Vaihtotyöliikenne	Veturi	Yhteensä
Tammisaari	111 431		2 681 571	304	2 225		22 260	2 817 791
Tampere asema	6 700 468	41 008	10 745 657	2 952	21 465		31 602	17 543 152
Tampere Järvensivu	2 173 034		7 789 275	1 444	16 048	81	60 048	10 039 930
Tampere tavara	2 350		9 859 477	152	4 883		4 983	9 871 845
Tampere Viinikka	6 578		7 513 017	152	15 901		69 248	7 604 896

Year of LAH.	LP_VÄLI_NIMI_AAKKOSTETTU	JUNALAJI_NIMI							Grand Total
		Kaukoliiken..	Koeajo	Lähiliikenne	Tavaraliike..	Työkone	Vaihtotyöli..	Veturi	
2019	Haviseva-Tampere Järvensivu	2 459 152	2 032		8 861 100	22 816		124 096	11 469 196
	Lielähti-Tampere asema	7 195 032	5 228	12 671	11 259 132	29 591		195 932	18 697 586
	Tampere Järvensivu-Tampere asema	2 451 226	1 460		2 683 536	2 768		42 602	5 181 592
	Tampere Järvensivu-Tampere Viinikka	8 365	572		6 177 564	20 330		81 494	6 288 325
	Tampere Viinikka-Tampere asema	638	280		6 866 532	16 769		53 150	6 937 369
	Tampere Viinikka-Tampere tavara	8 510	776		12 868 734	27 707		134 629	13 040 356
	TPE_V450-Tampere asema	10 640 205	6 418	928 998	1 709 331	7 248		124 490	13 416 690
	TPE_V450-Tampere tavara	9 357	700	348	11 724 434	21 942		112 958	11 869 739
2020	Haviseva-Tampere Järvensivu	2 393 308	1 880		8 046 656	19 763		90 974	10 552 581
	Lielähti-Tampere asema	6 240 161	3 916	363 531	9 296 750	22 597		121 721	16 048 676
	Tampere Järvensivu-Tampere asema	2 389 534	972		1 974 062	1 852		44 007	4 410 427
	Tampere Järvensivu-Tampere Viinikka	6 242	908		6 074 110	18 218		46 967	6 146 445
	Tampere Viinikka-Tampere asema	3 782	68	163	5 548 219	16 054		27 459	5 595 745
	Tampere Viinikka-Tampere tavara	9 832	824	163	11 254 305	22 089		74 549	11 361 762
	TPE_V450-Tampere asema	9 381 781	4 064	1 471 931	1 775 169	5 526		95 620	12 734 091
	TPE_V450-Tampere tavara	17 460	508	212	10 436 770	33 716		84 020	10 572 686
2021	Haviseva-Tampere Järvensivu	2 216 798	1 444		7 844 707	15 062	81	60 270	10 138 362
	Lielähti-Tampere asema	6 434 530	3 628	365 193	10 866 979	21 013		128 587	17 819 930
	Tampere Järvensivu-Tampere asema	2 211 335	1 064		1 163 003	4 177		21 612	3 401 191
	Tampere Järvensivu-Tampere Viinikka	5 749	380		6 681 704	11 379	81	38 658	6 737 951
	Tampere Viinikka-Tampere asema	1 195			7 988 788	9 463		32 332	8 031 778
	Tampere Viinikka-Tampere tavara	6 374	152		13 447 154	14 119		72 591	13 540 390
	TPE_V450-Tampere asema	8 972 006	4 220	1 664 071	1 720 343	8 282		94 488	12 463 410
	TPE_V450-Tampere tavara	16 209	456	49	12 774 737	39 008		83 849	12 914 308
2022	Haviseva-Tampere Järvensivu	2 509 927	1 580		7 143 078	12 381		57 268	9 724 234
	Lielähti-Tampere asema	7 410 393	4 540	841 014	9 677 150	18 090		130 447	18 081 634
	Tampere Järvensivu-Tampere asema	2 501 354	828		913 772	2 636		20 624	3 439 214
	Tampere Järvensivu-Tampere Viinikka	8 573	752		6 231 458	10 206		36 644	6 287 633
	Tampere Viinikka-Tampere asema	4 541	288	98	7 350 686	7 923		29 968	7 393 504
	Tampere Viinikka-Tampere tavara	9 379	668	98	11 685 093	12 410		65 323	11 772 971
	TPE_V450-Tampere asema	10 120 322	4 176	1 912 681	1 414 301	7 685		83 704	13 542 869
	TPE_V450-Tampere tavara	9 810	1 200	293	11 173 688	24 734		66 947	11 276 672
2023	Haviseva-Tampere Järvensivu	157 890			456 547	46		3 934	618 417
	Lielähti-Tampere asema	484 510		79 470	551 341	158		8 510	1 123 989
	Tampere Järvensivu-Tampere asema	157 835			68 687	46		1 464	228 032
	Tampere Järvensivu-Tampere Viinikka	55			387 860			2 470	390 385
	Tampere Viinikka-Tampere asema	143			362 089	56		2 880	365 168
	Tampere Viinikka-Tampere tavara	198			647 365	28		5 075	652 666
	TPE_V450-Tampere asema	670 770	304	137 307	120 565			5 306	934 252
	TPE_V450-Tampere tavara	172			588 113	84		3 610	591 979

