



Projektiallianssin maksuperusteet

Esimerkkihankkeen suunnitelma-
aineistoon perustuva tarkastelu
epävarmuuden vaikutuksista

Pertti Lahdenperä

Projektiallianssin maksuperusteet

Esimerkkihankkeen suunnitelma-
aineistoon perustuva tarkastelu
epävarmuuden vaikutuksista

Pertti Lahdenperä

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

ISBN 978-951-38-8789-6

VTT Technology 426

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

DOI: 10.32040/2242-122X.2024.T426

Copyright © VTT 2024

JULKAISIJA – PUBLISHER

VTT

PL 1000

02044 VTT

Puh. 020 722 111

<https://www.vtt.fi>

VTT

P.O. Box 1000

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111

<https://www.vttresearch.com>

Kansikuva: Microsoft Bing Image Creator evästeellä "In the background is an orange-tinted image of a demanding urban transport infrastructure project under construction at the time of sunset, with the project's almost bell-shaped cost-probability density histogram drawn over it."

Esipuhe

Tämä julkaisu on tulos projektista *Riskit ja maksuperusteet allianssissa*, joka tarkasteli vaativiin allianssihankkeisiin sisältyvää epävarmuutta ja tämän epävarmuuden vaikutusta muun muassa palveluntuottajille maksettavaan korvaukseen.

Työtä ovat rahoittaneet allianssiurakkaa hankkeissaan aktiivisesti käyttävät julkiset infratilaajat

- Väylävirasto
- Pääkaupunkiseudun kaupunkiliikenne ja
- Tampereen kaupunki sekä
- Teknologien tutkimuskeskus VTT.

Mainittujen tilaajaorganisaatioiden osalta ohjausryhmään osallistuivat johtajat

- Mauri Mäkiaho
- Artturi Lähdetie ja
- Milko Tietäväinen.

Työ tehtiin yhtä jo toteutettua hanketta mallintamalla ja tätä mallia ja sen variaatioita simuloimalla. Tapaustutkimushanke oli Tampereen rantatunneli -hanke.

Rantatunneli-hankkeen lisäksi työssä tarkasteltiin muutamien muiden vaativien allianssihankkeiden riskinäkemyksiä yhteenvedon tasolla. Nämä hankkeet ovat

- Lahden eteläinen kehätie
- Kalasatamasta Pasilaan -raitiotie ja
- Kruunusillat-raitiotie.

Tätä varten myös kyseisten hankkeiden avainhenkilöt – riskienhallintakonsultit ja urakoitsijat – koostivat ja toimittivat aineistoa projektia varten. Myös ulkomaisten allianssihankkeiden osalta käytössä oli alkuperäinen kyselytutkimuksen aineisto.

Suuret kiitokset nimetyille osapuolille sekä yleisesti työhön aineistoa toimittaneille henkilöille!

Tampere, joulukuu 2023

Pertti Lahdenperä

* Julkaisussa esiintyvän Liikenneviraston nimi muuttui Väylävirastoksi vuoden 2019 alussa.

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Sisällysluettelo	4
Käsitteet	6
1 Johdanto	7
1.1 Tausta.....	7
1.2 Tavoitteet ja rajaus	8
1.3 Toteutus.....	8
2 Case-hanke	9
2.1 Hankkeen sisältö	9
2.2 Kustannusrakenne ja vaiheistus	10
2.3 Kustannuksiin vaikuttavat riskit.....	11
2.4 Muut kustannusepävarmuustekijät	15
2.5 Toiminnan laatuun liittyvät avaintulosalueet	16
2.6 Kaupallinen malli kokonaisuutena	17
3 Menetelmät ja laskennan toteutus	20
3.1 Taloudellinen mallintaminen.....	20
3.2 Jakaumapohjainen simulointi	20
3.3 Todennäköisyysjakaumien sovitus	21
3.4 Vaihtoehtoiset tarkastelut.....	21
3.5 Keskeiset välitulospoimuuttujat	24
3.6 Simulointitulosten tarkkuudesta.....	25
4 Perustapauksen tulokset	27
4.1 Riskien merkitys hankkeessa	27
4.2 Allianssin kustannukset ja tavoitekustannus	31
4.3 Kustannusriskin jaon ja tavoitealueiden vaikutus.....	33
4.4 Allianssille maksettava korvaus.....	35

4.5	Palveluntuottajien palkkio.....	37
5	Vaihtoehtoisten tarkastelujen tulokset	38
5.1	Kustannustaso vakio.....	38
5.2	Kustannustasoriskin siirto	40
5.3	Riskien kasvu.....	41
5.4	Hankeriskien yhteisesiintyminen.....	43
5.5	Tappionrajausehto.....	44
5.6	Muita näkökulmia	47
6	Tulosyhteenveto.....	49
6.1	Havaintoja muuttujien välisistä suhteista.....	49
6.2	Kustannustasomuutosten merkitys.....	54
6.3	Kaikkien vaihtoehtojen tulosmuuttujien vertailua	55
6.4	Epävarmuuden vaikutuksen havainnollistaminen	59
7	Pohdinta ja yhteenveto.....	62
7.1	Lähtötieto-oletukset ja hankkeen toteuma.....	62
7.2	Menetelmä ja vertailuvaihtoehdot	63
7.3	Tulokset ja johtopäätökset	64
	Lähdeluettelo.....	65
	Liite A: Kustannustasoon sisältyvä epävarmuus maarakennuskustannusindeksiin perusteella	66
	Liite B: Hankkeiden tavoitekustannuksen toteutuminen ulkomaisen tutkimuksen valossa.....	69
	Liite C: Epävarmuuden huomiointi vaativien kotimaisten hankkeiden kustannusarvioissa	75
	Liite D: Havainnollistus rinnakkaisten riskien aiheuttamasta kokonaisepävarmuudesta	80

Käsitteet

Avaintulosalue	Hankkeen ylätason tavoite, jonka toteutuma vaikuttaa hankkeen palveluntuottajille maksettavaan korvaukseen.
Indeksisidonnaisuus	Tapa, jolla tavoitekustannusta muutetaan siten, että se ottaa huomioon yleisen kustannustason muutoksen.
Kertymäfunktio	Summafunktio/käyrä, joka kuvaa todennäköisyyttä, jolla epävarmuutta omaava muuttuja alittaa tietyn arvon.
Laajuusmuutos	Hankkeen sisällön tai laatutason oleellinen muutos, jolla on vaikutus hankkeen toteuttamisen kustannuksiin.
Mahdollisuus	Sellainen poikkeama odotetusta, jolla on positiivinen vaikutus tavoitteiden toteutumiseen (vrt. uhka).
Maksuperuste	Menettely, joka määrittelee palveluntuottajille maksettavan korvauksen suuruuden (myös: kaupallinen malli).
Monte Carlo	Simulointi, jossa lähtötiedot haetaan annetuista todennäköisyysjakaumista satunnaisuutta hyödyntäen.
Riski	Epävarmuudesta johtuva poikkeama, jolla on vaikutus tavoitteiden toteutumiseen (ks. uhka, mahdollisuus).
Simulointi	Laskelman toteuttaminen suurella määrällä erilaisia lähtötietojen arvoja tulosepävarmuuden selvittämiseksi.
Tavoitekustannuksen muutos	Tavoitekustannuksen muuttaminen sopimuksen solmimisen jälkeen indeksi- tai laajuusmuutosten johdosta.
Tavoitekustannus	Sopimuksen perusarvo, joka vastaa osapuolten näkemystä hankkeen todennäköisestä kustannuksesta.
Tilaaajan riski	Riski, jonka kustannusvaikutus kohdistetaan tilaajalle siltä osin, kun riski realisoituu hankkeessa.
Todennäköisyysjakauma	Yksikäsitteinen funktio/malli, joka kuvaa epävarmuutta omaavan tekijän erilaisia esiintymistodennäköisyyksiä.
Uhka	Sellainen poikkeama odotetusta, jolla on negatiivinen vaikutus tavoitteiden toteutumiseen (vrt. mahdollisuus).

1 Johdanto

1.1 Tausta

Allianssiurakka tai projektiallianssi on hankkeen keskeisten toimijoiden väliseen, monen osapuolen yhteiseen sopimukseen perustuva hankkeen toteutusmuoto, jossa osapuolet vastaavat toteutettavan projektin suunnittelusta ja rakentamisesta yhdessä yhteisellä organisaatiolla ja jossa toimijat jakavat projektiin liittyviä sekä positiivisia että negatiivisia riskejä sekä noudattavat tiedon avoimuuden periaatteita.

Allianssi on suhteellisen uusi rakennushankkeen toteutusmuoto, mutta yksin Suomessa on toteutettu jo lähemmäs sata allianssiprojektia viimeisen reilun vuosikymmen aikana. Toteutusmuotoa käyttäneiden hankkeiden on koettu yleensä onnistuneen hyvin haasteellisuudestaan huolimatta. Tämän perusteella on syytä olettaa, että projektiallianssi on käytössä myös monissa tulevilla hankkeissa. Allianssin käytäntöjen kriittinen tarkastelu ja edelleen kehittäminen ovat siten tärkeitä toimenpiteitä matkalla kohti aiempaa paremmin täyttyviä tilaajatavoitteita.

Selkeästi määritellyissä, suoraviivaisissa hankkeissa rakennusurakkasopimukset ovat perinteisesti tukeutuneet kiinteään hintaan, mikä on ääriesimerkki siitä, kuinka yksinkertainen maksuperuste voi periaatteessa olla. Allianssisopimusten osalta tilanne on yleensä täysin toinen. Allianssia käytetään paljon epävarmuutta sisältävissä vaativissa ja monimutkaisissa hankkeissa, joissa palveluntuottajat valitaan mukaan kehittämään hanketta jo sen suunnittelun aikaisessa vaiheessa.

Vaativiin hankkeisiin liittyy myös moninaisia tavoitteita, joita korostetaan sitomalla palveluntuottajille maksettava korvaus osaltaan näiden avaintavoitteiden toteutumiseen. Lähtökohtana on eräänlainen kustannusvyöhykejajatteluun perustuva tavoitehintaurakka, minkä lisäksi monet niin sanotut laadulliset tekijät vaikuttavat korvauksen määräytymiseen. Näin ollen allianssisopimusten kaupallinen malli on usein hyvinkin moniulotteinen ja korvauksen suuruuteen liittyy ennakkoon iso epävarmuus.

Lisähaastetta tuo se, että allianssia käytetään nimenomaan lähtökohtaisesti paljon epävarmuutta sisältävissä hankkeissa, joissa epävarmuutta ei yleensä kyetä eliminoimaan myöskään hankkeen kehitysvaiheen aikana. Näin toteutukseen liittyvä epävarmuus yhdessä kaupallisen mallin monimutkaisuuden kanssa aiheuttaa sen, että kaupallisen mallin mekanismien herkyys erilaisille toteutumaskenaarioille voi olla vaikea hahmottaa ennakolta täydellisesti. Myös sopimusehdot vaihtelevat.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tämän selvitystyön tavoitteena on lisätä ymmärrystä allianssihankeiden maksupe-
rusteiden ja niiden yksityiskohtaisten ratkaisujen (eli yleisemmin allianssin kaupalli-
sen mallin) toimivuudesta eri tilanteissa ja olosuhteissa. Avainkysymyksiä olivat
muun muassa riskien vaikutus ja riskien jaon toimivuus ja johdonmukaisuus riskeil-
tään erilaisissa hankkeissa, riskien vaikutus tilaajalle syntyvään korvausveloittee-
seen sekä palveluntuottajien palkkion suuruus ja vaihtelu yleisesti.

Kokonaisuutena kyseessä oli eräänlainen erillisesti jo sinällään käytössä vakiin-
tuneelle mallille mahdollisten epäjohdonmukaisuuksien tunnistamiseksi. Työ koh-
distuu ensisijaisesti epävarmuuden mallintamiseen ja sen vaikutusten havainnollis-
tamiseen erilaisia sopimusratkaisuja käytettäessä. Työ ei vielä arvioi mallien yksi-
tyiskohtia tai käy kriittisesti läpi kaikkia havainnollistuksia ja vaihtoehtoisia sopimus-
ratkaisuja, vaan tuottaa lähinnä aineistoa yleisempään jatkokeskusteluun.

1.3 Toteutus

Selvitystyö perustui lähtökohtaisesti yhden toteutetun allianssihankkeen kaupalli-
sen mallin taloudelliseen mallintamiseen. Laadittua mallia simuloitiin hankkeeseen
liittyvä moninainen epävarmuus huomioon ottaen. Alkuperäisen mallin rinnalle mää-
riteltiin myös joitakin vaihtoehtoisia ratkaisuja, joiden tarkastelun koettiin parantavan
yleisesti kuvaa mallin ja ratkaisujen toimivuudesta ja herkkyydestä.

Taloudellisella mallintamisella viitataan palveluntuottajalle muodostuvaa kor-
vausta määrittelevien tekijöiden ja laskentasääntöjen huomioon ottamiseen siten,
että sopimuksen kaupallisen mallin ehdot tulevat huomioon otetuiksi. Siltä osin kuin
lähtöarvot sisältävät epävarmuutta, otetaan tämä huomioon valituilla todennä-
köisyysjakaumilla siten, että lähtöarvot vaihtelevat näiden todennäköisyysja-
kaumien määrittämällä vaihteluväleillä ja todennäköisyyksillä.

Simuloinnilla viitataan siihen, että taloudellinen malli lasketaan läpi useita kertoja
ja tuloksia arvioidaan näiden eri laskentakierrosten yhteistuloksen perusteella. Tar-
kemmin kyse on niin sanotusta Monte Carlo -simuloinnista, jossa rinnakkaisten läh-
tötietojen arvo määritetään satunnaisuutta hyödyntäen kutakin laskentakierrosta
varten erikseen ja laskenta toteutetaan tuhansia kertoja siten, että tulosmuuttujien
tarkastelu ottaa huomioon kaikki laskentakierrokset ja tuloksena on myös niiden
osalta eräänlainen todennäköisyysjakauma ja sen kertymäkäyrä. Näin tulokset ku-
vaavat muun muassa varmuustasot tietyn tulosmuuttujan erilaisille suuruusluokille.

Tarkasteltava hanke on Tampereella aiemmin toteutettu Rantatunneli-hanke.
Hankkeen valinnalle on muutamia syitä. Tarkastelu haluttiin ensinnäkin kohdistaa
jo päättyneeseen hankkeeseen siksi, että siihen ei liity enää liiketoiminnallisia salai-
suuksia siinä määrin kuin johonkin meneillään olevaan hankkeeseen olisi mahdoli-
sesti liittynyt. Toiseksi päättyneen hankkeen valintaa puolsi myös varmuus tiedon
saatavuudesta. Rantatunneli-hanke on poikkeuksellisen laajalti raportoitu, jolloin lu-
kijoilla on mahdollisuus paneutua oleelliseksi katsomiinsa taustatietoihin syvällisem-
min kuin mitä tämän työn yhteydessä on ollut mahdollista raportoida.

2 Case-hanke

2.1 Hankkeen sisältö

Selvitystyön tapaustutkimushankkeena oli allianssiurakalla toteutettu *Tampereen Rantatunneli* -hanke. Hankkeen myötä aiemmin maanpäällisenä etenevä ja Näsijärven rantaa sivuava Valtatie 12 siirrettiin uuteen linjaukseen, jonka muodosti hankkeessa louhittava, Tampereen kaupungin keskustan ja samalla muun muassa Tammerkosken alittava tunneli. Tunneliosuuden kokonaispituus on reilut 2,3 kilometriä. Lisäksi valtatie siirtämisen edellyttämät tie- ja katujärjestelyt, johto- ja laitesiirot sekä tunnelin päissä sijaitsevat eritasoliittymät sisältyvät hankekokonaisuuteen.

Valtatien molemmilla ajosuunnilla on erilliset tunnelit, joissa kummassakin on turvakaista mukaan lukien kolme kaistaa. Erillisten tunneleiden välille tehtiin lukuisia palo- ja savuosastoituja yhdyskäytäviä, minkä lisäksi liikenteenvalvonta- ja liikenteenohjausjärjestelmät olivat keskeinen osa hanketta. Hankkeen tiesuunnitelmavaiheen kustannusarvio oli 185 miljoonaa euroa maaliskuun 2011 kustannustasossa. Allianssin työ käynnistyi kehitysvaiheella kesällä 2012, ja toteutusvaihe alkoi seuraavan vuoden syksyllä. Tunneli avattiin liikenteelle loppusyksystä 2016, mutta rakennustyöt jatkuivat vielä seuraavan kesäkauden suunnitellusti. Hankkeen viisivuotinen takuu- ja jälkivastuvaihe päättyi kokonaan vuoden 2022 syksyllä. Hankkeessa koettiin onnistutun hyvin, ja se on voittanut myös monia tunnustuspalkintoja.

Keskeisimmät hanketta, sen sisältöä ja toteutusta kuvaavat julkaisut ovat:

- **Hankesuunnitelma.**¹ Allianssiosapuolten hankkeen kehitysvaiheessa laatima suunnitelma, joka kuvaa hankkeen toteutusvaiheen tekniset ja taloudelliset tavoitteet sekä suunnitelman hankkeen toteutuksesta. Suunnitelman osia ovat muun muassa suunnitteluohjelma, avaintulos-tavoitteet ja kannustinjärjestelmä, aikataulu, organisaatio ja tehtäväkuvaukset, tavoitekustannus sekä innovaatio- ja johtamisjärjestelmä.
- **Kehitysvaiheen arvoa rahalle -raportti.**² Hankkeen alkuvaiheisiin keskittyvä raportti, joka kuvaa hankkeen kannalta merkittävät prosessit, ratkaisut ja päätökset siltä osin kuin niillä on vaikutusta tavoiteltavien hyötyjen toteutumiseen ja aiheutuviin kustannuksiin. Raportti kuvaa

¹ Rantatunnelin allianssiurakka (2013)

² Rantatunnelin allianssiurakka (2014)

erityisesti hankinta- ja osin myös kehitysvaihetta yksityiskohtaisemmin kuin myöhemmin laadittu toteutusvaiheen arvoa rahalle -raportti.

- **Toteutusvaiheen arvoa rahalle -raportti.**³ Hankkeen toteutuksen kokonaisuudessaan kattava raportti, joka kuvaa hankkeen kannalta merkittävät prosessit, ratkaisut ja päätökset siltä osin kuin niillä on vaikutusta tavoiteltavien hyötyjen toteutumiseen ja aiheutuneisiin kustannuksiin. Suhteessa aiempaan raporttiin hankkeen toteutus ja sen onnistuminen sekä hankkeesta saadut opit korostuvat julkaisun sisällössä.

Tässä selvitystyössä käytettävät hanketta koskevat lähtötiedot löytyvät valtaosin myös näistä julkaisuista. Joiltakin osin tietoja on täydennetty hankkeen avainhenkilöiden arvioilla ja muilla taustatiedoilla. Kaupallisen mallin rakenteen osalta on lisäksi tukeuduttu hankkeen sopimusasiakirjoihin⁴ (liitteet mukaan lukien).

2.2 Kustannusrakenne ja vaiheistus

Tarkastelu perustui Rantatunneli-hankkeen keskeisiin talous- ja ajoitustietoihin siltä osin, kun ne olivat tiedossa tai ne oli esitetty suunnitelmissa kehitysvaiheen päättyessä. Keskeisimmät tiedot ovat sopimuksen tavoitekustannus ja siihen sisältyvät erinäiset riskivaraukset ja kaupallisen mallin rakenne. Lisäksi laskentatapa edellytti tavoitekustannuksen osittelu vaiheittain. Päätasolla vaiheet ovat kehitys-, rakentamis- ja takuvaiheet (taulukko 1). Rakentamisvaiheen osalta eriytettiin lisäksi rakentamisen pääosan kattava ja väyläyhteyden liikenteelle avaamisen edellyttämän työn kustannusosuus (jäljempänä ensimmäinen vaihe, R1) ja myöhemmin tehtävien liittymäjärjestelyjen oleellisesti pienempi kustannusosuus (toinen vaihe, R2). Takuvaihe ositeltiin rakentamisen määrittelemillä kustannussuhteilla siten, että tietyn osan valmistuttua käynnistyi kyseistä osaa koskeva takuvaihe (T1 ja T2).

Eri allianssiosapuolten kustannusosuudet ja osapuolten palkkiorakenteet vaikuttivat myös laskelmissa. Suunnittelun ja rakentamisen suhteelliset kustannusosuudet otettiin huomioon alan yleisen tason mukaisina mutta siten, että suunnittelussa alikonsulteilla teetettävälle töille oli määritelty oma osuus suunnittelukustannusten sisällä (taulukko 2). Näin siksi, että allianssissa mukana oleville konsultille oli jo ennakoon määritelty tavanomaista pienempi palkkio niiden kustannusten osalta, jotka aiheutuvat suunnittelun teettämisestä alikonsulteilla. Muilta osin varsinaisten allianssiosapuolten kohdalla (ml. suunnittelijan omana työnä tehtävä suunnittelu) käytettiin palkkioprosentteina tarjouksissa esitettyjä palkkiotasoja. Rakentajan palkkio muodostui tosin lähtökohtaisesti kiinteäksi (jolloin sitä ei muuteta kustannussuorituksen perusteella), mutta laajuusmuutosten myötä palkkio muuttuu siten, että tarjousajankohdan prosenttiosuus on edelleen voimassa. Suunnittelijan (oman työn) palkkio on sen sijaan prosenttiperusteinen kaikissa tapauksissa.

³ Liikennevirasto (2018).

⁴ Liikennevirasto (2012a, 2012b, 2013).

Aikanäkökulmasta oleellisia laskemissa vaikuttavia tekijöitä ovat tavoitekustannuksen indeksitason ajankohta sekä sitä seuraava viive toteutusvaiheen käynnistämiseen. Toteutusvaiheen osalta huomioon otettiin ensimmäisen rakentamisvaiheen kesto sekä toisen vaiheen ajoittuminen. Lisäksi oleellista on takuu- (ja jälkivas- tuu)vaiheen kesto. Näiden lisäksi määriteltyjen riskien mahdollisella toteutumisella oletettiin olevan aikatauluvaikutuksia siten, kun jäljempänä erikseen täsmennetään. Indeksien kehittymisen ja vaihtelun arviointiin lähtötiedot löytyivät kuitenkin hankkeen ulkopuolelta maarakennuskustannusindeksin kokonaisindeksistä.⁵

Taulukko 1. Hankkeen pääpiirteinen kustannusrakenne.

	Kustannus (*)	Osuus (**)
Kehitysvaihe	6 027 277 €	Kiinteä (toteutunut)
Toteutusvaihe, osa 1		95 % Odotusarvo (arvio)
Toteutusvaihe, osa 2		3,5 % Kiinteä osuus (arvio)
Takuuvaihe, osat 1 ja 2		1,5 % Odotusarvo (arvio)
Tavoitekustannus	180 299 000 €	Edelliset yhteensä

*) Kustannukset toukokuun 2013 kustannustason mukaisesti.

**) Osuus tavoitekustannuksen ja kehitysvaiheen kustannuksen erotuksesta.

Taulukko 2. Palveluntuottajien palkkiot ja työosuudet kokonaiskustannuksista.

Osapuoli	Palkkioprosentti	Kustannusosuus
Suunnittelija, oma työ	32,9 %	5 %
Suunnittelija, alikonsultit	5,0 %	1 %
Rakentaja	9,0 %	94 %

2.3 Kustannuksiin vaikuttavat riskit

Allianssiorganisaatio oli tunnistanut hankkeeseen ja sen eri vaiheisiin kytkeytyvät ”riskit ja mahdollisuudet”⁶ hankesuunnitelmassaan. Nämä muodostivat kokonaisuudessaan toteutuksen merkittävimmän tarkasteluun sisällytetyn epävarmuustekijän.

⁵ Maarakennuskustannusindeksi (2000=100), M-indeksi. Suomen virallinen tilasto (2023).

⁶ Rantatunneliallianssin alkuperäisessä hankeaineistossa käytetään riski- ja mahdollisuus-termejä siten, että edellinen viittaa epävarmuudesta johtuviin negatiivisiin ja jälkimmäinen positiivisiin poikkeamiin. Tässä julkaisussa *riski* on mikä tahansa epävarmuudesta johtuva mahdollinen poikkeama sen vaikutussuunnasta riippumatta. Tarkemmin käsittein negatiivinen poikkeama on *uhka* ja positiivinen poikkeama on *mahdollisuus* (vrt. SFS, 2011).

Kyseiset riskit otettiin huomioon myös lähtökohtaisesti autenttisina, allianssin tunnistamien epävarmuustekijöiden suuruisina.

Käytettävissä olevat lähtötiedot eivät kuitenkaan olleet täydellisen kattavia tämän tarkastelun tarpeisiin, sillä tiedossa oli vain riskianalyysin johtopäätökset. Hanke-suunnitelma viestii kuitenkin, kuinka hankkeen riskit oli otettu suunnittelussa huomioon toteutumastodennäköisyyksien ja aiheutuvien kustannusvaikutusten avulla siten, että näiden perusteella määritetyt keskimääräiset varaukset oli sisällytetty tavoitekustannukseen. Varaukset oli esitetty hankeaineistossa kaikkien yksilöityjen riskien osalta erikseen. Alkuperäisiä, vaihtoehtoiset skenaariot kattavia riskikohtaisia arvioita tai todennäköisyystarkasteluja ei esitetty.

Yksilöityjen epävarmuustekijöiden todennäköisyysjakaumat oli kuitenkin mahdollista rekonstruoida tavoitekustannuksen määrittelyn yhteydessä käytetyistä riskivarauksista, sillä uhkat (taulukot 3 ja 5) ja mahdollisuudet (taulukko 4) oli käsitelty erikseen siten, että niillä oli toteutuessaan vain joko negatiivinen tai positiivinen kustannusvaikutus. Koska edellä esitetyllä tavalla määritelty varaus vastaa myös riskin todennäköisyysjakauman odotusarvoa, oli osana lähtötietojen täsmentämistä tehtävä epävarmuuden todennäköisyysjakauman määrittely periaatetasolla käänteinen toimenpide hankkeen suunnittelussa aikanaan tehdyille varauksen määrittelylle.

Näin ollen päätettäväksi tuli nyt lähinnä epävarmuuden vaihteluväli ja jakauman muoto. Käytännön sovelluksissa tukeudutaan yleisimmin kolmiojakauman käyttöön, mikä antoi syyn menetellä niin myös tässä yhteydessä. Positiivisten (mahdollisuudet) ja negatiivisten (uhkat) vaikutusten erittely teki jakaumien määrittelyn lopulta hyvinkin suoraviivaiseksi. Kun tällaisen kolmijakaumalla kuvatun riskin minimiarvo ja useimmiten esiintyvä arvo ovat nolliä, on maksimiarvo varaus kerrottuna kolmella. Perusteena on se, että näin tavoitekustannukseen sisällytetyn riskin odotusarvo (eli varaus) ja nyt määriteltävän, riskiä kuvaavan todennäköisyysjakauman odotusarvot ovat yhtä suuria. Johdonmukaista myös on, että kolmion huippu sijaitsee nollan kohdalla, sillä kyseessä on todennäköisin toteutuma, joka on sellaiseksi todettu jo peruskustannuslaskelman tekemisen yhteydessä.

Edellä kuvattu koski kaikkia riskejä kahta poikkeusta lukuun ottamatta. Ensimmäinen niistä oli hankkeessa mahdollisuutena tunnistettu hankintaolettama⁷, joka oli esitetty hankeaineistossa yhtenä varauksena. Sen suuruusluokka oli moninkertainen kaikkiin muihin eriteltyihin riskivarauksiin nähden. Tämän työn mallinnuksessa satoja eri hankintoja kattava hankintaolettaman yhteissumma jaettiin kuitenkin viiteen yhtä suureen osaan siten, että kunkin osan varaus yksin vastasi suurimpia uhkia. Näin ollen erityyppiset hankinnat saattoivat käyttäytyä eri tavoin (eikä yksittäinen riski dominoinut epävarmuuden profiilia kohtuuttomasti koko hankkeen tasolla). Kunkin osan kohdalla menettely vastasi sitten jo edellä esitettyä.

⁷ Hankintaolettamalla viitataan siihen, että vaikka tavoitekustannuksen määrittelyssä oli kehitysvaiheessa tukeuduttu alihankkijoilta saatuihin tarjouksiin, toteutusvaiheessa uskottiin silti saatavan hinnaltaan tätä kireämpiä tarjouksia. Näin siksi, että kehitysvaiheen aikana hankkeen toteutumiseen liittyi edelleen suurta poliittisesta päätöksenteosta johtuvaa epävarmuutta, ja tämän uskottiin vaikuttaneen myös siihen, miten alihankkijat paneutuivat hankkeen tarjouspyyntöihin ja miten aktiivisesti ne tekivät tarjouksia hankkeelle.

Taulukko 3. Taloudellisia vaikutuksia omaavat rakentamisvaiheen uhkat.

Hankkeen riski: Uhka	Kustannus- varaus (+)	Aikataulu- vaikutus
• Työmäärän kasvu tunnelissa ja teknisissä järjestelmissä	535 000 €	✓
• Pilaantunut maaperä (<i>huom. poikkeava käsittely</i>)	312 000 €	
• Tunnelin teknisten järjestelmien hinnoittelu	365 000 €	✓
• Kallion pinnan korkeusasemasta ja kallion laadusta saatu käsitys ei vastaa todellisuutta	200 000 €	
• Savunpoistojärjestelmän ja ilmastoinnin toimintaperiaatteet ja säätötoimet	160 000 €	✓
• Räjähdyksen aiheuttamat häiriöt	160 000 €	✓
• Louhintatyön ajoitus tai arvioitua varovaisemmat louhintamenetelmät	160 000 €	✓
• Sammutusjärjestelmän toimintaperiaate	150 000 €	
• Santalahden kaivannon toiminnallisuus	150 000 €	✓
• Paisuvahilaisen saven alue kasvaa kaksinkertaiseksi	142 500 €	✓
• Kunnallisteknisten järjestelmien siirrot	125 000 €	
• Betonitunnelin liittäminen kalliotunneliin	125 000 €	
• Työmäärän kasvu väylissä	120 000 €	
• Työnaikaiset liikennejärjestelyt	90 000 €	
• Pohjaveden työnaikaisen tason laskeminen ei onnistu suunnitellusti	75 000 €	
• Hinnoittelu: väylät	75 000 €	
• Tukimuurien tarve lisääntyy	70 000 €	
• Tunnelin käyttöönotto viivästyy teknisten järjestelmien testauksen ja yhteensovituksen vuoksi	64 000 €	✓
• Työmäärän kasvu silloissa	60 000 €	
• Pumppaamoiden kapasiteetti Naistenlahdessa	50 000 €	
• Länsipään kallio-otsan paikan siirtyminen	50 000 €	
• Työnaikainen tunnelin tiivistys	50 000 €	✓
• Tilavaraustiedot virheelliset	50 000 €	
• Naistenlahden kallion vedenjohtavuus	45 000 €	✓
• Yksittäisen teknisen järjestelmän vedenjohtavuus	32 000 €	
• Hinnoittelu: sillat	30 000 €	
• Junaliikenteen aiheuttamat viiveet louhinnoille	30 000 €	✓
• Muut riskit	172 000 €	

Taulukko 4. Taloudellisia vaikutuksia omaavat rakentamisvaiheen mahdollisuudet.

Hankkeen riski: Mahdollisuus	Kustannus- varaus (–)	Aikataulu- vaikutus
• Hankintaolettama, kaikki tekniikkalajit yhteensä	2 675 000 €	
• Suunnittelu	550 000 €	
• Tunnelin verhousrakenteet	400 000 €	✓
• Massan siirrot	175 000 €	✓

Taulukko 5. Taloudellisia vaikutuksia omaavat takuuvaiheen uhkat.

Hankkeen riski: Uhka	Kustannus- varaus (+)	Aikataulu- vaikutus
• Takuuvaiheen varaus	360 000 €	

Taulukko 6. Pilaantuneen maaperän kustannusten jako varauksen ylityksessä.

Maa-ainesluokka	Kustannusylitysten jako-osuudet	
	Allianssi	Tilaaaja
Lievästi pilaantuneet maat	25 %	75 %
Vaikeasti pilaantuneet maat	10 %	90 %

Toisen poikkeuksen edellä kuvattuun muodostivat pilaantuneeseen maaperään liittyvä epävarmuus ja sen huomioon ottaminen. Epävarmuus oli suurta, ja siksi tilaaja otti pääosan varauksen ylittävistä kustannuksista kantaakseen, vaikka kannustinmielessä osa tuli myös allianssin kannettavaksi (taulukko 6). Varaukseen asti kustannukset kohdistettiin täysimääräisinä allianssille. Todennäköisyysjakauma tukeutui myös tässä kolmiojakaumaan, jonka minimiarvo oli nolla. Kolmion huippu oli nyt kuitenkin maalajikohtaisen odotusarvon kohdalla, kun kaksi kolmannesta kustannuksista ennakoitiin tulevan lievästi pilaantuneista maa-aineksista ja loput vaikeasti pilaantuneista maista. Jotta allianssin kustannusten odotusarvo oli aidosti vastaavan varauksen kohdalla, tuli maalajikohtaisten todennäköisyysjakaumien maksimiarvojen olla hieman vajaa kolme kertaa vastaava varausosuus. Näin siksi, että (taulukon 3) varaus oli yhteinen molemmille maalajeille ja niiden määrien ja esiintymisjärjestyksen vaihdellussa (erilainen kustannuskertymä täytyvässä varauksessa) oikea varaustaso ei löydy enää aiemmin käytetyn kolmiolaskennan avulla.

Kokonaisuutena pilaantuneen maaperän maksimiriski jäi näin ollen laskelmissa vajaaseen miljoonaan euroon (n. 870 000 €). Todennäköisyysolettama ei välttämättä vastaa allianssihankkeessa aikanaan tehtyjä arvioita tai oletuksia, mutta systemaattinen tarkastelu tehtävine vertailuineen edellytti myös matemaattisesti

tasapainoista rakennetta, joka määriteltiin työssä erillisen, vaihtoehtotarkasteluja edeltävän simuloinnin avulla.

Käytettävien jakaumien kelpoisuus vahvistettiin kaikilta osin myös tutkimusprojektissa mukana olevilta Rantatunneli-hankkeen avainhenkilöiltä. Samalla avainhenkilöt määrittivät myös ne uhkat ja mahdollisuudet, joilla olisi toteutuessaan mahdollisia aikatauluvaikutuksia. Uhkat myöhästyttävät toteutuessaan väyläyhteyden käyttöönottoa liikenteelle, kun mahdollisuuksien toteutumisella olisi päinvastainen vaikutus tietyn edellytyksin. Vaikutusmekanismi tarkennetaan tältä osin jäljempänä (luvussa 2.5). Lukumääräisesti toteutusvaiheen uhkista reilulla kolmanneksella oli aikatauluvaikutuksia, kun mahdollisuuksien puolella osuus oli lähtökohtaisesti puolet (ennen hankintaolettaman osittelu). Euromääräisesti tarkasteltuna aikatauluvaikutuksia oli noin puolella listatuista uhista, mutta mahdollisuuksien puolella vastaava osuus oli selvästi pienempi.

2.4 Muut kustannusepävarmuustekijät

Tässä tarkastelussa kustannustavoitteen toteutuminen tai siitä poikkeaminen on ensisijaisesti seurausta listattujen uhkien ja mahdollisuuksien toteutumisesta. Riskiarviot ottivat lähtökohtaisesti huomioon kaiken toiminnassa, hinnoittelussa tai toimitajien tarjoushalukkuudessa tunnistetun merkittävän epävarmuuden. Kustannusepävarmuuteen ei siksi kohdistettu muita oleellisia hankesidonnaisia lisäoletuksia, vaan tältä osin kyse oli korostetusti allianssitiimin tunnistamien hankeriskien simuloinnista, joskin allianssiosapuolten välinen työjaon mahdollinen vaihtelu (\pm prosenttiyksikkö) on otettu huomioon erikseen hienoista vaihtelua aiheuttavana tekijänä.

Merkittävää on kuitenkin se, että Rantatunnelin toteutusvaiheen allianssisopimus oli sidottu maarakennuskustannusindeksiin, jolloin yleinen kustannustason muutos tuli huomioon otettavaksi tavoitekustannusta korjaavana tekijänä. Riski oli siis tältä osin tilaajan kannettavana. Tästä syytä kustannustasoon liittyvää epävarmuutta selvitettiin ennakkoon maarakennuskustannusindeksin kokonaisindeksin perusteella. Kohteena ovat kuukausitason muutokset samalla tavalla kuin indeksimuutokset otettiin huomioon sittemmin myös itse laskennassa. Indeksien epävarmuuden määrittelyssä tarkastelu rajattiin vuosituhannen vaihteesta työn toteutusajankohtaa edeltävään vuodenvaihteeseen. Indeksiaineistoon sovellettiin tilastollisesti todennäköisyysjakauma, jota käytettiin sitten varsinaisissa laskelmissa. Tarkempi selvitys todennäköisyysjakauman sovitustyöstä esitetään liitteessä A yhdessä tulosten havainnollistusten kanssa. Sovituksen tuloksena indeksiepävarmuutta edustaa laskennassa Studentin t -jakauma taulukossa 7 esitettävien parametrein.

Taulukko 7. Markkinoiden kustannusmuutosten todennäköisyys.

Jakauma	Parametrit		
	Keskiluku	Laajuus	Vapausaste
Student T	0,002764	0,005929	3

2.5 Toiminnan laatuun liittyvät avaintulosalueet

Kustannustehokkuus on yksi hankkeen tavoite, minkä lisäksi hankkeen kaupallinen malli sisältää muita niin sanottuja avaintulosalueita, joille on rakennettu oma suoritusomittaristonsa ja joiden tulos vaikuttaa palveluntuottajille maksettavaan korvaukseen kustannustoteutuman rinnalla. Päätasolla nämä tulosalueet ovat tässä aikataulu, turvallisuus, käytettävyys ja julkisuuskuva, joskin järjestelmä on paljon laajempi ja moniulotteisempi kuin tämä otsikkotasoinen listaus antaa ymmärtää.

Näissä avaintulosalueissa vaihtelu otettiin huomioon pääosin suoraan tulosmuutujan satunnaisvaihteluna ilman, että tulostavoitteen toteumaa on kytketty esimerkiksi riskeihin tai muuhun kustannustoteutumaan. Aikataulu oli kuitenkin poikkeus tästä, sillä sen osalta vaihtelu muodostui suoraan riskien toteutuman johdannaisena ilman, että mitään muuta satunnaisvaihtelua otettiin huomioon edes täydentävänä.

Tarkemmin oletuksena oli, että kaikkien aikatauluvaikutuksia omaavien uhkien toteutuessa todennäköisyysjakauman maksimiarvon suuruisina, ne viivästyttävät väylän käyttöönottoa puolella vuodella. Aikataulukannustin oli kytketty nimenomaan väyläyhteyden avaamiseen liikenteelle eli yleisemmin R1-vaiheen valmistumiseen. Lisäksi oletus oli, että vähäiset vaihtelut kustannuksissa eivät lisää toteutuksen kestoa, ja aikatauluvaikutuksia oletettiin aiheutuvan vasta sitten, kun uhkien yhteistoteuma ylitti puolet tavoitekustannukseen sisällytetystä vastaavasta varausosuudesta. Sen jälkeen vaikutussuhde oli lineaarinen aina maksimiarvoon asti.

Mahdollisuuksia käsiteltiin vastaavasti hanketta mahdollisesti nopeuttavina tekijöinä siten, että tietty euromääräinen summapoikkeama niissä omasi vastaavan suuruisen mutta vastakkaissuuntaisen aikatauluvaikutuksen kuin uhkien osalta oli arvioitu. Maksimivaikutukseksi muodostui näin noin kaksi kuukautta, sillä aikatauluvaikutuksia omaavia mahdollisuuksia oli huomattavasti vähemmän kuin aikatauluvaikutuksia omaavia uhkia. Riskien aikatauluvaikutusten määrittely tukeutui kokonaisuutena hankkeen avainhenkilöiden näkemykseen. Laskennassa väylän käyttöönottoa edeltävän rakentamisen kustannuksen (R1-vaihe) oletettiin jakautuvan aina tasaisesti edellä mainitulla tavalla kulloinkin muodostuvalle vaiheen kestolle.

Aikataulutavoitteiden rinnalla esiintyneet muut avaintulostavoitteet olivat laskennallisesti erillisiä, eli esimerkiksi riskien tai mahdollisuuksien ei oletettu vaikuttavan niiden mukaiseen toteutumaan eikä niillä ollut myöskään keskinäisiä riippuvuuksia. Näihin tavoitteisiin kuuluivat turvallisuus-, käytettävyys- ja julkisuuskuvatavoitteet. Tavoitetaso oli asetettu aiempien havaintojen pohjalta haasteelliseksi, joten todennäköisimmäksi toteuma-arvoksi avainhenkilöt arvioivat tyypillisesti hienoisen tavoitetaso alittamisen. Positiivisella puolella myös asteikon maksimiarvot säilyivät mukana ennakoimassa täydellisen onnistumisen mahdollisuutta, mutta epäonnistussaankin allianssin uskottiin pysyvän kaukana määriteltyjen tulosasteikkojen alimista arvoista. Näin ollen läheskään koko pisteskaala ei tullut käyttöön simuloinnissa. Eri avaintulosalueiden välillä oli luonnollisesti perusteltuja ja johdonmukaisia eroavaisuuksia, vaikka tässä ei näihin yksityiskohtiin mennä.

Kaupallisessa mallissa avaintulostavoiteosiota täydensivät yksilöidyt negatiiviset ja positiiviset muutostekijät, joille hankkeen avainhenkilöt arvioivat myös todennäköisyydet ennakoasetelmia mukailleen. Positiivisten muutostekijöiden osalta

uskottiin päästävän hyvään tulokseen, mutta negatiivisten muutostekijöiden osalta pisteiden kertymisen todennäköisyys oletettiin pienemmäksi. Positiivisten muutostekijöiden osalta todennäköisyydet määriteltiin myös sopimuksessa käytettyä pisteytysmenettelyä orjallisesti noudattaen, eli jakaumat olivat diskreettejä, kun kyseinen muutostekijä saattoi saada (portaittain) vain tiettyjä, ennalta määriteltyjä arvoja, eikä jatkuvan jakauman käyttö olisi vastannut kaupallisen mallin ehtoja.

Negatiiviset muutostekijät koostuivat sen sijaan häiriöistä, jotka voivat periaatteessa toistua hyvinkin monia kertoja hankkeen aikana ja joilla kukin yksittäinen tapahtuma omaa pistevaikutuksen, joka on vieläpä riippuvainen aiemmista toteutumista. Siksi negatiivisten muutostekijöiden mahdollista toteutumaa approksimoitiin kolmiojakaumalla, joka yleisesti ottaen oletti negatiivisia muutostekijöitä esiintyvän huonoimmillaankin melko maltillisessa määrin suhteessa teoreettiseen maksimiin. Toki sekä positiivisille että negatiivisille muutostekijöille oli myös sopimuksessa maksimiarvot, joten vaikutus tuli rajattavaksi myös siitä syystä jo muutoinkin.

Varsinaisia negatiivisia muutostekijöitä täydensivät allianssisopimuksen kaupallisessa mallissa niin sanotut järkyttävät tapahtumat, joille oli omat sanktiomekanisminsa. Näiden osalta oletus kuitenkin oli, että hankkeessa tehdään kaikki voitava järkyttävien tapahtumien välttämiseksi, eikä järkyttäviä tapahtumia siksi myöskään oletettu tapahtuvan tai otettu huomioon tässä laskennallisessa tarkastelussa.

2.6 Kaupallinen malli kokonaisuutena

Hankkeen maksuperustejärjestelmä (tai ns. kaupallinen malli) muodosti keskeisen osan laskelmia. Lähtökohtaisesti kustannustoteumaa verrataan hankkeen tavoite-kustannukseen, ja osapuolet jakavat näiden erotusta, alitusta tai ylitystä taulukon 8 tarkemmin osoittamalla tavalla. Jako-osuudet vaihtelevat vyöhykkeittäin: eroa ei ole ainoastaan kustannusylitysten ja -alitusten välillä, vaan myös alitusten suuruuden johdosta. Hyvä kustannustehokkuus kasvattaa myös hankkeen lisäpalkkiorahastoa eli sitä osaa, mistä palveluntuottajat voivat saada lisäpalkkiota, jos allianssi onnistuu ylittämään avaintulosalueiden tavoitteet hankkeen toteutuksessa.

Taulukko 8. Kustannusalitusten ja -ylitysten jako-osuudet.

	Alitusten jako-osuudet		Ylitysten jako-osuudet
	Alitus > 5 % (*)	Alitus 0...5 %	Ylitys > 0 %
Tilaaajat	40 %	30 %	50 %
Palveluntuottajat	30 %	50 %	50 % (**)
Lisäpalkkiorahasto	30 %	20 %	–

*) Jako-osuudet ovat voimassa mainitun rajan ylittävällä kustannusalituksen osalla, ja raja on asti noudatetaan pienemmän alituksen jako-osuuksia.

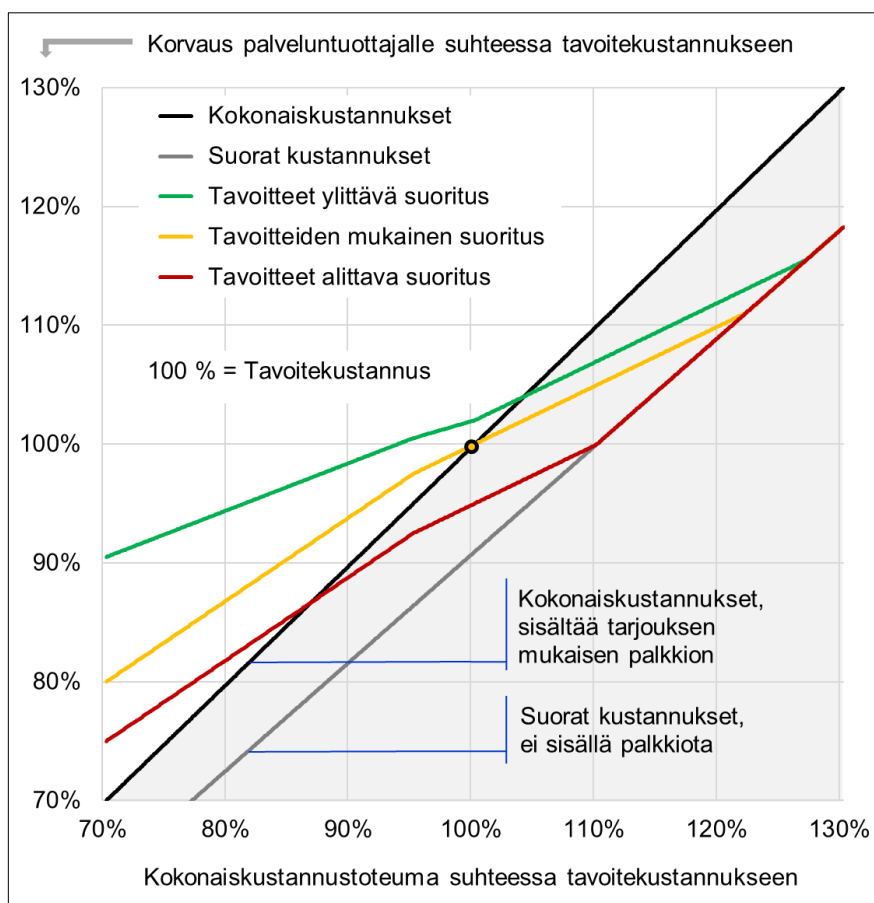
***) Palveluntuottajan kustannusten ylitysosuuden ja palkkionvähennyksen yhteis-summa on kuitenkin rajattu kaikissa tapauksissa palkkion suuruiseksi.

Taulukko 9. Lähtökohtaiset lisäpalkkiorahasto- ja palkkiovähennysmäärittelyt.

Lisäpalkkiorahasto	2 % alkuperäisestä tavoitekustannuksesta (*)
Palkkiovähennys	5 % alkuperäisestä tavoitekustannuksesta (**)

*) Määriteltävä rahaerä kuvaa tilaajan lisäpalkkiorahastoon sijoittamaa (kustannustoteutumasta riippumatonta) summaa, joka yhdessä mahdollisen tavoitekustannuksen alituksesta saatavan summan kanssa vastaa täydellisestä avaintulosalueiden toteutumasta maksettavaa lisäpalkkiota.

***) Määriteltävä rahaerä vastaa sellaisenaan avaintulosalueiden toteutuksessa tapahtuneen täydellisen epäonnistumisen johdosta tehtävää palkkiovähennystä, johon kustannustoteuma ei lähtökohtaisesti vaikuta (ellei tappionrajausehdon soveltamisesta sittemmin muuta johdu).

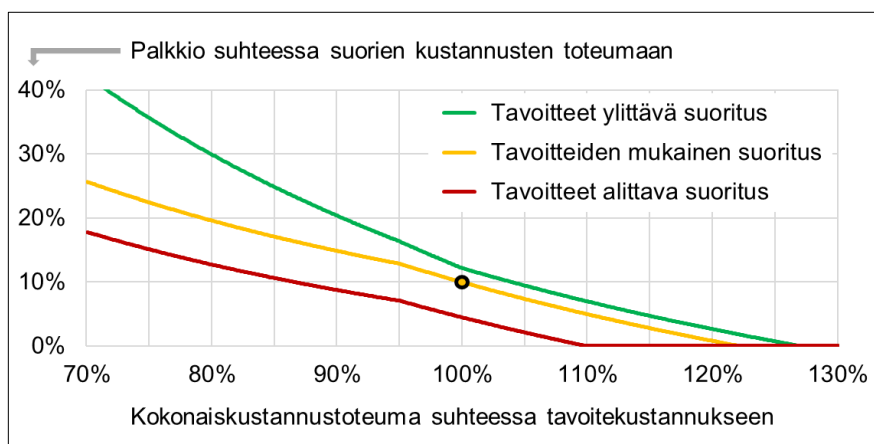


Kuva 1. Korvaus palveluntuottajalle erilaisilla (kustannus)suoritustasoilla.

Lisäpalkkiorahastossa on jo alkujaan tilaajan ennakkoon asettama alkupääoma muun muassa siksi, että avaintulosaluekannustin puuttuisi muutoin kokonaan siinä tapauksessa, ettei tavoitekustannusta kyetä alittamaan. Toisaalta palveluntuottajan palkkioon voidaan tehdä myös vähennys, mikäli avaintulosalueiden tulos ei yllä tavoitteeseen. Lisäpalkkiorahaston alkupääoma ja palkkiovähennyksen maksimiumma on määritetty suhteessa alkuperäiseen tavoitekustannukseen (taulukko 9).

Kuva 1 havainnollistaa maksuperustejärjestelmän toimivuutta kokonaisuutena. Korvauksen määrittelyn lähtökohdaksi on kustannustoteuma, joka yhdessä tavoitekustannuksen ja kustannusalitusten ja -ylitysten jako-osuuksien kanssa määrittelee summan, joka tulee sellaisenaan palveluntuottajille korvattavaksi, mikäli suoritus muutoin täyttää avaintulostavoitteet, mutta ei ylitä niitä. Tämä vaihtoehto esitetään kuvassa keltaisella. Mikäli avaintulosalueiden suoritus sen sijaan ylittää tai alittaa tavoitteet, poikkeaa korvaussumma myös suorassa suhteessa tavoitepoikkeamaan siten, että maksimissaan palveluntuottajille voidaan korvata vihreän viivan ja heikoimmillaan punaisen viivan mukaisesti. Viivojen väliin sijoittuvat arvot ovat siis mahdollisia kaikilla kustannussuoritusasoilla. Kustannusten ylittyessä merkittävästi ovat viivat yhtenevät, eli palveluntuottajille maksetaan aina vähintään työstä aiheutuvat suorat kustannukset, koska palkkiovähennys on rajattu palkkion menettämiseen. Viimemainittuun ratkaisuun viitataan jäljempänä tappionrajausehtona.

Kuva 2 puolestaan havainnollistaa sitä, miten palveluntuottajien kokonaispalkkio käyttäytyy vastaavissa tapauksissa, kun palkkio suhteutetaan suoriin kustannuksiin. Kustannusten pienentyessä palkkioprosentti kasvaa siis suhteessa enemmän kuin vastaava euromääräinen palkkio. Kuvien havainnollistukset eivät ota huomioon toimijoiden erilaisia palkkionmäärittelyn käytäntöjä (kiinteä vs. prosenttipohjainen), vaan kuvat on laadittu oletuksella (aiemmin johdetusta) konsortion kymmenen prosentin peruspalkkiosta, vaikka prosenttiosuus toki vaihtelee osapuolten työosuuksien vaihdellessa. Tältä osin kyseessä on siis yksinkertaistus, vaikka laskelmissa jäljempänä erilaiset palkkionmäärittelyt otetaan huomioon todellisuutta vastaavasti.