Alla on esitetty Tampereen aseman raiteiden liikennetietoja vuodelta 2022. Taulukossa yksikkönä on junien määrä, esim. raidetta TPE 001 pitkin on mennyt 5 606 kpl kaukoliikennejunaa, 857 kpl lähiliikennejunaa ja 856 kpl tavarajunia.

Null = näytetään liikennepaikan läpi kulkevat junat (pysähtyy tai ei)

Alkupiste = näytetään ne junat, joiden reitti alkaa ko. liikennepaikalta

Päätepiste = näytetään ne junat, joiden reitin määräasema on ko. liikennepaikka

LP_NIMI	LIIKENNER.	JUNALAJI/ALKUPISTE_PAATEPISTE_TOTEUTUNUT							
		Kaukoliikenne			Lähiliikenne			Tavaraliikenne	
		Null	ALKUPISTE	PAATEPISTE	Null	ALKUPISTE	PAATEPISTE	Null	ALKUPISTE
Tampere asema	TPE 001	5 606	690	86	857	2 121	2 116		856
	TPE 002	4 667	806	803	712	1 241	1 463		1 608
	TPE 003	4 781	1 664	1 619	112	722	950		3 140
	TPE 004	2 429	2 464	2 710	18	822	791		129
	TPE 005	426	2 785	3 190	85	1 173	896		43
	TPE 006		5	13			1		67
	TPE 007	1	5	9					36
	TPE 008	2	2	2					1 158

Tasonvaihtorakenteiden elinkaarikustannusten arviointi

Taulukko TAHERA-hankkeen tasonvaihtorakenteiden elinkaarikustannusten arviointiin (toimittanut Sweco Finland Oy). Arvio perustuu laitteen hankintahintaan.

Tampereen Henkilöratapiha									
Elinkaarikustannukset									
Hissit	Hankinta	Huolto					Saneeraus		
		1-2	3-7	8-12	12-20	Kok	Kevyt	Raskas	Tark. 20v
		1,01 %	1,14 %	1,81 %	1,81 %	33,1 %	20,0 %	50 %	2,01 %
Liukuportaat	Hankinta	Huolto					Saneeraus		
		1-2	3-7	8-12	12-20	Kok	Kevyt 20v	Raskas 40v	Tark. 20v
		2,35 %	2,23 %	2,74 %	2,74 %	54,15 %	30,00 %	70,00 %	1,29 %
% -osuus hankintahinnasta VUODESSA					% -osuus hankinnasta				
Selitteet									
Huolto	Huoltosopimuksen hinta per vuosi suhteessa hankintahintaan (hintaryhmät iän mukaan, vanhenevan laitteen huolto maksaa enemmän)								
Kok	Huoltosopimuksen kokonaishinta hankintahintaan suhteutettuna, uudesta -20v asti								
Saneeraus kevyt	Näkyviä osia uudistetaan (esim. käsijohde) ja ulkonäköä päivitetään (näppäimistöt, potkulevyt yms)								
Saneeraus raskas	Pääkomponentit uusitaan ja ulkonäkö uusitaan								
Tark.20v	Pakollisen lakisääteisen tarkastuksen hinta 0-20v ajalta, suhteutettuna hankintahintaan								



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-405-138-5
www.vayla.fi