Kuva 2. Palveluntuottajan kokonaispalkkio erilaisilla (kustannus)suoritusasoilla.

3 Menetelmät ja laskennan toteutus

3.1 Taloudellinen mallintaminen

Selvitystyö perustui lähtökohtaisesti yhden toteutetun allianssihankeeseen eli Rantatunneli-hankkeen taloudelliseen mallintamiseen. Mallintamisella viitataan tässä hankkeen kustannusten ja edelleen palveluntuottajalle maksettavan korvauksen muodostumiseen vaikuttavien tekijöiden ja laskentasääntöjen huomioon ottamiseen ja kirjaamiseen taulukkolaskentaohjelmaan (Excel). Näin menetellen hankkeen kaupallista mallia oli mahdollista testata monilla erilaisilla lähtötiedoilla ja lähtötietoyhdistelmillä, kun laskenta toistettiin useita kertoja epävarmuus huomioon ottaen.

Mallinnustyö perustui korostetusti hankkeen kehitysvaiheessa luotuun kustannusarvioon ja toteutusvaiheen sopimukseen. Ensin mainittu avaa hankkeen kustannusrakenteen ja hankkeeseen sisältyvät riskit mahdollisine kustannusvaikutuksineen. Jälkimmäinen taas kuvaa hankkeen maksuperusteet (eli ns. kaupallisen mallin), jotka sisältävät muun muassa sopimuksen tavoitekustannuksen ylitysten ja alitusten jaon sekä muun eri avaintulosalueisiin perustuvan lisäpalkkiojärjestelmän.

Alkuperäiset Rantatunneli-hankkeen suunnitelmia ja sopimusehtoja mukailevat laskelmat muodostavat selvitystyön niin sanotun perustapauksen. Sen rinnalla tarkasteltiin myös joitakin vaihtoehtoisia tilanteita ja ratkaisuja, joiden koettiin avartavan yleisesti kuvaa maksuperustemallin toimivuudesta ja herkkyydestä. Nämä muut vaihtoehdot esitellään tarkemmin jäljempänä (ks. luku 3.4).

3.2 Jakaumapohjainen simulointi

Työn lähtökohta oli tarve ymmärtää paremmin allianssin maksuperusteiden toimivuutta nimenomaan epävarmuutta sisältävissä hankkeissa. Siksi hankkeen riskit ja yleisemmin lähtötietojen epävarmuus otetaan tarkastelussa huomioon todennäköisyysjakaumilla siten, että lähtöarvot voivat simuloitaessa vaihdella näiden todennäköisyysjakaumien määrittämällä vaihteluväleillä ja todennäköisyyksillä. Simuloinnilla viitataan siihen, että taloudellinen malli lasketaan läpi tuhansia kertoja, jolloin epävarmuus tulee näkyväksi myös laskennan tulotarvoissa. Kun eri muuttujien lähtöarvot määrittyvät kullekin laskentakierrokselle (tyypillisesti) toisistaan riippumattomasti, saadaan simuloinnin tuloksena käytyä läpi periaatteessa kaikki lähtötietojen yhdistelmät niiden esiintymistodennäköisyyksiä painottaen. Samalla saadaan kuva

siitä, millaisia eri tulosmuuttujien arvot ja niiden pääpiirteiset esiintymistodennäköisyydet ovat. Nämä konkretisoituvat tarvittaessa todennäköisyysjakaumina (erityisesti mikäli niihin tehdään ns. jakaumasovitus) ja niiden kertymäfunktiona sekä edelleen tilastollisina tunnuslukuina ja varmuus- tai riskitasoina (joko suoraan tulosaineistoista tai vastaavista jakaumasovituksista).

Tarkemmin kyse on niin sanotusta Monte Carlo -simuloinnista, jossa nimi viittaa juuri satunnaisuuden hyödyntämiseen laskennassa käytettävien alkuarvojen määrittelyssä. Tosin Monte Carlo -simulointia käytetään tässä arkikielen yleisnimityksenä ilman, että se olisi nimenomaisesti sidottu kyseisellä nimellä tunnettuun otantamenetelmään, sillä satunnaislukujen määrittelyssä tukeuduttiin työssä niin sanottuun latinalaiseen hyperkuutio-otantaan (Latin hypercube sampling). Simulointia varten oli käytössä Excel-ohjelmistoa täydentävä erillinen kaupallinen lisäosa (addin) Oracle Crystal Ball. Yksi simulointiajo sisälsi aina 100 000 laskentakierrosta.

3.3 Todennäköisyysjakaumien sovitus

Jakaumasovitus viittaa menettelyyn, jossa tiettyyn olemassa olevaan havainto- tai tulosaineistoon sovitetaan sitä parhaiten kuvaava matemaattinen jakauma. Tässä yhteydessä menettelyä hyödynnettiin sekä simulointia edeltävässä lähtötietomäärittelyssä että tulosten havainnollistamisessa. Liitteessä A esitettävässä työssä määriteltiin laskentamalliin vietävä maarakennuskustannusindeksin käyttäytymistä kuvaava tilastollinen jakauma toteutuneen indeksitiedon perusteella. Liitteissä B ja C sovitukset kohdistuivat hankkeiden kustannusarvio- ja toteumatietoihin tarkoituksenaan pohjustaa työssä tehtäviä epävarmuuden laajuutta koskevia linjauksia. Työn keskiössä olevassa Rantatunneli-hankkeen tarkastelussa numeeriset tulokset perustuvat suoraan simulointiin, mutta yhteenvedon havainnollistukset (luku 6.4) ovat niin ikään simuloinnin tulosmuuttujiin sovitettuja todennäköisyysjakaumia.

Simuloinnissa käytettyä Crystal Ball -ohjelmaa käytettiin myös todennäköisyysjakaumien sovituksia tehtäessä. Sen lisäksi sovituksia tehtiin myös toisella vastaavalla taulukkolaskentaohjelmalla täydentävällä lisäosalla, Simulación 5.0 -vapaaohjelmalla (Freeware). Sovitusten kelpoisuuden ja paremmuuden arvioinnissa oli käytössä Anderson-Darling-testi (Anderson-Darling statistic, A-D) ja mahdollisuuksien mukaan Akaiken informaatiokriteeri (Akaike information criterion, AIC).

3.4 Vaihtoehtoiset tarkastelut

Rantatunneli-hankkeen sopimukseen sisältyi indeksiehto, jonka mukaan tilaaja kantaa yleiseen kustannustason muutokseen liittyvän riskin. Kehitysvaiheen määrittelymään hankelaajuuteen kiinnitetyn tavoitekustannuksen oli määrä muuttua kustannustasomuutosten mukaisesti. Myös hankeriskien jaosta oli sovittu osapuolten kesken siten, että tilaaja otti kantaakseen tiettyjä erityisen suurta epävarmuutta sisältäviä riskejä. Tunnistettujen riskien koettiin puolestaan olevan jotakuinkin erillisiä, eli yhden riskin realisoiduminen ei näin aiheuttaisi muita suunnitelmapoikkeamia.

Tällainen Rantatunneli-hankkeen sopimus- ja suunnitelmatilannetta vastaava laskelma on myös tämän selvitystyön *perustapaus (vaihtoehto 0, VE0)*, minkä lisäksi selvitystyössä tehdään vertailumielessä myös kahdeksan vaihtoehtoista laskelmaa. Niissä poiketaan joiltakin osin muun muassa juuri edellä luetelluista oletuksista, kuten taulukossa 10 esitetään. Kokonaisuutena vaihtoehdot ovat seuraavat:

- **Vaihtoehto 1** olettaa, että markkinoiden hintatasossa ei tapahdu muutoksia eli kustannustason oletetaan olevan vakio eikä se näin ollen aiheuttaisi hankkeelle mitään epävarmuutta. Oletus on sinänsä epärealistinen, ja vaihtoehdolla on lähinnä tarkoitus havainnollistaa tämän keskeisen epävarmuustekijän vaikutuksen suuruusluokkaa ja toisaalta päästä paremmin käsiksi muista tekijöistä aiheutuvaan epävarmuuteen.
- **Vaihtoehto 2** poikkeaa perustapauksesta siinä, että tavoitekustannusta ei ole sidottu indeksiin eli riski kustannustason muutoksista on siirretty kokonaan allianssin kannettavaksi. Tällainen sopimus ei luonnollisesti voisi toteutua samalla tavoitekustannuksella, ja siksi myös tavoitekustannusta on nyt korotettu siten, että se ottaa huomioon tasaisena koko hankkeen keston jatkuvan markkinoiden keskimääräisen kustannusnousun.
- **Vaihtoehto 3** keskittyy laajuusmuutosten tarkasteluun. Oletuksena on tietty rakentamisvaiheessa sovittava hankelaajuutta kasvattava muutoskokonaisuus, joka tässä on kiinteä kymmenen prosenttia alkuperäisestä tavoitekustannuksesta. Hankkeen arvioidut riskit eivät silti muutu, mikä on asiallinen oletus myös käytännössä. Laajuuden kasvu jakautuu kustannusarvion eri osiin niiden alkuperäisessä suhteessa (ml. ajoittuminen).
- **Vaihtoehto 4** keskittyy riskisuuteen, jonka tilaaja korvaa palveluntuottajalle perustapauksessa toteutuman mukaisena. Nyt oletus on, että myös kyseiselle osuudelle lasketaan tavanomainen riskisuuden oletusarvion perustuva lisävaraus, joka lisätään tavoitekustannukseen, minkä jälkeen allianssi ottaa myös kyseisen riskiosan kannettavakseen. Hankkeessa oli yksi tämänkaltaisen riski pilaantuneeseen maaperään liittyen.
- **Vaihtoehto 5** tarkastelee tilannetta, jossa hankkeen riskit ovat suuremmat kuin mitä hankkeessa oli arvioitu. Näin siksi, että tapaustutkimushankkeen kustannusarvion sisällytetty epävarmuus on suhteellisen vähäistä verrattuna muutamissa muissa allianssihankeissa arvioituun epävarmuuteen nähden (vrt. liite C).⁸ Vaihtoehdossa kaikkien riskien laajuus kasvaa lähtökohtaisesti viisinkertaiseksi alkuperäisiin arvioihin nähden (eli riskien alkuperäiset varaukset ja sen myötä myös maksimiarvot on kerrottu viidellä).

⁸ Liitteessä C tarkastellaan neljän allianssihankeiden kustannusarvioiden laadinnan yhteydessä tehtyjä riskianalyyssejä. Hanke A on tapaustutkimushanke, ja siinä epävarmuus on kaikista vähäisintä. Suurimmillaan epävarmuus on hankkeessa C, jossa se on lähes neljä ja puoli kertaa hankkeen A epävarmuus tarkasteltaessa kustannusten todennäköisyysjakauman keskijohdotta (2,84 % / 0,64 %) tai 90 % simuloituista tapauksista kattavaa vaihteluväliä (9,33 % / 2,10 %). Näin ollen on perusteltua olettaa, että myös viisinkertainen vaihtelu on hyvinkin mahdollinen, ja se tarjoaa samalla sopivan puolipyyöreän luvun vertailuun. Toisaalta liitteessä B luodaan katsaus ulkomaisten allianssihankeiden kustannustoteutuman vaihteluun, ja sen mukaan todellinen epävarmuus olisi vielä paljon suurempaa.

Taulukko 10. Selvitystyön vertailutapausten määrittely.

Vaihtoehto	Nimi	Indeksi- sidonnaisuus	Laajuus- muutos	Tilaaajan riskit	Riskien laajuus	Riskien korrelointi	Tappion rajaus
0	Perustapaus	Kyllä	Ei	Kyllä	1 ×	Ei	Kyllä
1	Kustannustaso vakio	–	Ei	Kyllä	1 ×	Ei	Kyllä
2	Kustannustasoriskin siirto	Ei	Ei	Kyllä	1 ×	Ei	Kyllä
3	Laajuusmuutos	Kyllä	Kyllä	Kyllä	1 ×	Ei	Kyllä
4	Tilaaajan riskien siirto	Kyllä	Ei	Ei	1 ×	Ei	Kyllä
5	Riskien kasvu	Kyllä	Ei	Kyllä	5 ×	Ei	Kyllä
6	Riskien korrelointi	Kyllä	Ei	Kyllä	1 ×	Kyllä	Kyllä
7	Suuri epävarmuus	Kyllä	Ei	Kyllä	20 ×	Ei	Kyllä
8	Suuri epävarmuus ilman tappionrajausehtoa	Kyllä	Ei	Kyllä	20 ×	Ei	Ei

- **Vaihtoehto 6** paneutuu riskien mahdolliseen yhteisesiintymiseen. Vaihtoehdossa oletetaan ensinnäkin, että kaikki uhkat korreloivat keskenään eli yhden uhkan realisoituminen nostaa muiden uhkien toteutumistodennäköisyyttä. Vastaava oletus on tehty myös kaikkien mahdollisuuksien keskinäisiin riippuvuuksiin, mutta uhkien ja mahdollisuuksien välillä ei yhteyttä ole. Korrelaatiot ovat kaikissa esitetyissä tapauksissa 0,5, eli kyseessä on edelleenkin vain kohtalainen (eikä vielä voimakas) korrelaatio.
- **Vaihtoehto 7** olettaa, että hankkeen riskit ovat radikaalisti suuremmat, mitä hankkeessa (tai edes liitteen C hankkeissa) on alkujaan arvioitu. Ne vastaavat nyt suuruusluokkatasolla sitä, mitä tutkimus on todennut ulkomaisten hankkeiden toteutumista (liite B).⁹ Vaihtoehdossa kaikkien hankkeeseen sisältyvien uhkien ja mahdollisuuksien laajuus muuttuu kaksikymmentäkertaiseksi. Näin mukaan tulee myös sellaisia poikkeamia, jotka jo aktivoivat palveluntuottajien tappiota rajoittavan ehdon.
- **Vaihtoehto 8** noudattaa lähtökohtaisesti vaihtoehdossa 7 noudatettavia oletuksia, eli perusvaihtoehdon riskit on arvioitu kaksikymmentäkertaisiksi. Nyt maksuperusteen määrittelyssä ei kuitenkaan ole mukana ehtoa, jonka perusteella palveluntuottajille maksetaan aina vähintäänkin suorat kustannukset, eli tässä korvaus määräytyy sellaisenaan kustannussuoritustason ja avaintulosalueiden mittarien mukaisesti. Kyseessä on vaihtoehtoa 7 täydentävä ja sen toimintaa havainnollistava vertailutapaus.

⁹ Liitteessä B tarkastellaan hankkeiden kustannusarvioepävarmuutta 60:n lähinnä australialaisen allianssihankkeen avulla. Kustannustasomuutosriskin käsittely on kuitenkin poikkeava.

Kaikki tarkasteltavat vaihtoehdot tukeutuvat niin sanotun perustapauksen (VE0) oletuksiin siltä osin, kun näistä oletuksista poikkeamista ei ole erikseen korostettu. Näin ollen kukin laskelmavaihtoehto poikkeaa perusvaihtoehdosta tyypillisesti vain yhden, tietyn ratkaisun osalta. Toki muutamissa kohdissa sopimusehtojen muutos tuo mukanaan muutoksen myös tavoitekustannukseen, ja viimeisessä vaihtoehdossa riskit kasvavat samalla, kun tappiota rajoittava ehto poistuu käytöstä.

Vaikka pelkistetyt nimettyihin muutoksiin keskittyvät vertailulaskelmat havainnollistavat tehokkaasti juuri tiettyjen muutostekijöiden suoria vaikutuksia, ei vertailu ole välttämättä riittävä toimintatapavaihtoehtojen aidon vertailun näkökulmasta. Näin siksi, että epävarmuuden vaihdelleessa muuttuvat myös yritysten taloudelliset tavoitteet ja riskipreemiot liiketoimintaintressien ja riskiasenteiden ohjaamana, ja tätä tekevät mekaaniset vertailulaskelmat eivät kykene ottamaan huomioon.

3.5 Keskeiset välitulomuuttujat

Hankkeen maksuperustejärjestelmä ja tämän selvitystyön laskelmat sisältävät monia muuttujia ja niiden välisiä suhteita, joita on pyritty selittämään sekä mallin rakennetta edellä kuvattaessa että tuloksia jäljempänä raportoitaessa. Muuttujien tarkoitteiden oletetaan olevan pääosin ilmeisiä käytettyjen kuvaavien käsitteiden johdosta.

Palveluntuottajille maksettavan korvauksen laskenta toteutetaan ja raportoidaan kuitenkin vaiheittain, mikä on pakottanut määrittelemään ehkä jopa hieman väkimmäisiä käsitteitä tältä osin. Näiden käsitteiden sisältö on tarkemmin seuraava:

- **Kustannusperusteinen korvaus.** Euromääräinen summa kuvaa lähtökohtaisen korvauksen sellaisena, miksi se muodostuisi, jos kustannustoteutuman ohella vain tavoitekustannuksen alitusten ja ylitysten jako-osuudet vaikuttaisivat korvauksen määräytymiseen. Summa ei ota vielä huomioon avaintulostavoitteiden toteutuman palkkiovaikutuksia tai sitä, että palveluntuottajien riski on rajattu palkkion menettämiseen ja varsinaiset toteutuneet suorat kustannukset maksetaan palveluntuottajille aina.
- **Suoritusperusteinen korvaus.** Euromääräinen summa kuvaa palveluntuottajille maksettavaa korvausta sellaisena, miksi se muodostuisi, jos kustannussuorituksen (kustannusperusteinen korvaus) lisäksi otetaan huomioon eri avaintulosalueiden (aikataulu, turvallisuus, käytettävyys ja julkisuuskuva) ja niihin kytkeytyvien muutostekijöiden (positiiviset ja negatiiviset) kokonaisvaikutus. Näin ollen suorien kustannusten maksamisen minimiehtoa tai järkyttävän tapahtuman vaikutusta ei ole otettu vielä huomioon.
- **Sopimusperusteinen korvaus.** Euromääräinen summa kuvaa kaupallisen mallin mukaista palveluntuottajille maksettavaa korvausta sellaisena kuin se tulee lopulta sopimuksen mukaan maksettavaksi. Kustannus- ja avaintulosalueiden suorituksen (suoritusperusteinen korvaus) lisäksi otetaan huomioon se, että palveluntuottajien riski on rajattu palkkion menettämiseen (ns. tappionrajaus). Myös niin sanotun järkyttävän tapahtuman mahdollinen vaikutus otetaan huomioon tässä lähtökohtaisesti, vaikka laskelmissa ei oleteta sellaista nyt esiintyvän.

3.6 Simulointitulosten tarkkuudesta

Simulointi ei tuota matemaattisesti eksaktia tulosjakaumaa, vaan tuloksessa näkyy myös satunnaisuuden tuoma vaihtelu. Taulukko 11 paneutuu tähän vaihteluun esittämällä neljä lähtökohtaisesti identtistä simulointia tarkoituksenaan määrittää tilaajalle aiheutuvat kustannukset (euroina) niihin liittyvä epävarmuus mukaan lukien. Taulukon vasemmanpuoleinen sarake määrittelee muuttujat, ja neljä seuraavaa saraketta esittää vertailutapaukset. Näistä ensimmäinen (tulostiedot) kuvaa selvitystyön tuloksena jäljempänä esitettävät ja käsiteltävät laskelmat. Kolme seuraavaa saraketta (vertailut A–C) esittävät vastaavat tulokset, kun simulointi on toistettu kolme kertaa lähtökohtaisesti täsmälleen samanlaisena.¹⁰

Taulukon yläosassa esitetään simulointien tuottamat prosenttipisteet (0 %...100 %) eli sellaiset arvot, joiden alapuolelle sijoittuu mainitun prosenttiluvun osoittama osuus 100 000 kierroksen simuloinnin tuloksista. Simuloinnin kierrosmäärä on yleiseen käytäntöön nähden hyvinkin ylenpalttinen, mutta pyrkimys oli eliminoida mahdollisesti liian vähäisestä kierrosmäärästä johtuvat eroavaisuudet.

Taulukon alaosassa esitetään simulointien tuottamat, vasemmalla nimetyt muut tunnusluvut. Taulukossa oikealla esitetään puolestaan tunnuslukuja näiden neljän simulointikierroksen tietyille prosenttipisteille ja muille tunnusluvuille, eli kyse on näissä tapauksissa aina saman rivin neljään rinnakkaiseen vertailuarvoon (tulostiedot, vertailut A–C) kohdistuvasta laskelmasta.

Tehdyn neljän simuloinnin perusteella on jo ilmeisen selvää, että laskelmissa ei päästä hanketason kustannuserien osalta yleisesti ainakaan alle 100 000 euron tarkkuuteen (vaikka eri simulointien tuottamien aineistojen keskiarvo onkin tähän nähden hyvinkin vakaa). Näin ollen selvitystyön euromääräiset tulokset esitetäänkin tulostaulukossa jäljempänä (taulukko 12) pyöristettynä sadan tuhannen euron tarkkuuteen (eli ne esitetään miljoonina euroina yhdellä desimaalilla). Satunnaisuuden tuoma vaihtelu on syytä pitää mielessä myös tuloksia muutoin tulkittaessa, vaikka grafiikkakuvissa esitettävät luvut on esitetty ilman vastaavia pyöristyksiä.

Toinen havainto on, että erot eri simulointikierrosten välillä kasvavat jakauman liepeitä kohti. Esimerkiksi prosenttipisteiden 1 ja 99 kohdalla lähestytään jo miljoonaluokkaa. Oma tapauksensa ovat vielä simulointien tuottamat ääriarvot (0 % ja 100 %), jotka voivat poiketa toisistaan vielä huomattavasti tätäkin enemmän. Näin ollen selvityksessä ei keskitytä mainittuihin ääriarvoihin eikä grafiikkakuvia myöskään laajenneta siten, että kuva-ala kattaisi välttämättä laskelmien kaikki ääriarvot. Harvoin toistuvien ääriarvojen äärimmäiset yhdistelmät ovat siis alttiimpia satunnaisuuden tuomalle vaihtelulle kuin aineiston keskiosaa edustavat tai aineistoa kokonaisuuksena kuvaavat tunnusluvut.

¹⁰ Ensimmäisenä tehty ja esitetty simulointi edustaa ns. perustapausta selvityksen vaihtoehdotarkastelussa jäljempänä. Näin siksi, että mikään esitetyistä neljästä lähtökohtaisesti identtisestä simuloinnista ei ole niin sanotusti keskimääräinen kaikkien arvojen ja tunnuslukujen osalta, vaan kaikki rinnakkaiset vertailutapaukset näyttäisivät omaavan ääriarvoja joidenkin tunnuslukujen osalta.

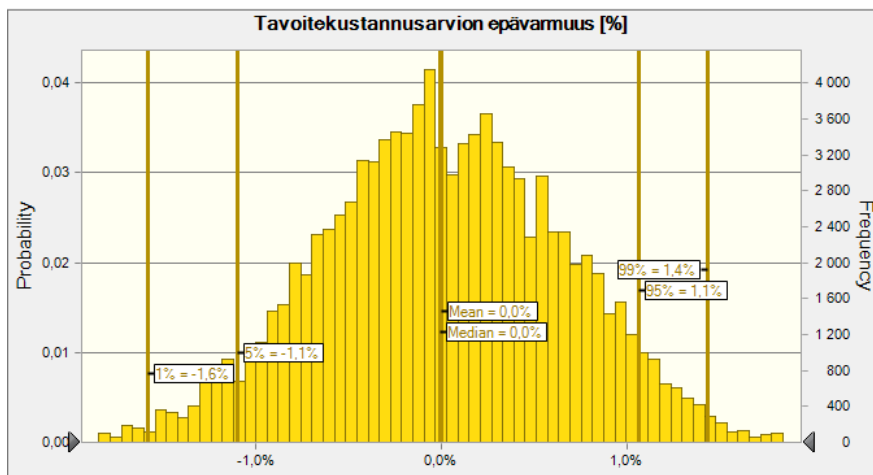
Taulukko 11. Satunnaisuuden vaikutuksen tarkastelu perustapauksen tilaajan kustannusten [€] neljän rinnakkaissimuloinnin avulla.

Prosenttipiste	Tulostiedot	Vertailu A	Vertailu B	Vertailu C	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaihteluväli
0 %	167 794 486	166 708 172	164 150 787	166 362 775	166 254 055	1 324 265	3 643 700
1 %	177 037 505	176 751 357	177 390 966	177 200 585	177 095 103	234 596	639 609
5 %	182 157 038	182 161 730	182 341 807	182 223 817	182 221 098	74 509	184 769
10 %	184 835 507	184 918 399	184 855 305	184 945 996	184 888 802	45 026	110 488
20 %	188 000 885	188 139 263	187 997 932	188 034 135	188 043 054	57 336	141 330
30 %	190 195 763	190 327 692	190 398 922	190 365 111	190 321 872	77 045	203 159
40 %	192 376 596	192 412 422	192 259 764	192 398 766	192 361 887	60 331	152 658
50 %	194 361 135	194 217 296	194 255 221	194 347 309	194 295 240	60 684	143 840
60 %	196 201 847	196 109 236	196 195 017	196 282 351	196 197 113	61 267	173 115
70 %	198 269 600	198 174 750	198 117 877	198 319 443	198 220 418	78 780	201 565
80 %	200 703 244	200 686 756	200 365 199	200 788 924	200 636 031	161 103	423 724
90 %	204 022 600	204 201 698	204 176 944	203 992 129	204 098 343	92 031	209 569
95 %	207 134 520	206 905 304	207 439 509	206 676 445	207 038 944	282 335	763 065
99 %	213 006 128	213 315 679	213 449 338	212 589 582	213 090 182	330 722	859 756
100 %	231 664 514	225 425 974	227 772 797	236 940 638	230 450 981	4 359 234	11 514 663
Keskiarvo	194 393 143	194 391 436	194 396 533	194 395 443	194 394 138	1 983	5 097
Mediaani	194 361 327	194 217 501	194 255 235	194 347 424	194 295 372	60 692	143 825
Vinous	0,13	0,10	0,19	0,07	0,12	0,04	0,12
Huipukkuus	3,17	3,16	3,19	3,15	3,17	0,01	0,04
Keskihajonta	7 611 145	7 602 173	7 569 646	7 534 340	7 579 326	30 215	76 805
Variaatiokerroin	3,92 %	3,91 %	3,89 %	3,88 %	3,90 %	0,02 %	0,04 %
Vaihteluväli	63 870 028	58 717 802	63 622 010	70 577 863	64 196 926	4 218 250	11 860 061

4 Perustapauksen tulokset

4.1 Riskien merkitys hankkeessa

Rantatunneli-allianssin sopimusehtoja ja hankkeen alkuperäistä riskikäsitystä jäljittelevä mallinnus (ns. perustapaus) toimii tässä lähtökohtana kaupallisen mallin toimivuuden tarkastelulle. Hankkeen riskianalyysin mukaan allianssille kohdistuvien riskien (tavoitekustannukseen suhteutettujen) kustannusvaikutusten toteutumistodennäköisyys on kuvan 3 mukainen kustannusarvion laadinta-ajankohdan indeksitasossa tarkasteltuna. Suurimmillaan riskit voisivat aiheuttaa noin ± 2 prosentin poikkeaman tavoitekustannuksesta, vaikka lähes 90 prosentin varmuudella vaikutus jäisi välille ± 1 prosenttia. Epävarmuuden jakauma on pääpiirteissään symmetrinen.

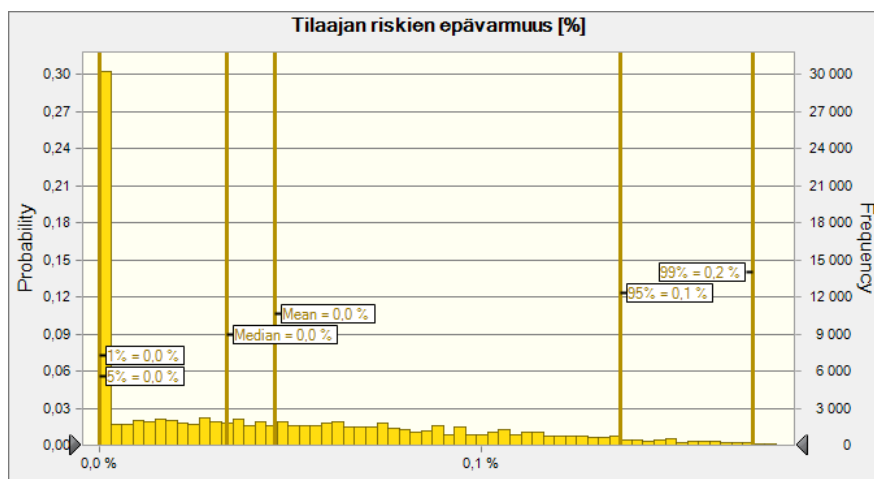


Kuva 3. Allianssille kohdistettujen riskien kustannusvaikutuksen todennäköisyys.¹¹

¹¹ Esitettävissä jakaumakuviissa "Mean" viittaa kaikki laskentakierrokset kattavan aineiston keskiarvoon ja "Median" aineiston mediaaniin eli keskimmäiseen arvoon. Muut luvut kuvaavat tulosarvoa, jota pienempiä on tietty prosenttipisteen määrittelemä osa aineistosta.

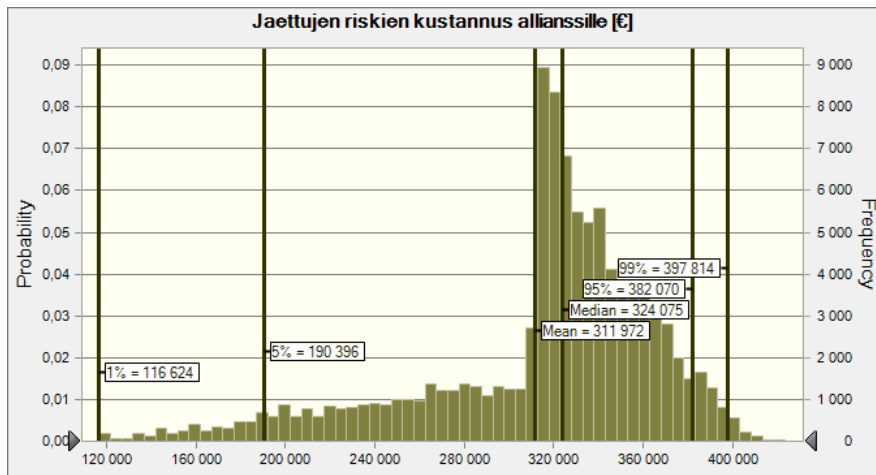
Tilaajan erikseen kantaman riskiosuuden vastaava jakauma esitetään puolestaan kuvassa 4 (kustannusarvion indeksitasolla). Tilaajan riskikustannusten suuri nolla-arvon todennäköisyys (n. 30 %) tarkoittaa luonnollisesti sitä, että tavoitekustannukseen sisällytetty varaus on monissa tapauksissa riittävä kyseiselle riskiteki-jälle eikä tilaajalle aiheudu tällöin riskin realisoitumisesta erillisiä lisäkustannuksia. Nollan oikealla puolella esiintyvät pylväät viestivät sen sijaan tilanteesta, joissa ky-seinen (pilaantuneita maa-aineksia koskeva) varaus ylittyy ja tilaajalle aiheutuu li-sää korvattavia kustannuksia tavoitekustannuksen noustessa vastaavasti.

Pilaantuneiden maiden (PIMA) osalta tilaajan oli siis määrä kantaa pääosa ris-kistä kyseisen varausosuuden ylittävältä osalta. Näin pilaantuneista maa-aineksista syntyviä kustannuksia on myös seurattava erikseen, vaikka muiden riskien toteutu-essa niiden kustannukset kumuloituivat allianssin kustannuksiksi ilman, että (mak-superustemielessä) olisi tarvetta tietää sitä, minkä riskien seurauksena kustannuk-set nousivat. Lisähaastetta tarkasteluun tuo se, että varaus on yhteinen lievästi ja vaikeasti pilaantuneille maille, joilla on kuitenkin erilaiset jako-osuudet varauksen ylittävien kustannusten osalta. Kahdelle osariskille yhteinen varaus pakkaa myös hieman tehokkaammin uhkien toteutumisen kustannuksia allianssille kuin vastaava erillisvarauksiin ja vastaaviin ylitysrajoihin perustuva järjestely tekisi.



Kuva 4. Tilaajalle kohdistettujen PIMA-kustannusten todennäköisyydet.

Tavoitekustannukseen sisältyvä epävarmuus (kuva 3) ja tilaajan riskien epävarmuus (kuva 4) muodostavat yhdessä hankkeen riskien kokonaisepävarmuuden (tarkastelussa käytetyin rajauksin). Visuaalisesti tarkastellen tämä kokonaisepävarmuus ei juurikaan poikkea kuvasta 3, sillä vaikka tilaajan riskien merkitys on oleellinen maksuperustemielessä, sen tuoma epävarmuus on tässä tapauksessa suhteellisesti ottaen niin vähäistä, ettei se juurikaan näy tämän tarkkuustason yhteis-tarkastelussa. Silti taustalla oleva pilaantuneiden maiden riski ansaitsee tulla tarkastelluksi myös allianssin näkökulmasta, koska riskinjako on tältä osin poikkeava.



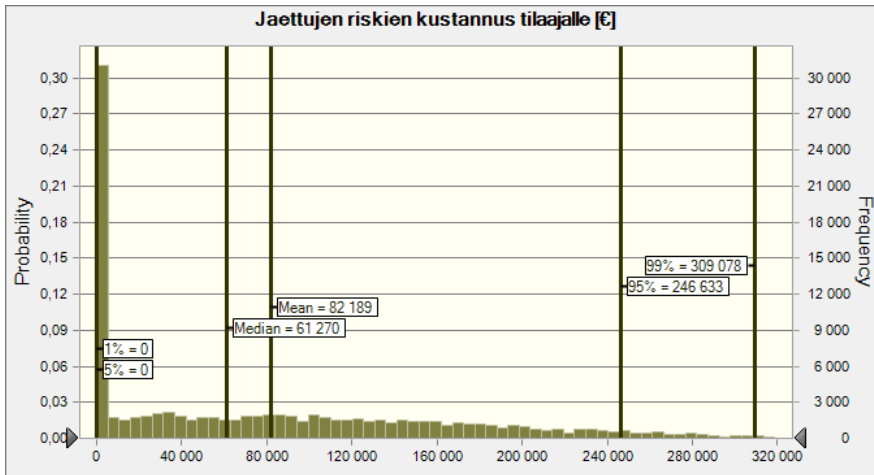
Kuva 5. Jaetuista riskeistä allianssille seuraavien kustannusten todennäköisyydet.

Kuva 5 esittää pilaantuneiden maiden oletettua kustannusjakaumaa allianssin osalta. Sitä tarkasteltaessa on syytä muistaa, että tilaaja kantaa valtaosan pilaantuneiden maiden kustannuksista siltä osin, kun ne ylittävät tavoitekustannukseen sisällytetyn varauksen. Tämä tilaajan osuus on 90 prosenttia vaikeasti pilaantuneiden maiden aiheuttamista kustannuksista ja 75 prosenttia silloin, kun kyse on lievästi pilaantuneista maista (taulukko 6). Kyse ei siis ole siitä, että yhteistarkastelussa välittömästi varauksen yläpuolelle osuvat kustannustoteumat olisivat muita todennäköisempiä, vaan allianssin pieni riskiosuus ikään kuin kokoaa laajallakin vaihteluvälillä esiintyvät ylitykset lähemmäksi varausta, mikä selittää jakauman muodon.

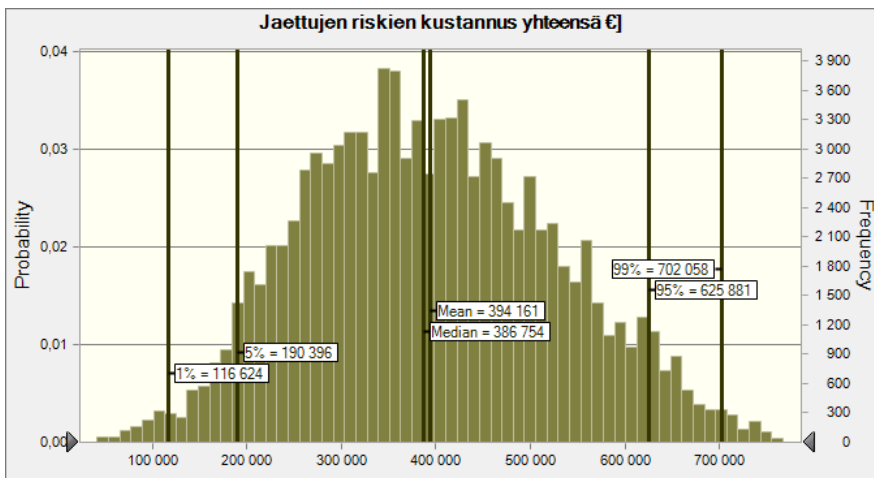
Tilaajan osuus pilaantuneiden maiden euromääräisistä kustannuksista (kuva 6) vastaa jakaumaltaan luonnollisesti sitä, mitä aiemmin on esitetty näistä kustannuksista tavoitekustannukseen suhteutettuna (kuva 4). Vastaavat pilaantuneiden maiden kokonaiskustannukset esitetään kuvassa 7, joka havainnollistaa samalla sitä, kuinka jo kahden korreloimattoman uhkan tapauksessa summatason ääriarvot ovat hyvin epätodennäköisiä. Näin on, koska vasemmalla kustannustoteumia ei esiinny nollan lähellä ja oikealla esiintymän suurimpien arvojen ero (laskentaoletuksena olevaan) maksimiin (n. 870 000 euroa) näyttää olevan vielä suurempi.¹²

Vertailun vuoksi vastaava tarkastelu allianssin kustannusodotteesta esitetään kuvassa 8 sellaisena, millaiseksi se muodostuisi, jos erilaisilla maa-aineksilla olisi omat maalajikohtaiset varaukset ja tilaajan riskien kanto astuisi voimaan erikseen aina kunkin varausosuuden ylittyessä. Tällöin todennäköisyys sille, että allianssi selviää tämän riskin osalta alemmilla kustannuksilla, nousee (vrt. kuva 5).

¹² Tässä on silti huomattava, että simulointiohjelman alkujaan automaattisesti skaalaamien kuvien asteikkoja ei ole yleensä korjattu kattamaan koko kustannusvaihtelua, vaan harvoja ääriarvoja saattaa esiintyä myös kuva-alan ulkopuolella. Esimerkiksi tässä käsitellyssä tapauksessa 100 000 kierroksen simulointi tuotti 120 sellaista arvoa (~1 %), jotka sijaitsevat esitettävän kuva-alan (vaaka-akselin asteikon) ulkopuolella.



Kuva 6. Jaetuista riskeistä tilaajalle seuraavien kustannusten todennäköisyydet.

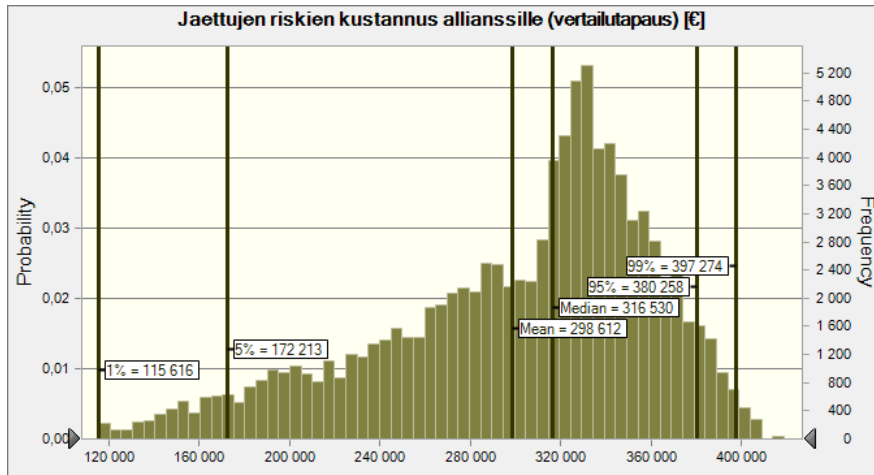


Kuva 7. Jaettujen riskien hanketason kokonaiskustannusten todennäköisyydet.¹³

Vastaavasti todennäköisyys sille, että tilaajalle ei koidu pilaantuneista maista lisäkustannuksia, puolittuu (siitä mitä edellä kuvassa 6 esitetään) ja todennäköisyydet lisäkustannusten eri tasoilla kasvavat vastaavasti.

Vertailu havainnollistaa näin ollen sitä, kuinka hankkeessa noudatettu yhteisva-
rausmenettely pakkaa kustannuksia tehokkaammin allianssin kannettavaksi, kun

¹³ Pilaantuneiden maiden riskitarkastelu vertailutapauksineen (kuvat 5–6) perustuu erillissimulointiin, ja siksi esimerkiksi kuvan 5 grafiikkapylväät eivät ole täysin identtisiä perustapauksen kattavan simuloinnin tuottaman kuvan 4 pylväiden kanssa. Satunnaisuudesta johtuen samankin mallin eri simulointikerrat tuottavat toisistaan hienoisesti poikkeavia tuloksia.



Kuva 8. Vertailutarkastelu allianssin PIMA-kustannuksista (kuvitteellinen).

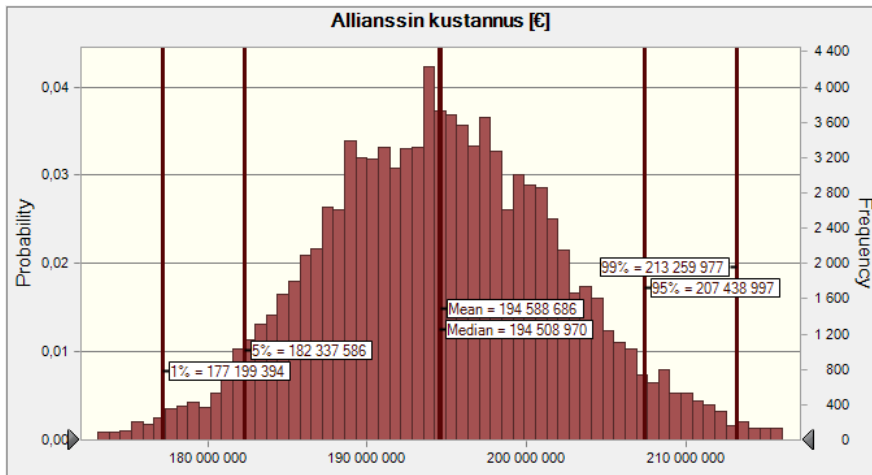
yhden maa-ainestyyppin vähäinen määrä mahdollistaa toisen maa-aineksen suurempien kustannusten sisällyttämisen varausosuuteen. Kuvitteellisen vertailutapauksen erillisvarauksen myötä allianssin PIMA-kustannusten odotusarvo jäisi noin neljä prosenttia pienemmäksi, mitä se on noudatetussa yhteisvarausmenettelyssä (jossa odotusarvo vastasi varausta). Yleisemmin monien riskien yhteiskäyttäytymistä on havainnollistettu pelkistetyn esimerkin valossa julkaisun liitteessä D.

4.2 Allianssin kustannukset ja tavoitekustannus

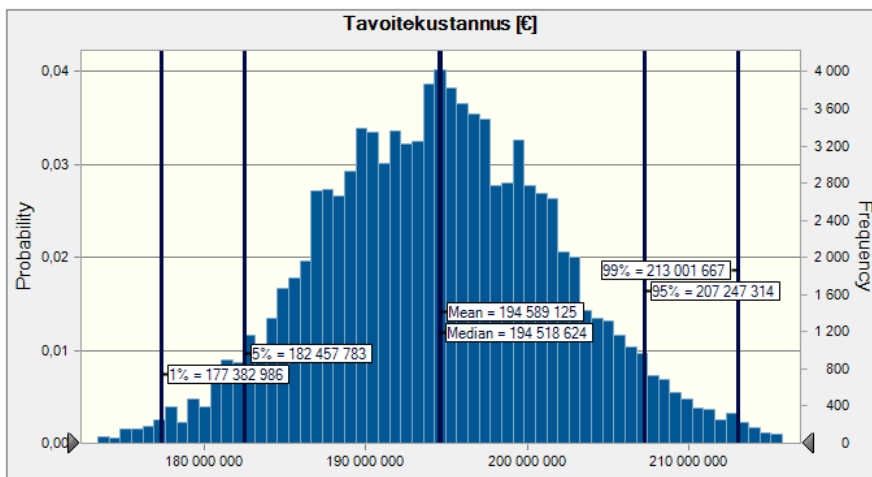
Kuva 9 esittää allianssille muodostuvien kustannusten todennäköisyysjakauman. Kustannusvaihtelu on seurausta korostetusti kahdesta tekijästä: edellä käsiteltävien allianssin riskien tuomasta vaihtelusta sekä kustannustasomuutoksista (indeksi-muutokset). Osalla riskeistä on myös aikatauluvaikutuksia, joten hienoista vaikutusta on myös sillä, että pieni vaihtelu kustannusten ajoittumisessa heijastuu indeksimuutosten vuoksi myös kokonaiskustannusten tasolle. Lisäksi kustannukset sisältävät myös sellaisten (koko hankkeen tasolla vähäisten) toteutuneiden riskien aiheuttamat kustannukset, jotka on sovittu korvattaviksi erikseen tavoitehintaa korottamalla.¹⁴ Vastaava tavoitekustannuksen jakauma esitetään kuvassa 10.

Tavoitekustannuksen ja allianssin kustannuksen jakaumat ovat pääpiirteissään samanlaisia, mikä jo sinällään johdattelee siihen, että kustannustasomuutokset ovat merkittävin kustannusvaihtelua aiheuttava tekijä. Tarkasteltaessa aineistoista 90

¹⁴ Pilaantuneiden maiden tilaajalle allokoituid riskit ovat ainoa tarkasteluun sisällytetty jaettu riski. Esimerkiksi louheen kuljetuskustannukset olivat tietyn ehdon ylittyessä kokonaisuudessa tilaajan kustannuksia, jotka käsiteltiin lisätöinä monien muiden lisätöiden tapaan. Tällaisia erä ei ole sisällytetty tämän selvityksen riskitarkasteluun, joskin lisätöihin liittyvät tarkastelut julkaisussa jäljempänä antavat viitteitä näiden vaikutuksesta yleisellä tasolla.



Kuva 9. Allianssin kautta toteutuvien kustannusten todennäköisyysjakauma.



Kuva 10. Allianssin tavoitekustannuksen todennäköisyysjakauma.

prosenttia kattavaa keskiosaa (prosenttipisteiden 5 % ja 95 % väli) huomataan, että allianssin kustannuksen vaihtelu ei ole juurikaan tavoitekustannuksen vaihtelua suurempi. Toisaalta, jos tarkastelu laajennetaan kattamaan lähes koko aineisto (98 %), kasvaa ero edellistä suuremmaksi. Tämä viitanee siihen, että tavoitekustannuksen ääriarvojen yhteydessä merkittävät kustannuspoikkeamat tulevat näkyviksi, vaikka muutoin suuremmatkin tavoitekustannuspoikkeamat jäävät aineiston sisäiseksi eivätkä erotu tämän tasoisessa yleiskatsauksessa.

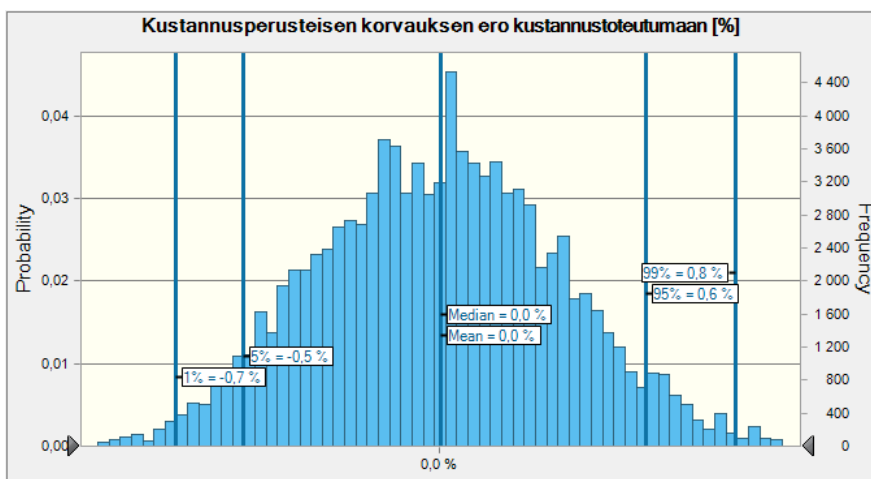
Tarkasteltaessa erikseen kustannustoteutuman (kierroskohtaisesti laskettua) eroa tavoitekustannukseen, lähes 90 prosenttia poikkeamista osuu kahden

miljoonan euron alituksen ja vastaavan suuruisen ylityksen välille. Kolmen miljoonan euron alitus ja ylitys rajaavat jo 98 prosenttia aineistosta. Tarkasteltaessa samaa kustannustoteuman eroa tavoitekustannukseen prosenttiperusteisesti on tulos käytännössä identtinen edellä esitetyn kuvan 3 kanssa, sillä indeksimuutokset muuttavat sekä tavoitekustannusta että allianssin kustannusta samalla tavoin.

4.3 Kustannusriskin jaon ja tavoitealueiden vaikutus

Tavoitekustannuksen ja kustannustoteuman erotus määrittelee yhdessä kustannusylijysten tai -alitusten jako-osuuksien kanssa lähtökohdat allianssille maksettavalle korvaukselle. Tätä korvauksen määrittelyn välitulosta nimitetään tässä kustannuserusteiseksi korvaukseksi. Sen jakauma ei juuri poikkea tavoitekustannuksen ja allianssin kustannuksen jakaumista (vaihtelun ollessa näiden välissä).

Kustannuserusteisen korvauksen poikkeama kustannustoteumasta esitetään kuvassa 11. Kustannusalitusten ja -ylitysten jaon vuoksi poikkeama jokseenkin puollittuu siitä, mitä hankkeen riskitarkastelun perusteella voidaan ennakoida kustannuspoikkeamaksi. Tämä on toki loogista, sillä laskelman taustalla olevat riskioletukset ovat siksi pieniä, että palveluntuottajan osuus alituksissa on ylitysten tapaan puolet (vaikka suuremmilla alituksilla osuus olisi tätä pienempi).

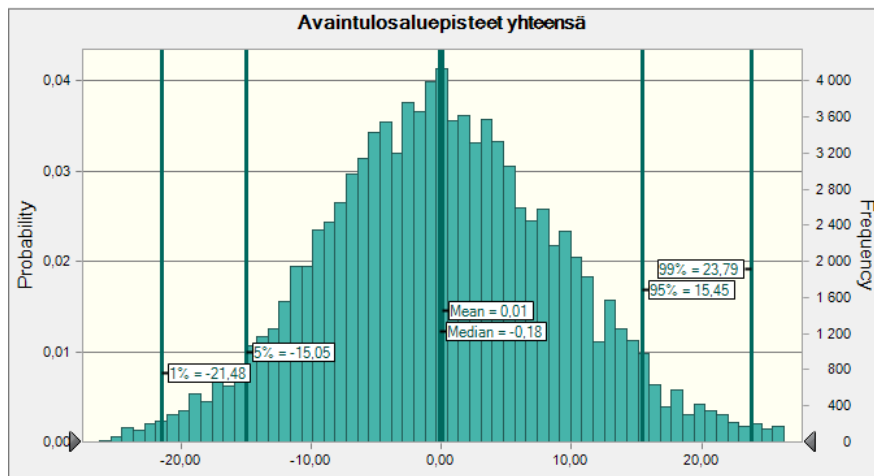


Kuva 11. Kustannuserusteisen korvauksen poikkeama kustannustoteumasta.

Jokseenkin symmetrisen jakauman lievä positiivinen vinous selittyy allianssin kantaman kokonaisriskin negatiivisella vinoudella (mm. uhkien ja mahdollisuuksien poikkeavat varausosuudet). Selvimmin tämä näkyy pilaantuneiden maiden jakaumassa (kuva 5), joskin kyseisen riskin vaikutus osana kokonaisuutta on melko pieni.

Kannustinjärjestelmään sisältyi kustannustavoitteiden lisäksi myös muita korvaukseen vaikuttavia avaintulostavoitteita, joiden mukainen mittaristo oli sopimuksen mukaan kytketty vaihteluvälille ± 100 pistettä (ääriarvojen vastatessa kuvan 1

vihreällä ja punaisella viivalla esitettyjä tapauksia). Tehdyin suoritustaso-oletuksin todennäköinen vaikutusalue näyttäisi kuitenkin olevan kuvan 12 mukainen, eli se on vain neljäsos mainitusta koko asteikon laajuudesta.¹⁵ Avaintulosalueiden kokonaisvaikutus keskittyy lähemmäs neutraalia (ja suurten poikkeamien todennäköisyys pienenee) myös siksi, että se muodostuu useista erillisistä (ei-korreloivista) osapisteityksistä eli tehdyt (ääriarvot pois jättävät) suoritustaso-oletukset selittävät asiaa vain osin (vrt. liite D). Moniulotteisesta pistejärjestelmästä huolimatta odotusarvoinen pistejakauma on summatasolla kuitenkin jokseenkin symmetrinen.¹⁶



Kuva 12. Avaintulosalueiden yhteispistemäärän todennäköisyysjakauma.

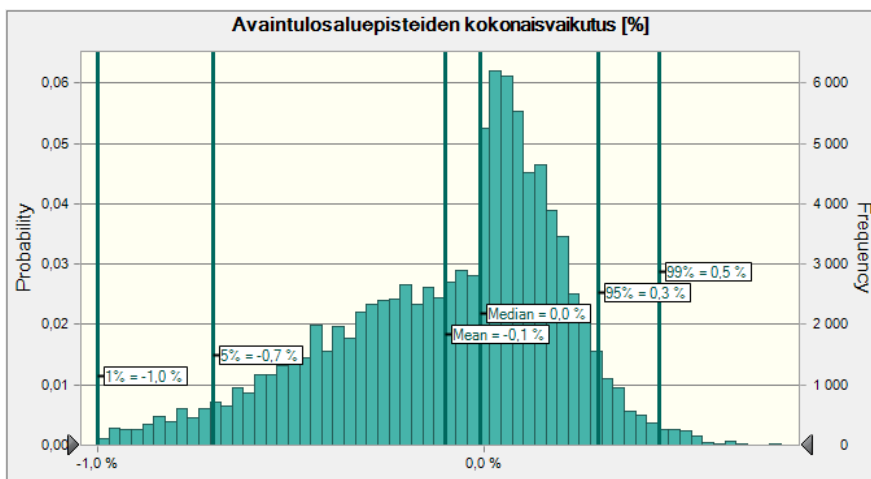
Jos tarkastellaan avaintulosaluepisteiden aikaansaamaa korjausta allianssille maksettavassa korvauksessa (prosentteina kustannusperusteisesta korvauksesta; kuva 13), tämä jakauma ei ole enää lähelläkään symmetristä, vaikka pisteiden keskiarvon, mediaanin ja jopa todennäköisimmän arvon kohdalla korjausta ei tule. Epäsymmetrisyys selittynee sillä, että tilaajan lisäpalkkiorahastoon allokoima kahden prosentin erä (alkuperäisestä tavoitekustannuksesta laskettuna) on pienempi kuin vastaava palkkiovähennyksen maksimiksi määritelly viiden prosentin osuus. Toki lisäpalkkiorahastosumman on mahdollista kasvaa suurten tavoitekustannuksen

¹⁵ Tämä on loogista, sillä määritelmän mukaan asteikon maksimipisteitä vastaava suoritus on "läpimurto-suoritus" ja minimipisteitä vastaava "täydellinen epäonnistuminen", eikä näitä tasoja ole perusteltua pitää hankkeen suunnitteluoletuksina. Näin siksi, että esimerkiksi läpimurto-suoritus on määritetty siten, että vastaavaa ei ole aikaisemmin saavutettu eivätkä osapuolet tiedä, miten tällainen tulos voitaisiin saavuttaa. Tosin kuvasta puuttuvat erittäin harvoin toistuvat ääriarvot ovat tässäkin tapauksessa itseisarvoltaan noin 40 pistettä.

¹⁶ Avainhenkilöiden erillisinä arvioimia tulosten toteutumistodennäköisyyksiä tasapainotettiin kokonaisuutena hienoisesti säätämällä. Tavoite oli saada aikaan järjestelmä, jonka kustannusvaikutuksen odotusarvo on nolla, jolloin koko maksuperustejärjestelmän tuloksia olisi helpompi tulkita. Tämä siitä huolimatta, että hankeosapuolet arvioivat aikanaan todennäköisimmäksi toteuma-arvoksi yleisesti hienoisesta tavoitetason alittamisen (luku 2.5).

alituksen johdosta, mutta tässä esiintyvillä suhteellisen pienillä tavoitekustannuksen alituksilla näin ei käy, joten sillä ei ole vaikutusta. Kustannussuoritus ei myöskään korreloi muiden avaintulosalueasuoritusten kanssa tässä käytetyillä oletuksilla. Näin lisäpalkkiomahdollisuudet pakkaantuvat lähemmäksi neutraalia 0-kohtaa, kun sanktiopuolella vastaava todennäköisyysmassa jakaantuu laajemmalle alueelle, vaikka avaintulosalueiden pisteiden todennäköisyysjakauma onkin symmetrinen.

Lisäpalkkion ja palkkiovähennyksen maksimimäärien poiketessa toisistaan odotusarvoksi muodostuu lähes 200 000 euron palkkiovähennys¹⁷, vaikka avaintulosalueiden mediaanivaikutus on edelleen lähtökohtaisesti neutraali (yksittäisen simuloinnin satunnaisuus huomioon ottaen).

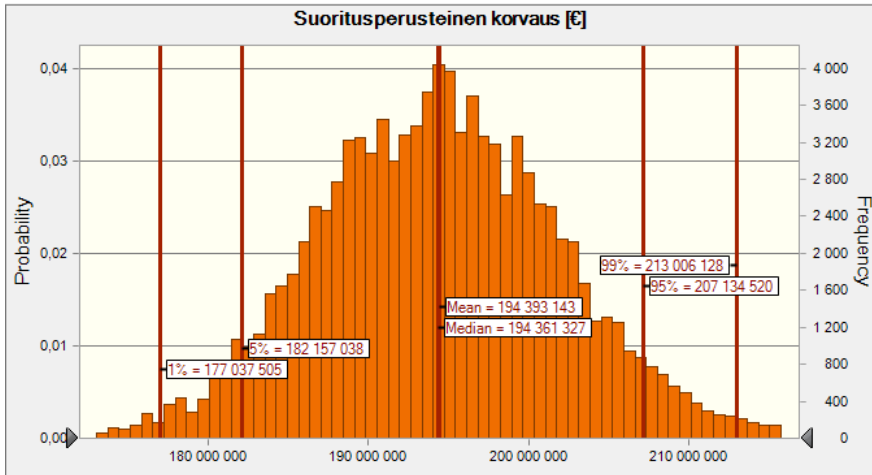


Kuva 13. Avaintulosaluepisteiden kokonaisvaikutuksen todennäköisyysjakauma.

4.4 Allianssille maksettava korvaus

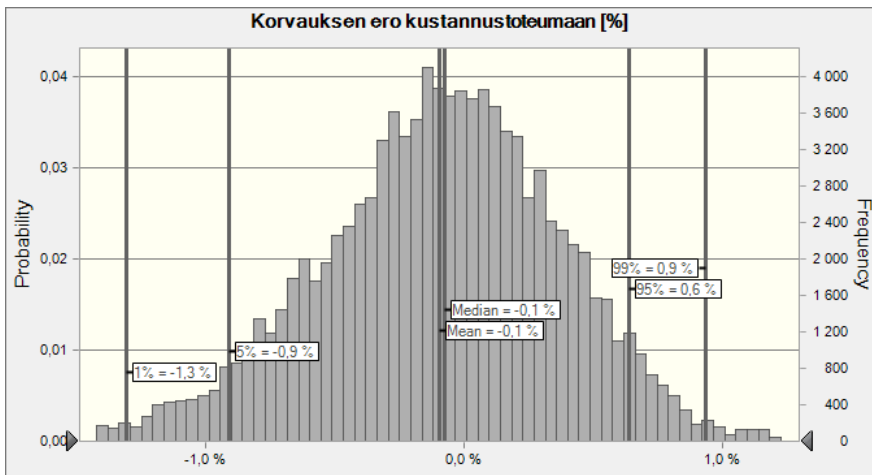
Kun korvauksen määrittelyssä otetaan kustannustoteutuman lisäksi huomioon eri avaintulosalueiden vaikutus, saadaan korvauslaskennan seuraavan välivaiheen tulos, joka on tämän selvityksen termein suoritusperusteinen korvaus. Kun tämän korvaussumman lisäksi otetaan huomioon se, että palveluntuottajat voivat pahimmillaan menettää vain palkkio-osuuden ja yrityksille maksetaan aina vähintäänkin suorat kustannukset (ns. tappionrajaus), saadaan niin sanottu sopimusperusteinen korvaus. Käytetyillä (perustapauksen suhteellisen vähäisillä) riskioletuksilla palveluntuottajien tappionrajaus ehto ei ole lähelläkään aktivoitumista, joten suoritusperusteinen ja sopimusperusteinen korvaus ovat nyt identtiset ja kuvan 14 esittämä jakauma kuvaa niitä molempia. Tämä palveluntuottajalle maksettava korvaus on siis tilaajan kokonaiskustannus allianssin työn osalta.

¹⁷ Laskennan tuottama arvo on 196 000 euroa, ja jakaumaltaan kuvan 13 kanssa lähes identtisen vastaavan euroasteikollisen kuvan asteikko on välillä -2,0...+1,6 miljoonaa euroa.



Kuva 14. Sopimusperusteisen korvauksen todennäköisyysjakaama.

Kuva 15 tarkastelee sitä, miten sopimusperusteinen korvaus poikkeaa kustannustoteutuksesta (allianssin kustannus, kuva 9), eli kyseessä on näiden rahaerien erotuksen suhde kustannustoteumaan. Poikkeama on avaintulosalueiden huomiioon ottamisen johdosta luonnollisesti hieman isompi kuin ilman sitä (kuva 11), ja se korostuu negatiivisella puolella, kuten kuva 13 jo sinänsä ennakoiti. Erot todennäköisyysjakaumissa ovat silti suhteellisen pieniä eri välivaiheiden muutosten vaikutuksessa satunnaisuuden johdosta vaihtelevasti eri suuntiin.

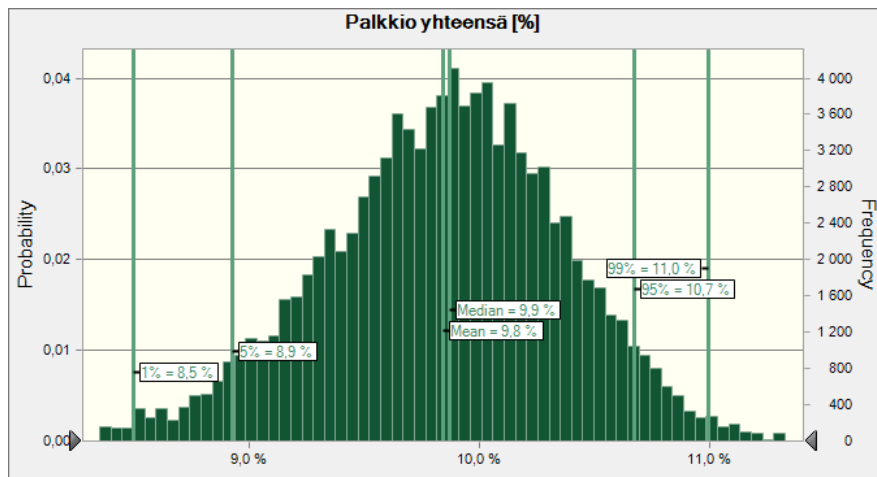


Kuva 15. Sopimusperusteisen korvauksen poikkeama kustannustoteutuksesta.

4.5 Palveluntuottajien palkkio

Käsittelyssä perustapauksessa palveluntuottajien mahdollisen palkkiovähennyksen tai lisäpalkkion huomioon ottava kokonaispalkkio voi vaihdella karkeasti ottaen 13–22 miljoonaan euroa. Palveluntuottajina toimivien yritysten talouden näkökulmasta tämä ei vielä kerro paljoakaan hankkeen onnistumisesta, koska kustannustasomuu- tokset voivat vaihdella merkittävästi. Siksi kuva 16 keskittyykin vastaavan toteutu- van prosenttipalkkion todennäköisyyksiin.

Kilpailuun perustunut ja tavoitekustannukseen sisällytetty hinnoitteluoletama oli reilut 9,9 prosenttia (suorista kustannuksista)¹⁸, mikä lähes symmetrisen riskija- kauman ja sen vaikutusalueella noudatettavan kustannusallitusten ja -ylitysten tasa- jaon myötä on loogisesti lähellä mediaaniarvoa. Odotusarvo poikkeaa tästä hieman avaintulosalueiden epäsymmetrisen palkkiovaikutuksen vuoksi. Sama näkyy itse ja- kaumassa, joka on negatiivisesti vino. Todennäköisyys on kuitenkin yli 90 prosenttia sille, että toteutunut kokonaispalkkio poikkeaa hinnoitteluolettamasta korkeintaan yhden prosenttiyksikön verran, vaikka harvinaiset ääriarvot ovat toki noin kahden prosenttiyksikön päässä mainitusta arvosta.



Kuva 16. Palveluntuottajien palkkioprosentin todennäköisyysjakauma.

¹⁸ Konsortion palkkio-oletus saadaan käyttämällä edellä taulukossa 2 esitettyjä palveluntuot- tajaksi valitun ryhmittymän tarjoussummista johdettuja tai sellaisenaan tarjouksessa annet- tuja osapuolikohtaisia palkkioprosentteja sekä osapuolten arvioituja työosuuksia. Suunnit- telijaan sopimussuhteessa olevien alikonsulttien työosuuden osalta allianssin osapuolena toimivan suunnittelijan palkkioprosentti on tilaajan ennakkoon tarjouspyynnössä asettama.

5 Vaihtoehtoisten tarkastelujen tulokset

5.1 Kustannustaso vakio

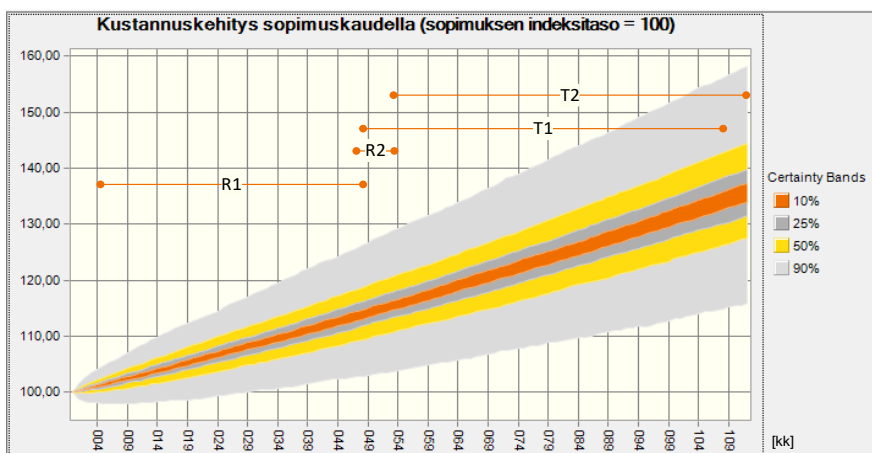
Kustannusnousu maarakentamisessa on ollut vuositasolla keskimäärin reilut kolme prosenttia viime vuosikymmeninä (ks. luku 2.4). Pitkäkestoisessa hankkeessa tämä nostaa nimellisarvoisia kustannuksia merkittävästi. Muutoksiin liittyy kuitenkin epävarmuutta, jota lisää edelleen se, että tietyllä kehityskululla on taipumus jatkua samantyyppisenä aina jonkin aikaa. Kuva 17 havainnollistaa kustannustasomuutosten vaikutuksia (joskin ilman mahdollista autokorrelaatiota) muutamin varmuustasovyöhykkein: esimerkiksi vaaleanharmaa vyöhyke kuvaa vaihteluväliä, jolle 90 prosenttia skenaarioista asettuu. Kuvassa kustannusarvion indeksitaso on määriteltävä tasoksi 100. Vaiheiden suunniteltu ajoittuminen on merkitty kuvaan käytetyn vaihejaon mukaisesti, eli esimerkiksi R1 ja T1 viittaavat rakentamis- ja takuuvaiheisiin 1.

Kustannustason muutokset selittävät suurelta osin sen, miksi kustannukset tavoitekustannus mukaan lukien ovat perustapauksessa (VE0) oleellisesti sopimukseen kirjattua alkuperäistä tavoitekustannusta suurempia. Näin siksi, että sopimuksessa tavoitekustannus on sidottu indeksiin ja sitä korotetaan yleisen kustannustason noustessa vastaavasti. Indeksimuutokset aiheuttavat keskimäärin kahdeksan prosentin nousun nimellisissä kokonaiskustannuksissa, kun kustannusten ajoittuminen hankkeessa on otettu huomioon. Tulos on laskentaoletuksilla herkkä erityisesti jakson ensimmäisten kuukausien kustannustasomuutoksille, ja suurimmillaan nousu voisi hyvin olla kaksinkertainen keskimääräiseen nousuun nähden. Toisaalta, koska kustannukset muodostuvat hankkeessa pääosin pitkän sopimusjakson alkupuolella rakentamisvaiheessa, ääritapauksissa kustannusmuutosten vaikutus voi jäädä myös olemattomaksi tai se voi olla jopa kustannuksia alentava (ks. kuva 36).

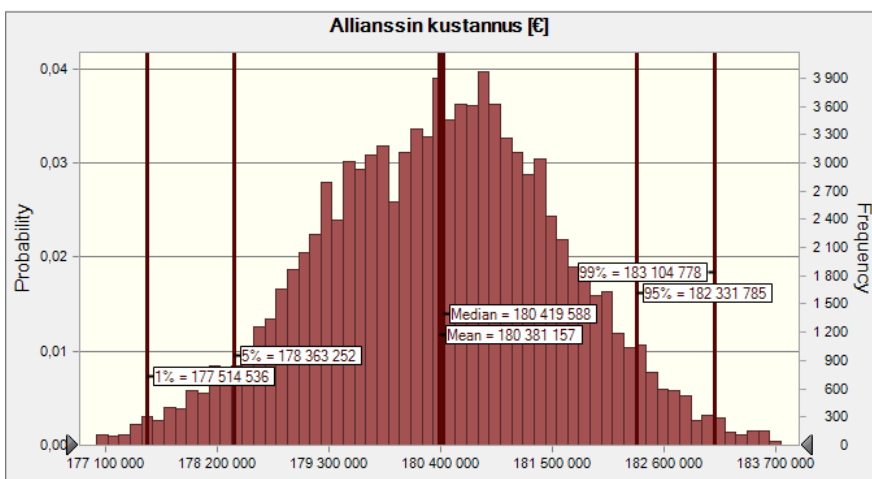
Kuvassa 18 esitetään allianssin kustannus sellaisessa kuvitteellisessä tapauksessa, että kustannustaso markkinoilla ei muutu hankkeen aikana (VE1). Se havainnollistaa lähinnä riskien euromääräistä vaikutusta kustannuksiin eräänlaisena vertailutietona muille laskelmille. Kuvan 17 indeksiolettama koskee siis kaikkia muita selvityksen vertailutapauksia, mutta ei kuvan 18 tapauksia. Avaintulosalueiden merkitys onkin suhteellisesti ottaen suurimmillaan tässä vertailutapauksessa, koska lisäpalkkiorahaston alkupääoma ja palkkiovähennyksen maksimi johdetaan alkuperäisestä tavoitekustannuksesta, mutta muissa vaihtoehtoissa kustannustasomuutokset nostavat nimellisiä kustannuksia tavoitekustannus mukaan lukien.

Tavoitekustannus on nyt (VE1) lähtökohtaisesti kiinteä, ja se muuttuu ainoastaan tilaajan kannettavaksi sovittujen riskien realisoituessa kuvan 19 mukaisesti. Käytännössä kuvan tilanne vastaa jo perustapauksen (VE0) käsittelyn yhteydessä esitettyä kuvaa 4 tilaajalle kohdistettujen erillriskien (uhkien) epävarmuudesta, mutta euro-määräinen asteikko korvaa nyt aiemman kuvan prosenttiasteikon.

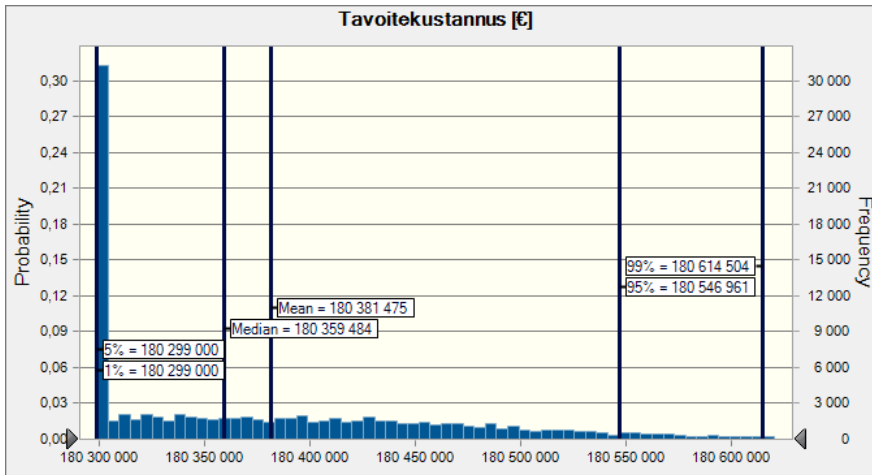
Vaihtoehtotarkastelun välitulokset noudattavat tutuksi tullutta logiikkaa, eikä niitä siksikään esitetä tämän kuvitteellisen tapauksen osalta. Korvaussumman vaihtelu on pientä, kuten vaihtoehtotarkastelua yhteen vetävästä luvusta 6.3 jäljempänä käy ilmi (taulukot 12 ja 13). palveluntuottajan palkkioprosentin jakaumaan ei taas vaikuta se, lasketaanko se kustannustasomuutoksilla vai ilman niitä.



Kuva 17. Kustannustason (indeksitason) todennäköisyys sopimuksen jaksolla.



Kuva 18. Allianssin kustannus ilman markkinoiden kustannustasomuutoksia.



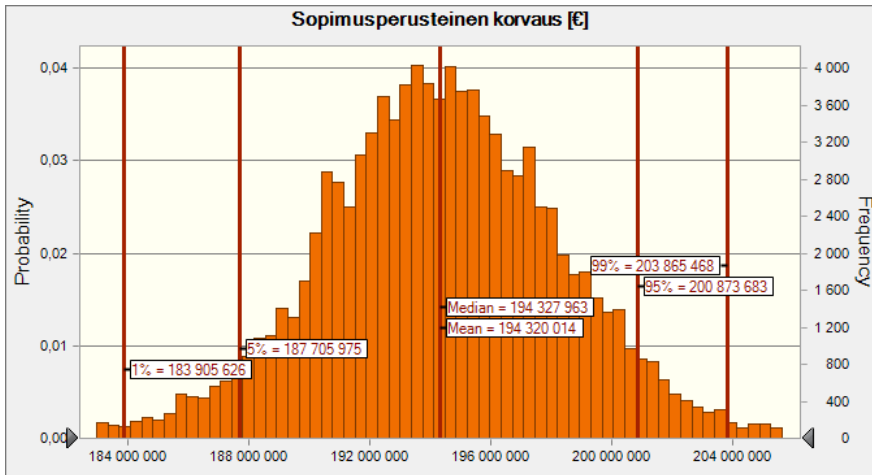
Kuva 19. Tavoitekustannuksen oletusjakauma ilman indeksivaikutuksia.

5.2 Kustannustasoriskin siirto

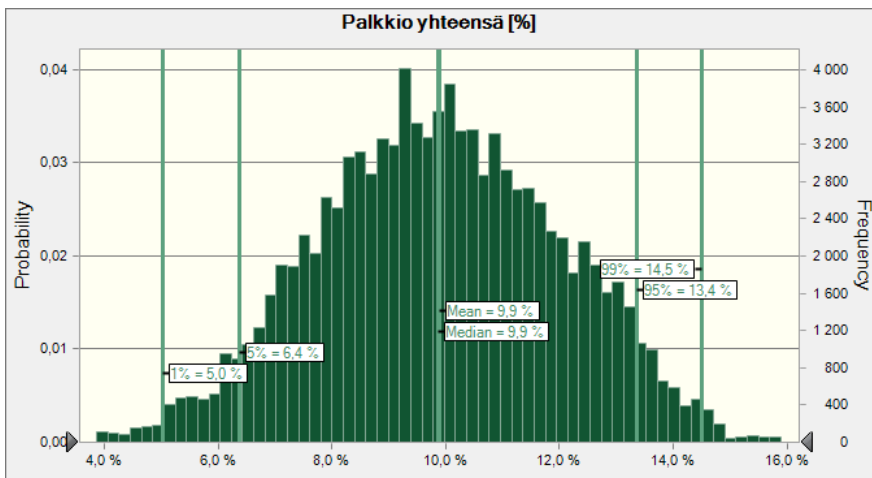
Edellisessä luvussa todettiin keskimääräisen kustannustasomuutoksen aiheuttavan kahdeksan prosentin nousun hankkeen kustannuksissa. Jos kustannustasoon liittyvä riski siirretään vaihtoehtoisesti allianssille (VE2), on jo alkuperäinen tavoitekustannus laskennallisesti saman verran korkeampi. Tosin suurempi epävarmuus tarkoittaa lähtökohtaisesti myös palveluntuottajien suurempaa palkkiotavoitetta ja tuotto-odotusta, jolloin tavoitekustannus olisi loogisesti myös esitettyä hieman korkeampi. Tätä tehty yksinkertaistettu vertailu ei kuitenkaan ota huomioon, sillä palveluntuottajien riskipreemioiden tarkastelu ei mahdu tämän katsauksen piiriin. Toki ajankohdan näkemys suhdannekehityksestä ohjaa varmasti myös hinnoittelua.

Kustannustasoriskin siirron myötä tilaajan maksettavaksi tulevien korvausten odotettu vaihteluväli luonnollisesti pienenee (kuva 20), mutta se olisi silti oleellisesti suurempi kuin mitä hankkeen yksilöidyistä riskeistä aiheutuu, sillä kustannustasoon liittyvä epävarmuus linkittyy tilaajan maksettavaksi tulevaan korvaukseen myös tässä tapauksessa kustannusalitusten ja -ylitysten jaon johdosta. Riskin siirron vaikutus palkkion todennäköisyysjakaumaan olisi myös melkoinen. Kun palveluntuottajakonsortion palkkioprosentti perustapauksessa nousee tai laskee korkeintaan reilun prosenttiyksikön, on vaihtelu tässä tapauksessa monikertainen, kuten kuva 21 havainnollistaa. Tämä siis sen seurauksena, että kustannustasomuutosten johdosta kustannustoteuma voi poiketa tavoitekustannuksesta hyvinkin paljon. Kustannustason muutokset muodostavatkin pääosan hankkeen kustannusepävarmuudesta, kun hankkeen yksilöidyt riskit oletetaan hankesuunnitelman mukaisiksi.

Kustannusten jakauma ei luonnollisesti poikkea siitä, mitä on esitetty jo perustapauksen yhteydessä aiemmin (kuva 9). Tavoitekustannuksen ollessa pääosin kiinteä (pl. tilaajan riskit) muistuttaa tavoitekustannusodote kuvan 19 jakaumaa, mutta kaikki euromäärät ovat kustannustasomuutosten johdosta aiempaa suurempia.



Kuva 20. Tilaajan maksettavaksi tulevat korvaukset ilman sopimuksen indeksiehtoa.



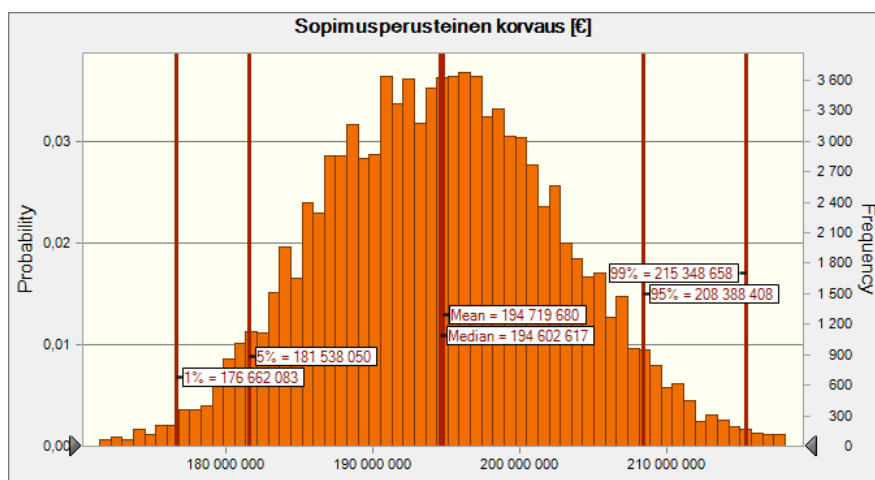
Kuva 21. Palveluntuottajien palkkio-odote ilman sopimuksen indeksiehtoa.

5.3 Riskien kasvu

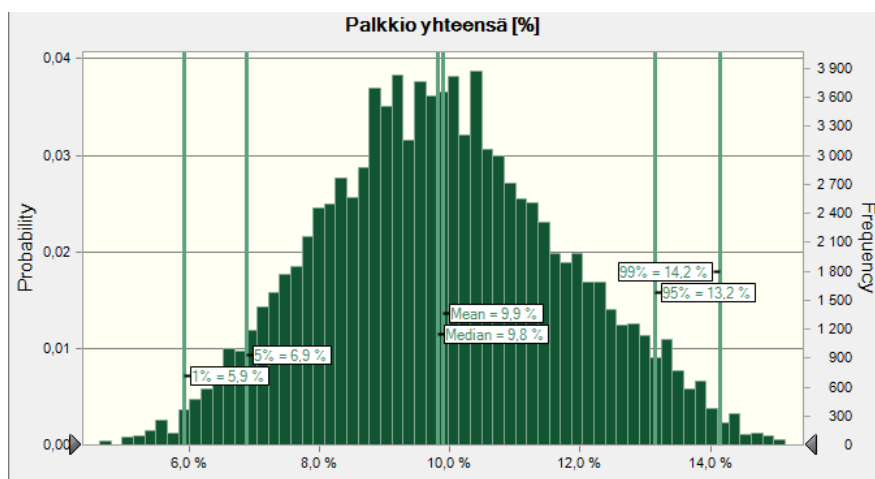
Hankkeen riskit oli arvioitu siksi vähäisiksi, että monissa muissa hankkeissa epävarmuus voi olla selvästi suurempaa, kuten muun muassa liitteen C tarkastelu osoittaa. Tästä syystä yksi vaihtoehtoinen tarkastelu (VE5) oletti kaikki riskit lähtökohtaisesti viisi kertaa suuremmiksi, mitä ne olivat perusvaihtoehdossa.¹⁹

¹⁹ Tarkasti ottaen vain uhkat viisinkertaistuivat kirjaimellisesti ja mahdollisuudet kerrotaan hienoisesti suuremmalla luvulla (n. 5,2), jotta uhkat ja mahdollisuudet kasvavat yhteensä yhtä

Riskien kasvu näkyy laskelmissa siten, että allianssille kohdistetun kustannusepävarmuuden todennäköisyysjakauman liepeiden arvot ovat viisinkertaiset perustapauksen yhteydessä esitettyihin prosenttipisteisiin (kuva 3) nähden. Sama koskee toki tilaajan riskejä ja hankkeen riskien kokonaisvaikutusta, joten myös allianssin kustannuksen vaihtelu kasvaa. Siinä kasvu on kuitenkin vähäistä, sillä (jo perusvaihtoehdossa) vaihtelu johtuu suurimmaksi osaksi indeksimuutoksista.



Kuva 22. Tilaajan maksettavaksi tulevat korvaukset riskien kasvaessa.



Kuva 23. Palveluntuottajien palkkio riskien kasvaessa.

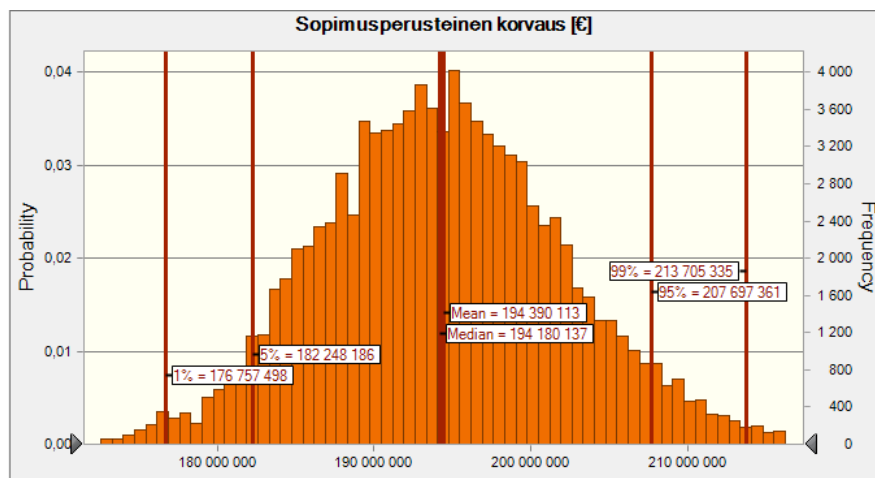
paljon. Näin riskivaraus pysyy kokonaisuutena samansuuruisena eikä tavoitekustannus muutu, jolloin tarkastelu säilyttää pääpiirteisen vertailukelpoisuutensa muihin vaihtoehtoihin nähden. Vastaava tasapainotus tehdään myös riskejä edelleen lisättäessä jäljempänä.

Tavoitekustannuksen jakauma ei sen sijaan juuri muutu, vaikka tilaajan kasvaneet riskit vaikuttavat siihenkin vähäisessä määrin. Palveluntuottajalle maksettavan korvauksen odote muodostuu vertailutapauksessa kuvan 22 mukaiseksi. Vaihteluväli on siinä vain hienoisesti laajempi perustapaukseen verrattuna, koska hankeriskien rinnalla indeksimuutokset ovat suurempi vaihtelun aiheuttaja ja riskien jako lieventää riskien realisoitumisesta aiheutuvien kustannuspoikkeamien vaikutuksia. Palveluntuottajan palkkion osalta vaihteluväli kasvaa silti merkittävästi (kuva 23) sen ollessa jo lähes yhtä laaja kuin kustannustasoriskin siirto -tarkastelussa (VE2).

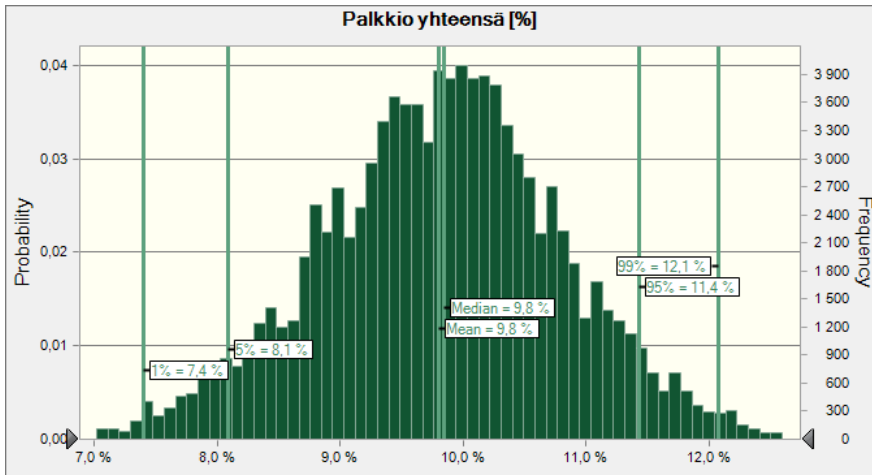
5.4 Hankeriskien yhteisesiintyminen

Hankeriskien yhteisesiintyminen tarkoittaa tässä sitä, että esimerkiksi rakentamisvaiheen uhkilla on taipumus realisoitua samanaikaisesti. Laskennallisesti näiden eri uhkien toteuma-arvojen välillä vallitsee tällöin korrelaatio, mikä tutkitussa tapauksessa (VE6) oli määritelmän mukaan vielä kohtuullinen (0,5). Vastaava oletus on tehty erikseen mahdollisuuksien osalta. Tällöin kustannusepävarmuuden hajonta kasvaa hieman yli kaksinkertaiseksi siihen nähden, mitä se oli aiempaa perustapausta havainnollistavassa kuvassa 3, vaikka yksittäisten riskien todennäköisyydet eivät sinänsä muutu. Kuvat 24 ja 25 valottavat vaihtoehdon kokonaisepävarmuutta tilaajan ja palveluntuottajien kannalta. Epävarmuus lisääntyy, mutta silti paljon vähemmän kuin esimerkiksi edellä esitellyssä riskien kasvu -vaihtoehdossa (VE5).

Riskien yhteisesiintymisen vaikutusta on pyritty havainnollistamaan erikseen myös liitteessä D, vaikka näin laajasti eri riskit kattava korrelaatio lienee käytännön näkökulmasta liioiteltu. Esimerkiksi tarkastellussa hankkeessa iso osa uhkista liittyi maaperään, olosuhteisiin ja suhteellisen itsenäisiin teknisiin järjestelmiin eikä niillä voi olettaa olevan näin kattavasti keskinäisiä riippuvuuksia. Toki jotkin ulkoiset tekijät ja resurssihaasteet voivat edistää riskien yhteisesiintymistä osin laajemminkin.



Kuva 24. Tilaajan maksettavaksi tulevat korvaukset riskien korreloidessa.



Kuva 25. Palveluntuottajien palkkio riskien korreloidessa.

5.5 Tappionrausehto

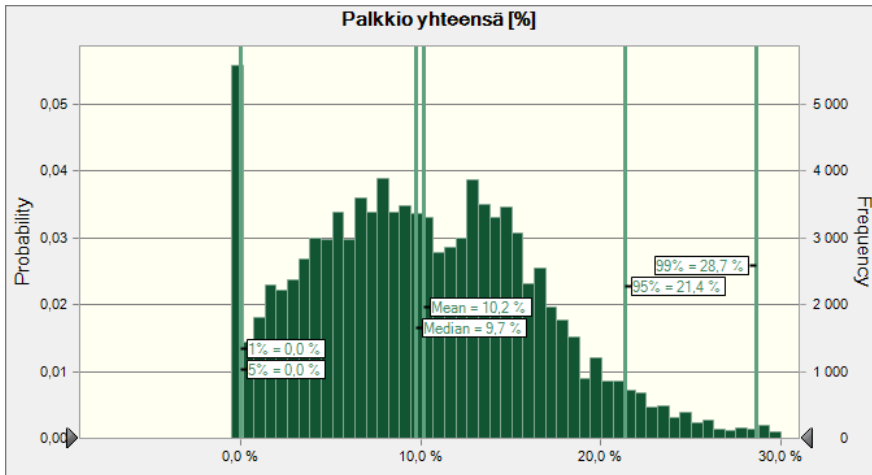
Tapaustutkimushankkeen allianssisopimuksessa on ehto, jonka mukaan palveluntuottajien osuus tavoitekustannusten ylityksistä ja mahdollisista avaintulosalueiden heikon toteuman vuoksi tehtävistä palkkionvähennyksistä on kokonaisuutena rajattu palkkion menettämiseen, eli palveluntuottajille maksetaan kaikissa tapauksissa vähintään hankkeen suorat kustannukset. Vaihtoehdot 7 ja 8 (VE7 ja VE8) on valjastettu erityisesti tämän ehdon merkityksen havainnollistamiseen.

Tarkasteltavien vaihtoehtojen lähtökohtana on, että hankkeen alkuperäiset riskiarviot (varaus ja sen johdannaisena maksimiarvo) kerrotaan (lähtökohtaisesti) 20:llä kukin uhka tai mahdollisuus erikseen.²⁰ Näin ollen epävarmuus on tältä osin neljä kertaa se, miksi se oli arvioitu tarkasteluvaihtoehdossa riskien kasvu (VE5).²¹ Kustannustoteuman ero tavoitekustannukseen tuottaa tällöin jakauman, jossa 90 prosentin varmuus vastaa vaihteluväliä ± 22 prosenttia. Silti kahdesta kolmeen prosenttia poikkeamista osuu vielä vaihteluväliin ± 30 prosenttia ulkopuolelle.

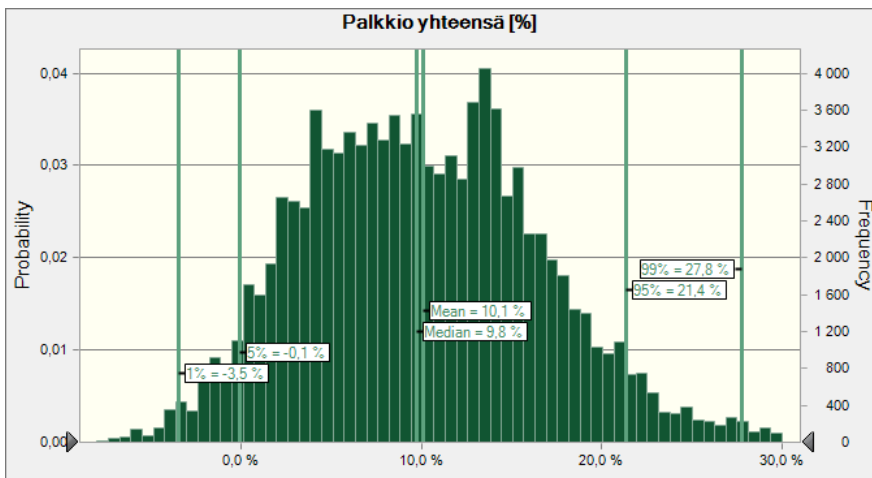
Näissä tapauksissa on noin viiden prosentin todennäköisyys sille, että tappionrausehto aktivoituu, kuten kuvien 26 ja 27 vertailu havainnollistaa. Kuvista jälkimmäinen esittää tilannetta, jossa kyseinen ehto ei ole käytössä, jolloin palkkio voi painua laskennallisesti negatiiviseksi. Edellisessä kuvassa kustannuksia on sen sijaan siirretty tilaajan kannettaviksi siltä osin, kun palveluntuottajien palkkio painuisi muuten negatiiviseksi, joten nollopalkkio toteutuu mainitulla todennäköisyydellä.

²⁰ Menettely on selitetty tarkemmin riskien kasvu -vaihtoehdon yhteydessä alaviitteessä 19. Uhkien osalta kerroin on tässä 20 ja mahdollisuuksien osalta noin 21,0.

²¹ Näin muodostuva epävarmuus on riittävä aktivoimaan maksuperusteeseen sisällytetyn tappionrausehdon, ja se on perusteltavissa liitteessä B esitetyillä toteutumatiiedoilla.



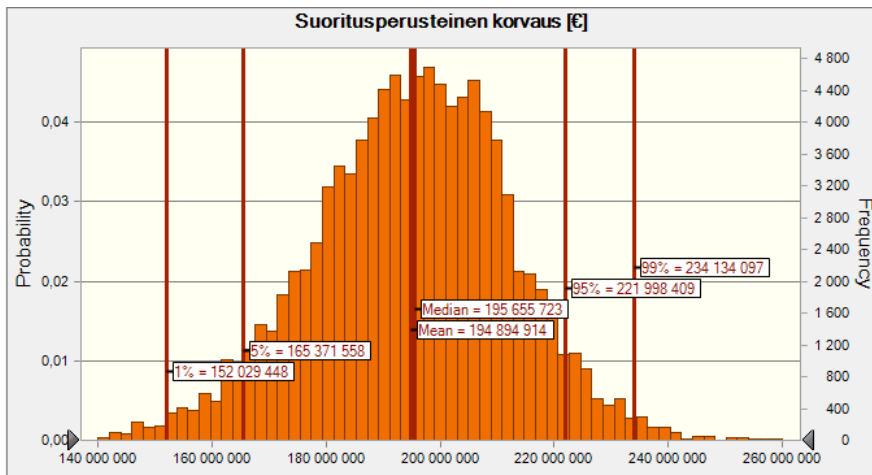
Kuva 26. Sopimuksen mukainen palkkio suuren epävarmuuden hankkeissa.



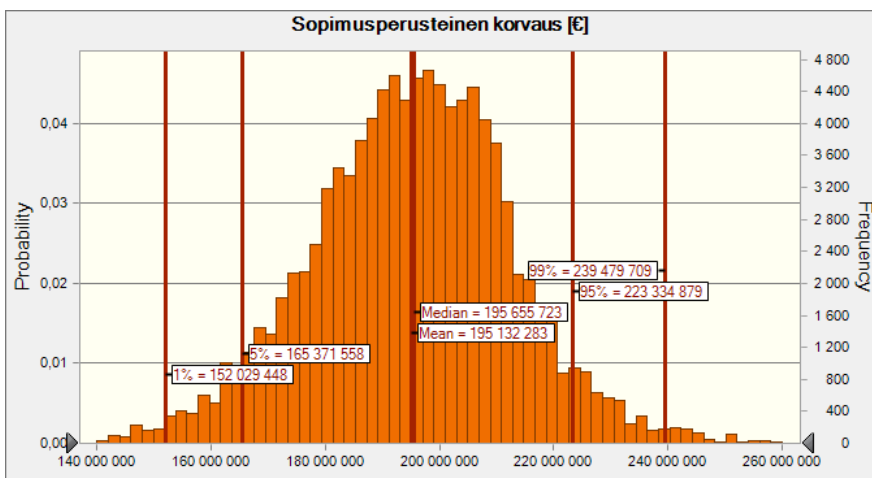
Kuva 27. Palkkio suuren epävarmuuden hankkeissa (kuvitteellinen vertailutapaus).

Muilta osin näiden kuvien grafiikka on lähtökohtaisesti identtinen, vaikka eri simuloitukertojen mukanaan tuoma satunnaisuus aiheuttaa niihin pieniä eroavaisuuksia.

Toisaalta vaihtoehtoon sisällytetty suuri epävarmuus tarkoittaa mahdollisen tapionrajausehdon aktivoitumisen ohella myös sitä, että hankkeen on hyvin onnistuessaan mahdollista alittaa tavoitekustannus selvästi. Tällöin lisäpalkkiorahastoon kertyvä rahanäärä kasvaa voimakkaasti ja avaintulostavoitteiden ylittämisen merkitys korostuu suhteessa muihin tarkasteluvaihtoehtoihin, kun ansaintamahdollisuus on laskennallisesti ennätysuuri. Kun toteutuva palkkioprosentti lasketaan



Kuva 28. Suoritusperusteinen korvaus suuren epävarmuuden hankkeissa.



Kuva 29. Sopimusperusteinen korvaus suuren epävarmuuden hankkeissa.

vielä osuutena suorista kustannuksista, nostaa suorien kustannusten aleneminen nimellistä palkkiota huippuonnistumisten tapauksessa myös erittäin paljon.

Kuvat 28 ja 29 esittävät korvausten määrittelyn välivaiheiden jakaumia ennen ja jälkeen tappionrajausehdon soveltamista, eli kyseessä on nyt lähtökohtaisesti ehdon merkityksen havainnollistus tilaajan kustannusten osalta. Suoritusperusteinen korvaus (kuva 28) esittää sen, miksi korvaus epävarmuus huomioon ottaen muodostuisi, ellei palveluntuottajien tappiota olisi rajattu sopimuksessa, ja sopimusperusteinen korvaus (kuva 29) esittää vastaavaa tilannetta, kun ehto on käytössä (kuvien ollessa nyt tuloksia samasta simulointiajosta).

Palveluntuottajien palkkioprosenttia kuvaavien jakaumien logiikasta poiketen aineistossa ei nyt ole tiettyä raja-arvoa, jota suurempia kustannustoteutuksia esiintyisi vain tappionrajausehdon huomioon ottamisen jälkeen. Syy on luonnollisesti se, että tappionrajausehto voi aktivoitua vaikkapa suurten palkkionvähennysten vuoksi jo ääriarvoja pienemmillä kustannusylityksillä tai erityisesti siksi, että kustannukset ylitetään tapauksissa, joissa yleisen kustannustason nousu ei ole ennätysuurta. Näin tappionrajauksen vaikutus voi konkretisoitua korvauksen jakauman eri osissa, vaikka käytännössä vaikutus esiintyy toki korostetusti suurilla kustannustasoilla jakauman oikealla reunalla. Näin muun muassa siksi, että kuvien vasemmalla sijaitsevat prosenttipisteet ja mediaani ovat yhtä suuria ja tappionrajausehdon käyttö kasvattaa nimenomaan prosenttipisteiden arvoja jakauman oikeassa reunassa.

Näin ollen tappionrajausehdon aktivoituminen ei siis osu aina myöskään samaan suhteellisen kustannusylityksen tasoon. Jos kuitenkin tarkastellaan vain kustannus-suoritusta ja unohdetaan aika- ja avaintulosaluevaikutukset, myös tarkka arvo ehdon aktivoitumiselle on löydettävissä. Laskelmissa käytetyllä noin kymmenen prosentin palkkiolla kustannusylityksen tulee olla suuruusluokkana 20 prosenttia ennen kuin ehto aktivoituu. Kiinteällä (alkuperäiseen tavoitekustannukseen sisällytetyllä) kymmenen prosentin suuruisella palkkiolla raja-arvo olisikin täsmälleen tuo 20 prosenttia, kun tilaaja kantaa tavoitekustannuksen ylityksestä (aina vähintään) puolet. Vastaava kymmenen prosentin suhteellinen palkkio (eli 10 %:n laskennallinen palkkio suorien kustannusten päälle kustannussuoritustasosta riippumatta) edellyttäisi jo hieman yli 22 prosentin kustannusylitystä, sillä kustannusten noustessa myös laskennallinen euromääräinen palkkio kasvaa yli sen, mitä se on tavoitekustannuksen tasolla. Todellinen raja-arvo on tässä mainittujen prosentiosuuksien välissä, sillä kokonaispalkkiosta valtaosan muodostava urakoitsijan palkkio on lähtökohtaisesti kiinteä ja suunnittelijan palkkio prosenttiperusteinen.

5.6 Muita näkökulmia

Laajuusmuutokset

Hankkeen kaupallisen mallin toimivuutta tarkasteltiin myös oletuksella, että hankkeen laajuus ja sen myötä tavoitekustannus kasvavat kymmenen prosenttia (VE3), mikä oli laajuusmuutosten keskiarvo myös liitteessä B tarkastelluissa hankkeissa. Kustannukset ja korvaukset ovat laajuuden kasvun johdosta tietenkin vastaavasti korkeampia. Myös vaihtelu allianssin kustannuksissa ja edelleen sopimusperusteisessä korvauksessa kasvaa tavoitekustannuksen muutoksen kanssa samassa suhteessa (kun variaatiokertoimet eivät muutu perustapauksen arvoista). Todellisuudessa riskien tuoma vaihtelu on nyt suhteellisesti ottaen hieman vähäisempää, minkä pitäisi näkyä myös tulosarvoissa, mutta vaikutus peittyy kustannustasomuutosten alle, sillä ne ovat kokonaisuutena paljon suurempia ja siten ratkaisevia.

Palveluntuottajien palkkioprosentissa vaihtelu on sen sijaan jopa hienoisesti vähäisempää hankelaajuuden kasvun myötä. Syynä tähän on lähtökohtaisesti se, että sopimuksen palkkio muuttuu samassa suhteessa hankelaajuuden kanssa, mutta riskit eivät vertailulaskelmien oletusten mukaan kasva alkuperäiselle hanke-

laajuudelle määritetyistä riskeistä. Näin siksi, että usein laajuusmuutoksissa on kyse sellaisista rakentamisen aikana sovituista muutoksista, jotka eivät enää lisää epävarmuutta, vaan kyse on enemmänkin määrä- tai laatutasomuutoksista. Käytännössä tilanne ei luonnollisesti ole aivan yhtä yksiselitteinen, mutta tämä on tässä kohdin katsottu tarkoituksenmukaisimmaksi yksinkertaistukseksi.

Toinen palkkioprosentin vaihtelua hillitsevä tekijä on sopimuksen ratkaisu, jossa avaintulosalueiden lisäpalkkiorahaston alkupääoma ja palkkiovähennyksen maksimisumma sidotaan pysyvästi alkuperäiseen tavoitekustannukseen, eivätkä ne muutu laajuuden kasvaessa. Kokonaisuutena palkkion vaihtelun väheneminen on tosin marginaalista, mutta tärkein havainto lienee se, ettei lisätöiden pitäisi aiheuttaa palveluntuottajille lisähuolta epävarmuuden näkökulmasta. Lisäksi kustannusalitusten jako-osuuksien vaihdellessa vyöhykkeittäin (kuten tässä yhteydessä alituksen ollessa alle tai yli 5 %) tulee kyseinen vyöhykeraja muuttumaan hienoisesti palveluntuottajan eduksi, kun alituksesta suurempi osa tulee suoraan palkkiona ilman, että kyseistä osuutta tulee ansaita erikseen avaintulostavoitteet ylittämällä.

Vaikka lisäpalkkiorahaston alkupääoman ja palkkiovähennyksen maksimisumman kasvattaminen voisi olla lisätöiden myötä lähtökohtaisesti johdonmukaista (sittomalla summat aina lopulliseen tavoitekustannukseen), laajuusmuutosten moninaisuuden vuoksi kytkentä alkuperäiseen tavoitekustannukseen on hyvinkin perusteltu (vrt. negatiiviset, hankelaajuutta pienentävät muutokset; laajuusmuutoksina käsiteltävät työn luonnetta muuttamattomat laadun ylitykset ja alitukset; avaintulostavoitteet alittavan hankkeen välttämättömät määrämuutokset ylöspäin tai tilaajan kannettavaksi sovitujen toteutuneiden riskien käsittely laajuusmuutoksina).

Tilaajan kantamat riskit

Tilaajan erikseen kantamien riskien realisoitumisen tuomat lisäkustannukset käsitellään laajuusmuutoksina, jolloin allianssin kustannus ja tavoitekustannus nousevat samalla summalla. Näin ollen nämä riskit vaikuttavat toteutuessaan lähinnä tilaajan kustannuksiin, kun lisäpalkkio- ja palkkiovähennyslaskenta ei muutu. Toki samakin euromääräinen palkkio tuottaa hienoisesti poikkeavan prosenttipalkkion, kun se suhteutetaan muuttuneisiin suoriin kustannuksiin, jos kyse on vain kasvaneiden suorien kustannusten korvaamisesta. Toisaalta täysimääräisen palkkion sisältävä laajuusmuutos taas vakauttaa prosenttimääräistä palkkiota. Nämä lienevät koko hankkeen mitassa kuitenkin yleensä kovin vähäisiä vaikutuksia.

Selvityksessä tehtiin myös vertailulaskelma tilanteelle, jossa tilaajan kantamat riskit siirretään allianssin kannettaviksi (VE4). Vastaava riskiolettama oli koko hankkeen mitassa kuitenkin niin pieni, että erot perustapaukseen sekoittuvat kertaluonteisen simuloinnin satunnaisuuden tuomaan vaihteluun. Lähtökohtaisesti riskien siirto palveluntuottajalle pienentää toki kustannusvaihtelua tilaajan näkökulmasta ja lisää epävarmuutta palveluntuottajien palkkioprosentissa (kuten mm. VE2 jo edellä havainnollisti). Vertailutilanne on kuitenkin korni siinä mielessä, että tilaajan kantamiksi päätyvät kustannukset sellaisista uhkista, joissa epävarmuus on jo lähtökohtaisesti aitoa eikä allianssilla ole mahdollisuutta vaikuttaa uhkien realisoitumiseen. Näin vertailu ei ole sellaisenaan mielekäs ilman täydentäviä oletuksia.

6 Tulosityhteen veto

6.1 Havaintoja muuttujien välisistä suhteista

Tavoitekustannus, kustannustoteutuma (allianssin kustannus) ja palveluntuottajille maksettava korvaus (sopimusperusteinen korvaus) ovat sopimuksen keskeisiä rahamääräisiä eriä. Vaikka kyseiset rahaerät vain harvoin ovat kaikki yhtä suuria, niiden todennäköisyysjakaumat kokonaisuudessaan vastaavat tässä käsiteltävän perustapauksen (VE0)²² osalta pitkälti toisiaan, kuten kuvan 30 lähes päällekkäin sijoittuvat kertymäkäyrät osoittavat. Riskien vähäinen vaihtelu suhteessa indeksivaihteluun, epävarmuusjakaumien pääpiirteinen symmetrisyys ja ennen muuta tilaajan kantama kustannustasoriski ovat keskeisiä selittäjiä tämän ilmiön taustalla.

Riskien laajuuden kasvaessa kertymäkäyrät erkanevat toisistaan. Riskien kasvaessa viisinkertaiseksi (VE5) ovat poikkeamat visuaalisesti tarkastellen vielä maltillisia, mutta riskit kaksikymmentäkertaistavassa vaihtoehdossa jo hyvinkin selviä. Kuva 32 havainnollistaa, kuinka tavoitekustannuksen vaihtelu vastaa perustapauksen vaihtelua, mutta allianssin kustannuksen vaihtelu on tässä suuren epävarmuuden tapauksessa (VE7) moniverroin suurempaa kasvaneiden riskien johdosta. Kustannusriskiä sopimusosapuolten kesken jakavassa mallissa maksettu korvaus ja sen kertymäkäyrä sijoittuvat luonnostaan edellisten välille.

Indeksin merkitys käy parhaiten ilmi tarkastelemalla kuvaa 34, joka esittää edellisten kuvien kanssa vastaavan sisältöisen tuloksen tilanteessa, jossa kustannustasomuutokset on eliminoitu (VE1). Nyt tavoitehintaa on lähtökohtaisesti vakio, ja sitä korottavat ainoastaan tilaajan yksin kantamien riskien (riskiosuuksien) toteutumisesta seuraavat kohtuullisen vähäiset kustannusmuutokset. Muutoin käyrät sijaitsevat toisiinsa nähden loogisesti siten, kun jo edellisen kuvan yhteydessä on todettu, mutta niiden vaihteluväli on nyt radikaalisti pienempi.²³ Indeksiriskin siirtoa

²² Eri vertailutapausten (VE0–VE8) määrittelyt on esitetty sivuilla 22–23 ja niiden väliset eroavaisuudet esitetään kootusti taulukossa 10.

²³ Asteikon tarkentuminen tekee näkyväksi myös pienet poikkeamat kertymäkäyrien mediaanikustannuksissa. Tarkasteltaessa vastaavaa kuvaa, jossa on mukana kustannusperusteinen korvaus (eli korvauslaskelman välitulos ennen avaintulosalueiden vaikutuksen huomiointamista), havaitaan, että sen mediaani vastaa tavoitekustannuksen ja allianssin kustannuksen mediaania (eli nämä kertymäkäyrät leikkaavat toisensa varmuustason 0,5 kohdalla). Kuvassa 34 esiintyvän sopimusperusteisen kovauksen käyrän sijainti poikkeaa

tarkastelevassa vaihtoehdossa (VE2) grafiikka on muodoiltaan lähes vastaava, vaikka siinä euroasteikko skaalautuu moninkertaiseksi, jolloin tilaajan riskien vaikutus tavoitekustannukseen ei juurikaan erotu, ei myöskään erot mediaaniarvoissa.

Vastaavat havainnot voidaan tehdä myös tarkastelemalla muuttujaparien korrelaatioita eri vaihtoehtojen simuloinneissa. Kuva 31 esittää esimerkinomaisesti allianssin kustannuksen ja neljän muun muuttujan yhteisesiintymisen pisteparit perustapauksessa (VE0).²⁴ Kustannusperusteinen korvaus (korvauslaskennan välivaihe) korreloi sen kanssa lähes täydellisesti, kuten asiaan kuuluu. Sopimusperusteinen korvaus (joka ei tässä poikkea suoritusperusteisesta korvauksesta) korreloi lähes yhtä vahvasti. Se, että allianssin kustannus korreloi vahvasti myös tavoitekustannuksen kanssa, ilmentää indeksimuutosten merkitystä sekä sitä, että vaihtelu varsinaisessa kustannustehokkuudessa jää kustannustasomuutosten varjoon. Näin edes palkkio ei korreloi allianssin kustannuksen kanssa, vaikka se onkin kytköksissä varsinaiseen kustannustehokkuuteen hankkeessa. Toki vaihtelu avaintulosalueiden suorituksissa on vaikuttamassa tähän myös merkittävässä määrin.

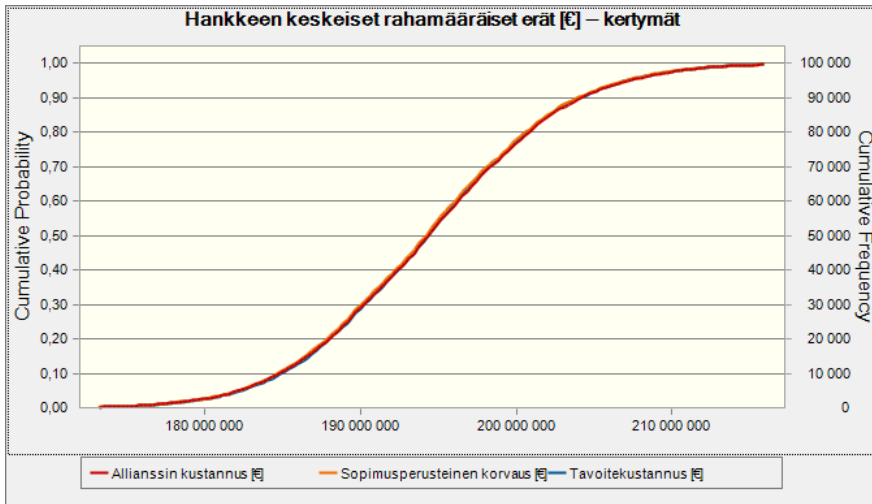
Hankkeen riskien kasvaessa kustannustoteuma erkaantuu luonnollisesti tavoitekustannuksesta, mutta korrelaatio korvauseriin säilyy vahvana (kuva 33). Tässä suuren epävarmuuden tapauksessa (VE7) sopimusperusteinen maksu myös poikkeaa suoritusperusteisesta maksusta, ja vastaava kuvio havainnollistaa tappionrajausten vaikutuksia taittamalla pisteparien linjaa yläosaltaan oikealle kohti suurempia tilaajan kustannuksia (kun suoritusperusteisen korvauksen kuvassa vastaavaa taitekohtaa ei ole). Palveluntuottajan palkkion ja allianssin kustannuksen korrelaatio on nyt vahvasti negatiivinen, kun riskien vaihtelun merkitys korostuu suhteessa kustannustasomuutoksiin. Kuvassa erottuu myös tappionrajausehdon aktivoitumisen vaikutus kertymänä nollapalkkion kohdalla.

Vakioidulla kustannustasolla (VE1) tehtävissä laskelmissa (kuva 35) tavoitekustannuksen vaihtelu on vähäistä ja pientä poikkeamaa aiheuttaa enää tilaajan riskien tuomat muutokset. Samalla kustannusperusteinen korvaus seuraa jälleen tiiviisti allianssin kustannusta. Kustannusten vaihtelun ollessa nyt vähäisempää (kuin kuvan 33 laskelmissa) myös avaintulosalueiden vaikutus näkyy selvemmin (kahden muun osion) pistejoukossa samalla, kun palkkion riippuvuus kustannussuorituksesta näkyy selvästi taustalla.

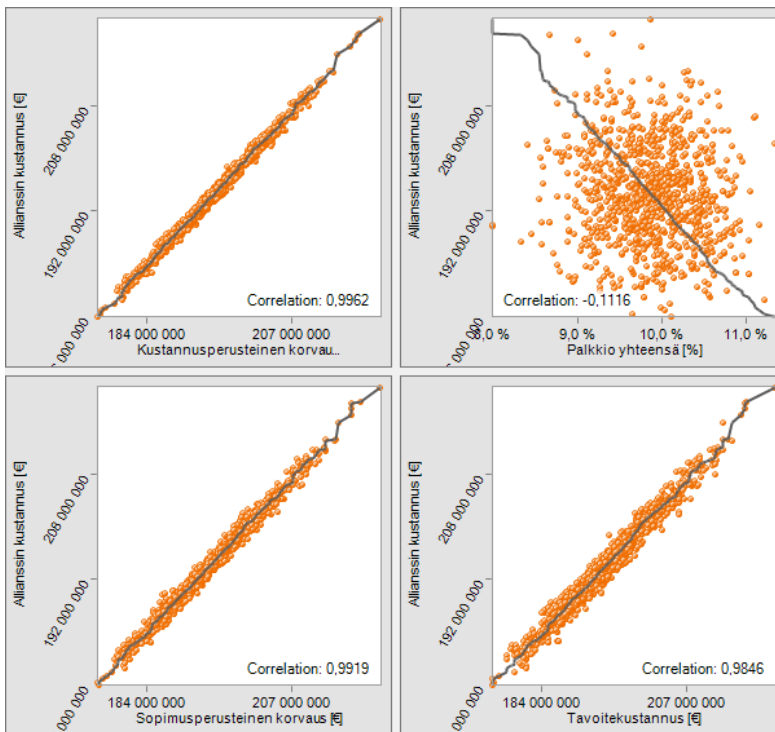
Kustannustasomuutosten riskin siirtoa (VE2) tarkastelevat pisteparikuvat muistuttavat myös kustannustason vakiointi -tarkastelun (VE1) kuvia, mutta kustannusten euromääräisen vaihtelun ollessa nyt moniverroin suurempaa pakkaantuvat

kuitenkin tästä, sillä avaintulostavoitteiden vaikutuksen kertymä on poikkeuksellisen suurta positiivisen puoliskon alkuosalla (vrt. kuva 13) ja keskimääräinen eurovaikutus on näin ollen selvästi negatiivinen epäsymmetrisyyden vuoksi, vaikka avaintulosalueiden pisteiden odotusarvo ja mediaani olivat nolliä. Tässä on lisäksi huomattava, että avaintulosalueiden tulosodotuksia tasapainotettiin simulointeja varten (ks. alaviite 16), joten laskennallinen tulosodote ei välttämättä vastaa täysin myöskään allianssin omia ennako-odotuksia.

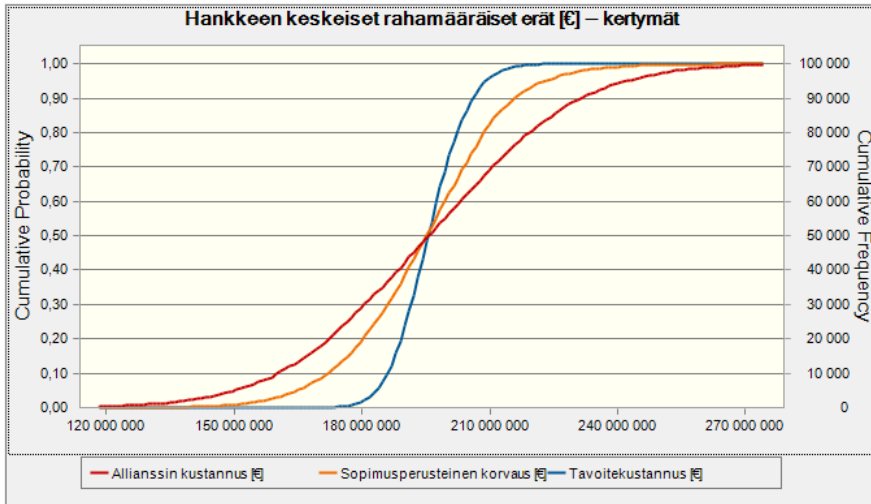
²⁴ Kuvien 31, 33 ja 35 kaikki yksittäiset kuvaosiot havainnollistavat muuttujien suhteita vain tuhannen esimerkkipisteparin avulla, vaikka 100 000 kierrosta sisältänyt simulointi tuottikin pistejoukon, joka on kokonaisuudessaan erittäin paljon tätä suurempi.



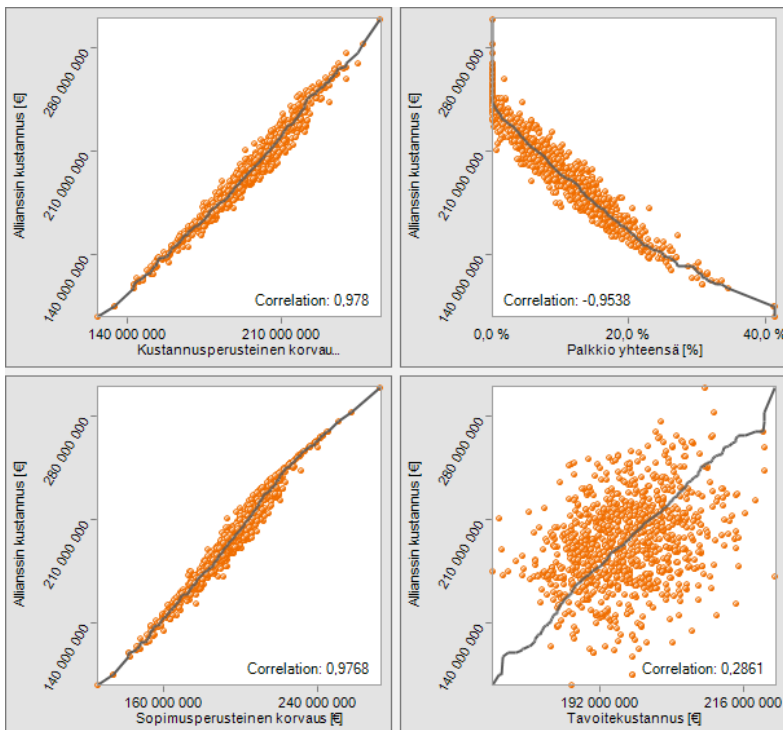
Kuva 30. Keskeisten rahaerien kertymäkäyriä tutkitussa perustapauksessa.



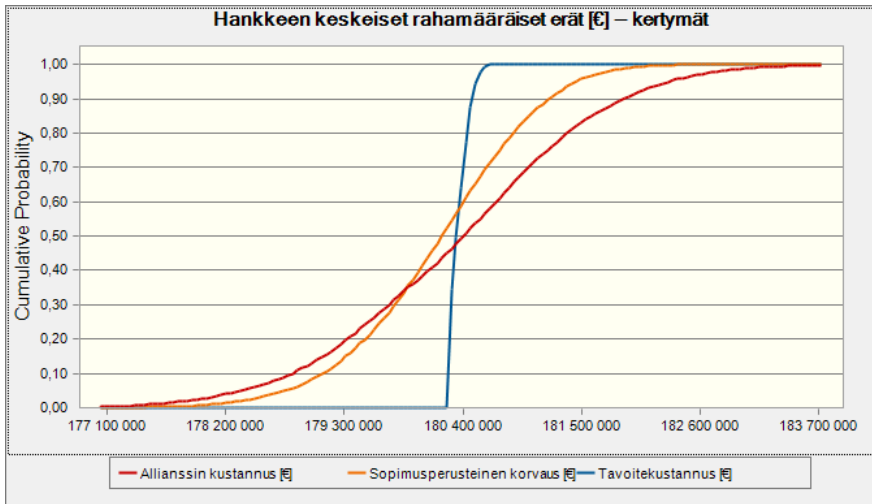
Kuva 31. Keskeisten rahaerien korrelaatiot tutkitussa perustapauksessa.



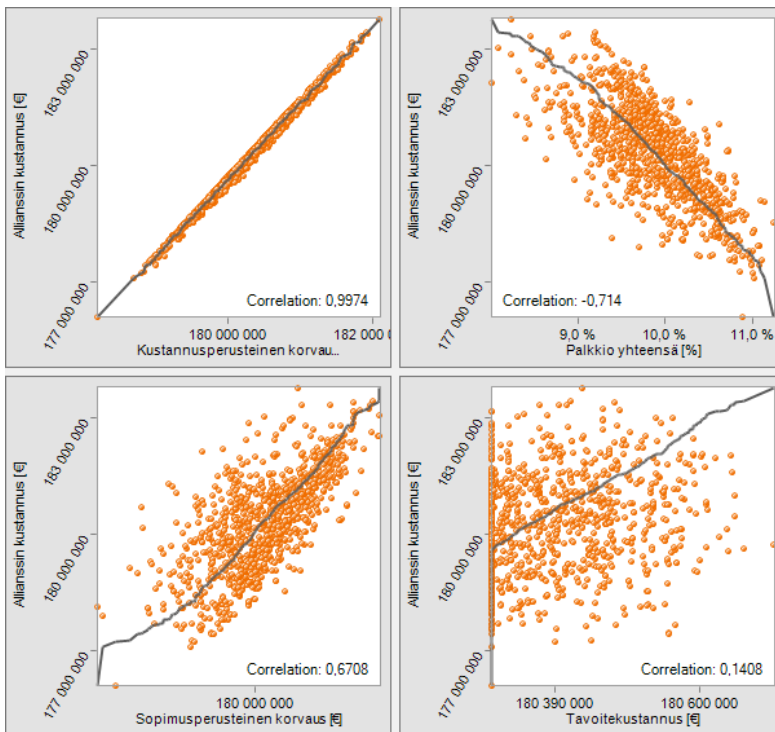
Kuva 32. Keskeisten rahaerien kertymäkäyriä suuren epävarmuuden tapauksessa.



Kuva 33. Keskeisten rahaerien korrelaatiot suuren epävarmuuden tapauksessa.



Kuva 34. Keskeisten rahaerien kertymäkäyriä, kun indeksivaikutus on eliminoitu.



Kuva 35. Keskeisten rahaerien korrelaatiot, kun indeksivaikutus on eliminoitu.

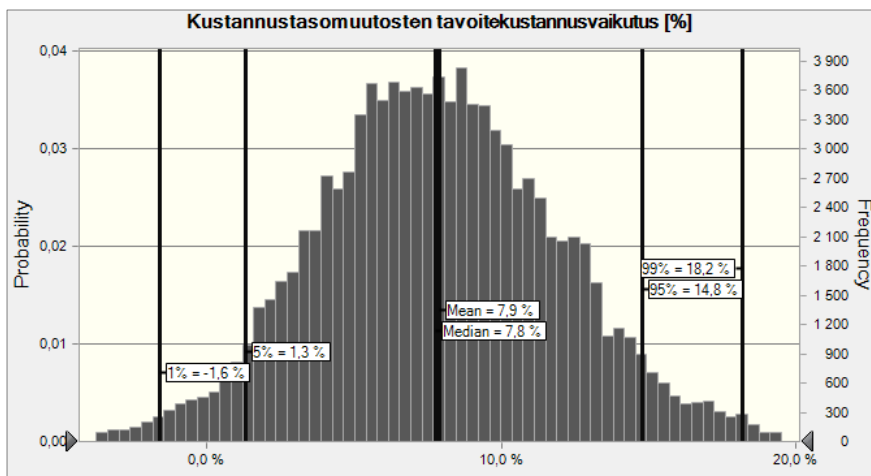
pisteet huomattavan paljon tiiviimmin tietyn linjan läheisyyteen (korrelaatioiden ollessa vastaavasti vahvempia) tavoitekustannuskuvaa lukuun ottamatta. Samalla suuri kustannusvaihtelu suhteessa lähtökohtaisesti kiinteään tavoitekustannukseen tekee kustannusaltitusten muuttuvat jako-osuudet selvästi näkyväksi myös kustannusperusteisen korvauksen grafiikassa (kun linjassa on taitekohta).

Muilta osin eri vertailutapausten (VE3–VE6) kuvat muistuttavat silmämääräisesti tarkastellen perustapauksen kuvia sillä poikkeuksella, että riskien kasvu -vaihtoehdon havainnollistukset (VE5) ottavat askeleita kuvan 33 esittämien muotojen suuntaan. Toki sama tapahtuu riskien korrelointi -tarkastelussa (VE6), mutta edellistä selvästi vähäisemmässä määrin.

6.2 Kustannustasomuutosten merkitys

Kustannustasomuutoksilla on keskeinen rooli hankkeen kustannusten muodostumisessa. Keskimääräisellä kustannuskehityksellä esimerkkihankkeen nimelliset kustannukset kasvavat lähes kahdeksan prosenttia kustannusarvion tasosta (kuva 36). Rakentamisvaiheiden kustannusten osalta nousu on käytännössä samaa tasoa niiden muodostaessa valtaosan hankkeen kustannuksista. Oletetut takuu- ja jälkivastuuvaiheen kustannukset eivät pieninä kustannuseränä juurikaan näy kokonaistalvalla, vaikka erikseen tarkasteltaessa vaiheen kustannukset nousevat odotusarvoisesti 24 prosenttia kustannusarviotasoon nähden pitkän viiveen johdosta.

Epävarmuus kustannustasomuutosten osalta on myös suurta. Se on merkittävästi suurempaa kuin mitä on alkujaan arvioitu johtuvan hankkeen yksilöidyistä riskeistä (VE0). Suuruusluokka on lähellä sitä, mitä riskien kasvu -vaihtoehdossa (VE5) oletetaan, joskin se on jonkin verran myös sitä suurempi. Näin ollen kustannustasomuutoksiin sisältyvä epävarmuus (hajonta) on noin kuusi kertaa se epävarmuus, mitä hankesuunnitelman yksilöidyistä riskeistä on arvioitu aiheutuvan.

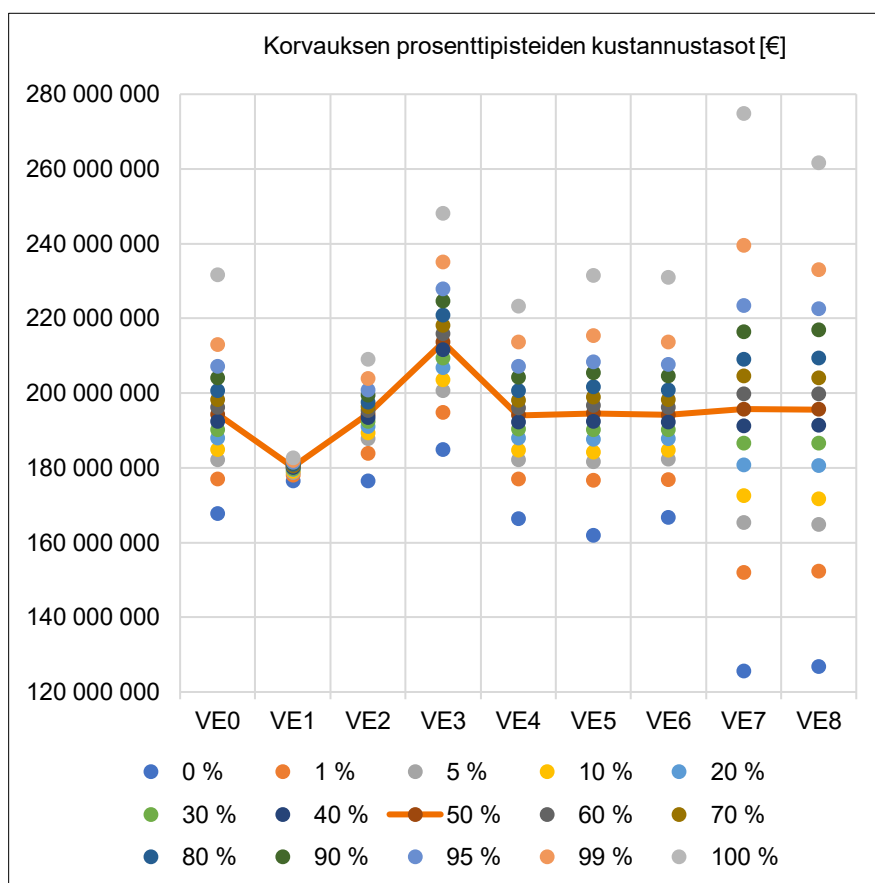


Kuva 36. Kustannustasomuutosten tavoitekustannusvaikutuksen todennäköisyydet.

6.3 Kaikkien vaihtoehtojen tulosmuuttujien vertailua

Prosenttipiste viittaa sellaiseen muuttujan arvoon, jonka alapuolelle sijoittuu tietyn prosenttiosuuden mukainen osuus koko havaintoaineistosta. Taulukko 12 listaa keskeiset prosenttipisteet ja tunnusluvut tilaajan kustannuksille (eli sopimusperusteiselle korvaukselle) selvityksessä tarkastelluissa vaihtoehtolaskelmissa. Taulukko 13 esittää vastaavat arvot palveluntuottajien palkkioprosentin osalta.

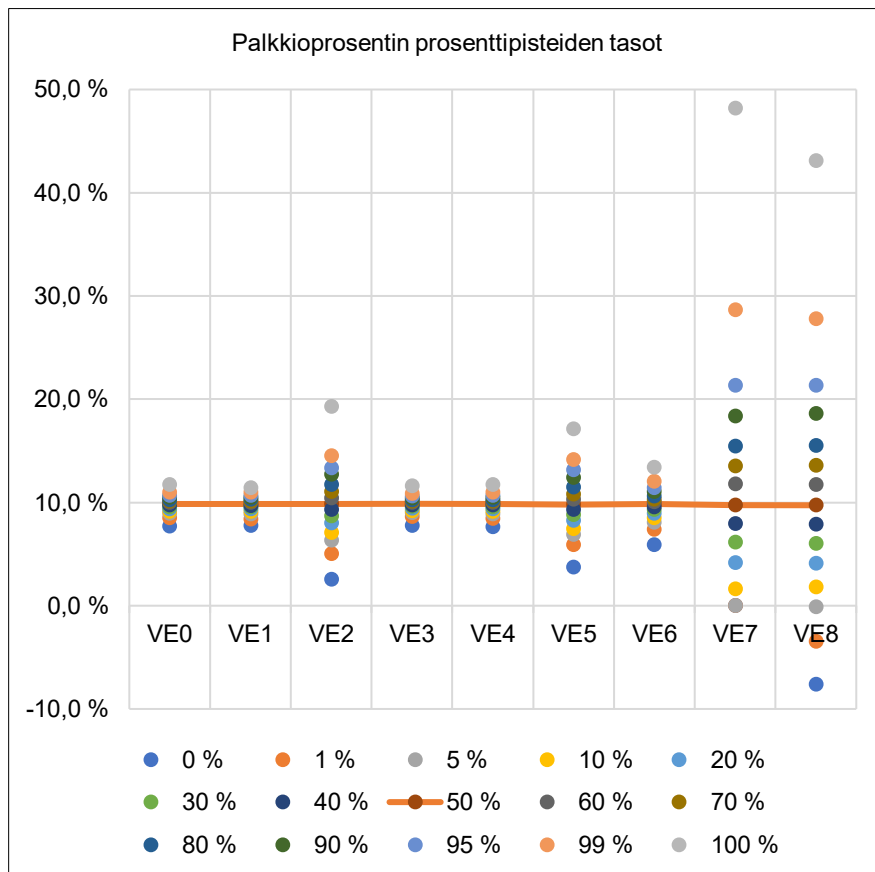
Kuvat 37 ja 38 havainnollistavat taulukoiden prosenttipisteiden sijaintia ja sijaintieroja vastaavasti. Esimerkiksi kuva 37 havainnollistaa, kuinka vakioidulla kustannustasolla (VE1) hankkeen kustannusepävarmuus on vähäistä verrattuna tilanteeseen, jossa rahan arvossa tapahtuvat muutokset ovat mukana tarkastelussa (VE0). Jos kustannustasoon liittyvä riski siirrettäisiin allianssille (VE2), olisi vaihtelu tilaajan näkökulmasta vähäisempää, vaikka kustannusten odotusarvo ei sinänsä muutu (kun oletuksena on tavoitekustannukseen sisällytetty kustannustason odotusarvoista



Kuva 37. Sopimusperusteisen korvauksen prosenttipisteet eri vaihtoehtoissa.

nousua vastaava kustannusnousuvaraus). Hankelaajennusten myötä tilaajan kustannukset (ja niiden vaihteluväli) luonnollisesti kasvavat (VE3). Riskien laajuuden kasvu lisää epävarmuutta hankkeen kokonaiskustannuksissa (VE5, VE7). Kuvan perusteella kustannustaso näyttäisi myös nousevan riskien laajuuden kasvun myötä. Tässä on kuitenkin huomattava, että kuvan perustaso esittää mediaania, joka käyttäytyy epäsymmetristen riskien yhteydessä eri tavoin kuin odotusarvo.

Palveluntuottajien palkkioprosentin perustaso säilyy sen sijaan jokseenkin vakiona, vaikka epävarmuuden laajuus vaihtelee eri vaihtoehdoissa (kuva 38). Vaihtelu poikkeaa luonnollisesti myös tilaajan kustannusten vaihtelusta. Kustannustasoriskin siirto allianssille ja hankeriskien kasvu lisäävät tietenkin epävarmuutta palkkion osalta. Koska palkkioprosentti lasketaan osuutena suorista kustannuksista, aiheuttaa samansuuruisen euromääräinen kustannuslitis suhteessa myös suuremman muutoksen palkkiossa kuin vastaava kustannusylitys. Toinen tiedostettava seikka on se, että kuvissa esitetyt prosenttipisteet eivät ole kaikilta osin tasavälisiä, sillä aineiston ääripäissä käytetty porrastus poikkeaa muusta porrastuksesta.



Kuva 38. Palveluntuottajien palkkion prosenttipisteet eri vaihtoehdoissa.

Taulukko 12. Tilaajan ennakoitun kustannuksen prosenttipisteet ja tunnusluvut eri tarkasteluvaihtoehdoissa.

	Prosentti- piste	Perus- tapaus	Kustannus- taso vakio	Kust.taso- riskin siirto	Laajuus- muutos	Tilaajan riskien siirto	Riskien kasvu	Riskien korrelointi	Suuri epä- varmuus	Epäv. ilman tappionraj.
		VE0	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6	VE7	VE8
[milj. €]	0 %	167,8	176,5	176,4	184,8	166,4	161,9	166,6	125,6	126,8
	1 %	177,0	178,1	183,9	194,8	177,0	176,7	176,8	152,0	152,3
	5 %	182,2	178,8	187,7	200,6	182,1	181,5	182,2	165,4	164,9
	10 %	184,8	179,1	189,4	203,5	184,6	184,2	184,6	172,5	171,7
	20 %	188,0	179,5	191,1	206,7	188,0	187,6	187,8	180,8	180,5
	30 %	190,2	179,8	192,3	209,4	190,3	190,1	190,2	186,6	186,7
	40 %	192,4	180,0	193,3	211,5	192,3	192,4	192,2	191,2	191,3
	50 %	194,4	180,2	194,3	213,6	194,0	194,6	194,2	195,7	195,6
	60 %	196,2	180,4	195,3	215,8	196,0	196,7	196,1	199,8	199,8
	70 %	198,3	180,6	196,3	218,2	198,1	199,0	198,3	204,5	204,1
	80 %	200,7	180,9	197,6	220,8	200,6	201,6	200,7	209,1	209,4
	90 %	204,0	181,2	199,4	224,6	204,1	205,4	204,5	216,3	217,0
	95 %	207,1	181,5	200,9	227,8	207,1	208,4	207,7	223,3	222,6
	99 %	213,0	181,9	203,9	235,1	213,6	215,3	213,7	239,5	233,1
	100 %	231,7	182,7	209,1	248,2	223,2	231,5	231,0	274,8	261,6
	Keskiarvo	194,4	180,2	194,3	213,9	194,3	194,7	194,4	195,1	194,9
	Mediaani	194,4	180,2	194,3	213,6	194,0	194,6	194,2	195,7	195,6
	Vinous	0,13	-0,28	-0,11	0,16	0,14	0,20	0,19	-0,01	-0,19
	Huipukkuus	3,17	3,15	3,56	3,16	3,16	3,24	3,18	3,59	3,08
	Keskihajonta	7,6	0,8	4,0	8,4	7,7	8,3	7,8	17,8	17,4
	Variaatiokerroin	3,9 %	0,5 %	2,1 %	3,9 %	3,9 %	4,3 %	4,0 %	9,1 %	9,0 %

Taulukko 13. Palveluntuottajien ennakoitun palkkioprosentin prosenttipisteet ja tunnusluvut eri tarkasteluvaihtoehdoissa.

Prosentti- piste	Perus- tapaus	Kustannus- taso vakio	Kust.taso- riskin siirto	Laajuus- muutos	Tilaaajan riskien siirto	Riskien kasvu	Riskien korrelointi	Suuri epä- varmuus	Epäv. ilman tappionraj.
	VE0	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6	VE7	VE8
0 %	7,7 %	7,8 %	2,5 %	7,8 %	7,6 %	3,7 %	5,9 %	0,0 %	-7,6 %
1 %	8,5 %	8,4 %	5,0 %	8,6 %	8,5 %	5,9 %	7,4 %	0,0 %	-3,5 %
5 %	8,9 %	8,9 %	6,4 %	9,0 %	8,9 %	6,9 %	8,1 %	0,0 %	-0,1 %
10 %	9,2 %	9,1 %	7,1 %	9,2 %	9,2 %	7,5 %	8,5 %	1,6 %	1,8 %
20 %	9,4 %	9,4 %	8,0 %	9,5 %	9,4 %	8,3 %	9,0 %	4,2 %	4,1 %
30 %	9,6 %	9,6 %	8,7 %	9,6 %	9,6 %	8,9 %	9,3 %	6,2 %	6,0 %
40 %	9,7 %	9,7 %	9,3 %	9,7 %	9,7 %	9,3 %	9,6 %	8,0 %	7,9 %
50 %	9,9 %	9,9 %	9,9 %	9,9 %	9,9 %	9,8 %	9,8 %	9,7 %	9,8 %
60 %	10,0 %	10,0 %	10,4 %	10,0 %	10,0 %	10,3 %	10,1 %	11,8 %	11,8 %
70 %	10,1 %	10,1 %	11,0 %	10,1 %	10,1 %	10,8 %	10,3 %	13,6 %	13,6 %
80 %	10,3 %	10,3 %	11,8 %	10,3 %	10,3 %	11,5 %	10,6 %	15,4 %	15,5 %
90 %	10,5 %	10,5 %	12,7 %	10,4 %	10,5 %	12,4 %	11,1 %	18,4 %	18,6 %
95 %	10,7 %	10,7 %	13,4 %	10,6 %	10,7 %	13,2 %	11,4 %	21,4 %	21,4 %
99 %	11,0 %	11,0 %	14,5 %	10,9 %	11,0 %	14,2 %	12,1 %	28,7 %	27,8 %
100 %	11,8 %	11,5 %	19,3 %	11,6 %	11,8 %	17,2 %	13,4 %	48,2 %	43,1 %
Keskiarvo	9,8 %	9,8 %	9,9 %	9,8 %	9,8 %	9,9 %	9,8 %	10,2 %	10,1 %
Mediaani	9,9 %	9,9 %	9,9 %	9,9 %	9,9 %	9,8 %	9,8 %	9,7 %	9,8 %
Vinous	-0,28	-0,26	-0,02	-0,22	-0,23	0,14	-0,12	0,60	0,41
Huipukkuus	3,31	3,09	2,80	3,21	3,29	2,73	3,07	3,63	3,36
Keskihajonta	0,5 %	0,5 %	2,1 %	0,5 %	0,5 %	1,9 %	1,0 %	6,6 %	6,7 %
Variaatiokerroin	5,4 %	5,6 %	21,7 %	4,9 %	5,4 %	19,0 %	10,1 %	64,3 %	66,8 %

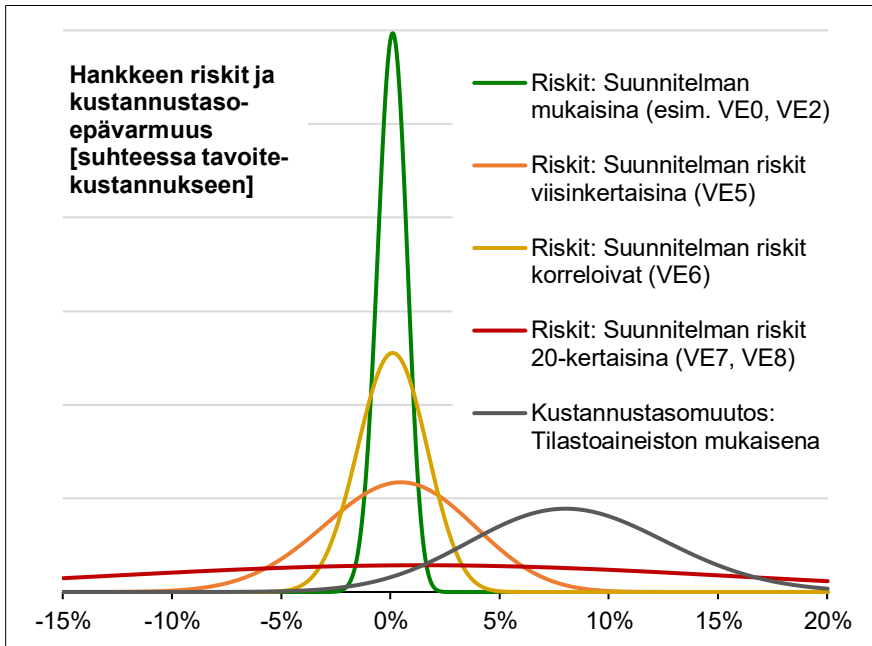
6.4 Epävarmuuden vaikutuksen havainnollistaminen

Edellinen luku esitteli tulokset lähtökohtaisesti kaikista selvitystyöhön sisällytetyistä vaihtoehtotarkasteluista, mutta kattava tarkastelu ei mahdollistanut erityisen havainnollista esitystä. Tässä luvussa keskitytään tulosten havainnollistamiseen. Keskeisimmät muuttujat esitetään jakaumina, jotka on saatu sovittamalla tilastollinen jakauma vaihtoehtotarkastelujen simuloinnin tuottamiin tulosmuuttuja-aineistoihin.²⁵ Selkeyden vuoksi aineistosta on karsittu kuvitteellinen tapaus (kustannustasomuutosten puuttuminen, VE1), ilmeisen selvät tulokset (laajuusmuutoksen aiheuttama vastaava kustannusten kasvu ilman palkkioprosenttivaikutuksia, VE3) sekä vaihtoehto, joka eroaa muista niin vähäisessä määrin, etteivät erot näy tällaisessa yleis-tarkastelussa (tilaajan riskien siirto, VE4). Lisäksi havainnollistus pyrkii ilmentämään vaikutussuhdetta hankkeen pääasiallisten epävarmuustekijöiden, allianssin kustannuksen ja viimekäden tulosmuuttujien välillä seuraavasti:

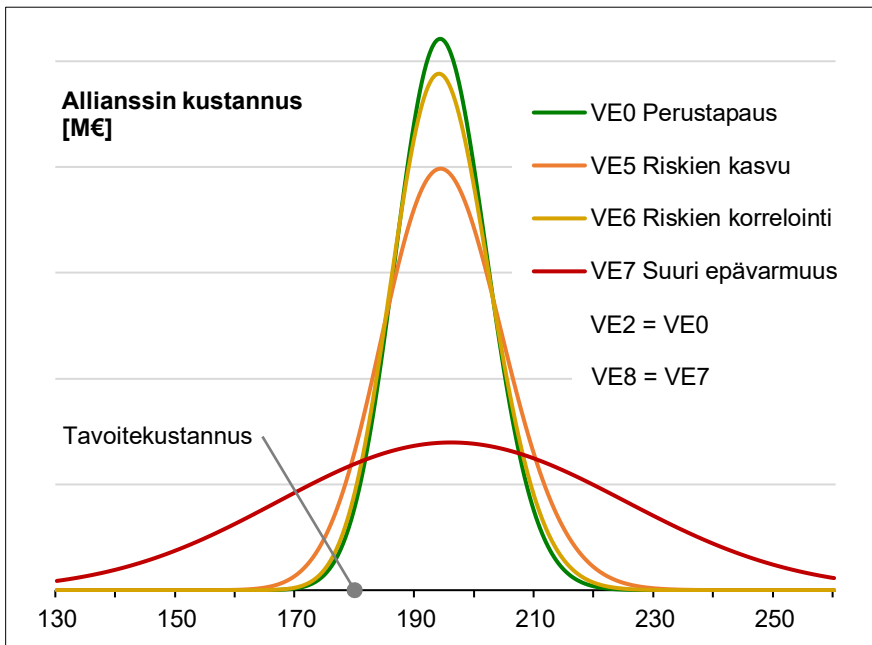
- **Hankkeen riskit ja kustannustasoepävarmuus.**²⁶ Kuva 39 havainnollistaa eri vaihtoehtolaskelmissa vaikuttavia riskiolettamia suhteessa sopimuksen tavoitekustannukseen (ilman indeksivaikutuksia). Lisäksi kuvassa esitetään kustannustasomuutosten jakauma, joka on vaikuttamassa kaikkien tässä tarkasteltavien vaihtoehtojen laskennassa. Kyseessä on siis riskijakaumille rinnakkainen epävarmuustekijä.
- **Allianssin kustannus.** Kuva 40 havainnollistaa allianssin kustannuksen muodostumista riskien laajuuden vaihdellessa, kun kustannustasomuutokset ja niiden epävarmuus ovat vaikuttamassa kustannusvaihteluun kaikissa tarkasteluvaihtoehdoissa. Suuren epävarmuuden osalta työssä on havainnollistettu tappionrajausehdon merkitystä kahdella eri vaihtoehdolla (VE7 ja VE8), joiden osalta allianssin kustannusolettama on identtinen ja siksi VE7 edustaa tässä molempia. Vastaavasti kustannustasoriskin siirto -vaihtoehto (VE2) poikkeaa perustapauksesta (VE0) vain siinä, kuka kantaa kustannustasomuutosriskin, eikä allianssin kustannuksissa ole eroa ja siksi VE0 edustaa molempia tapauksia.
- **Sopimusperusteinen korvaus.** Kuva 41 havainnollistaa tilaajalle muodostuvien kustannusten epävarmuutta tarkasteltavissa tapauksissa.
- **Palkkio yhteensä.** Kuva 42 havainnollistaa palveluntuottajan palkkioprosentin epävarmuutta tarkasteltavissa tapauksissa. Suuren epävarmuuden vaihtoehdolle (VE 7) ei esitetä omaa jakaumaa, koska jakaumasovitus ei tuota kelvollista ratkaisua. Jakauma vastaa esitetyn rinnakkaistapauksen (VE8) jakaumaa muilta osin, mutta siinä negatiivisina esiintyvät palkkioprosentit muuttuvat kaikilta osin nollan arvoisiksi.

²⁵ Jakaumasovitus on tehty samalla ohjelmalla, jolla vaihtoehtoja on simuloitu. Jakaumat ovat erilaisin parametriarvoin Beta-, Gamma-, Lognormal-, Weibull- ja Student t -jakaumia.

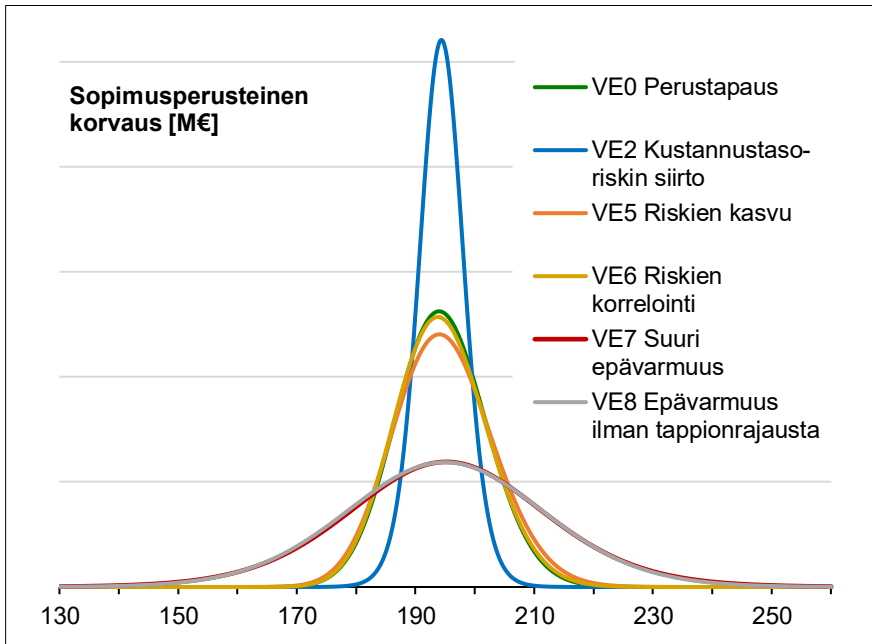
²⁶ Mm. avaintulostavoitteiden toteutumisen aiheuttama vaihtelu on suhteellisesti ottaen niin vähäistä, että vastaava tarkastelu ei ole mielekäs tässä yhteydessä.



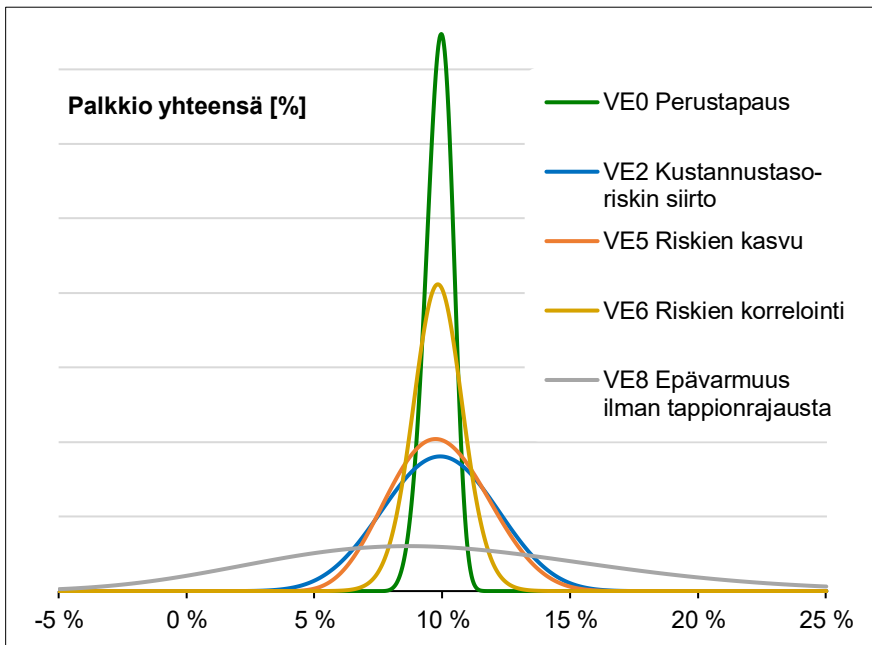
Kuva 39. Katsaukseen sisällytetyt keskeisimmät epävarmuudet ja niiden laajuudet.



Kuva 40. Allianssin kustannuksen epävarmuus eri vertailutapauksissa.



Kuva 41. Sopimusperusteisen korvauksen epävarmuus eri vertailutapauksissa.



Kuva 42. Palveluntuottajan palkkion epävarmuus eri vertailutapauksissa.

7 Pohdinta ja yhteenveto

7.1 Lähtötieto-oletukset ja hankkeen toteuma

Selvitystyössä pyrittiin havainnollistamaan allianssin maksuperustejärjestelmän toimintaa erityisesti infrahankkeiden kustannusepävarmuuden näkökulmasta. Työ perustui yhden toteutetun hankkeen eli Tampereen rantatunnelin suunnitelmiin ja so-pimukseen (mm. aikataulu ja vaiheistus, kustannusarvio, palkkiot ja maksuperusteet, uhkat ja mahdollisuudet). Näin ollen työ mukaili hyvin aikanaan käytännössä vallin-nutta tilannetta. Myös tehty mallinnus oli yksityiskohtainen. Arviot markkinoiden kus-tannuskehityksestä perustuivat tilastotietoihin toteutuneesta kehityksestä.

Suunnitelmien osalta kyseessä oli osaavien ja kokeneiden asiantuntijoiden en-nakkonäkemyksistä hankkeen toteutuksesta. Hankkeen toteutumaa tarkasteltaessa huomataan kuitenkin, että esimerkiksi riskeistä jäi lukumääräisesti noin kaksi kol-masosaa toteutumatta.²⁷ Toteutuneet riskit taas jakautuivat melko tasaisesti siten, että toteuma oli joko vaihtelevan suuruinen osa kustannusvarauksesta tai varaus ylittyi niin ikään vaihtelevasti. Lähes puolet varauksen ylityksistä oli jopa suurempia kuin varauksesta (laskelmia varten) johdettu riskin maksimivaikutus. Kahdessa ta-pauksessa oletettu mahdollisuus kääntyi lisäkustannuksiksi toteutuksessa.

Toteutuneen laajan vaihtelun perusteella voisi ajatella, että laskennassa käytetty vaihteluväli oli liian kapea, mutta erityisesti monien uhkien toteutumatta jääminen toimii myös tätä tulkintaa vastaan. Myös kolmiojakauman käyttöä voitaneen pitää edelleen hyvänä kompromissina, koska tarkempaa arviota ei ole saatavissa eikä monimutkaisempi jakauma kuvaisi haastavaa tilannetta hanketasolla juurikaan pa-remmin. Vaihtelun laajuus riskien toteutumassa puoltaa myös tehdyn riskejä kas-vattavan vaihtoehtotarkastelun mielekkyyttä yleisen tiedontarpeen näkökulmasta.

Yksi riski, joka toteutui hankkeessa monin verroin tavoitekustannukseen sisälly-tettyä varausta suurempana, on pilaantuneiden maiden laajuuteen liittyvä uhka. Tältä osin selvityksessä kehiteltiin tietyt pilaantuneiden maiden eri maalajien kus-tannusten jakaumaoletukset, jotta tehty varaus kattoi laskennallisesti palveluntuo-tajille tulevan odotusarvoisen kustannuksen. Tämä johti hankkeen toteutuman nä-kökulmasta liian pieniin vaihteluväleihin, mikä samalla vähentää tehdyn vertailun arvoa tältä osin. Tärkeämpää on kuitenkin huomata suuren kustannustoteuman

²⁷ Hankkeen toteumatiedot on esitetty julkaisussa Liikennevirasto (2018).

viestivän siitä, että kyse oli aidosta epävarmuudesta ja että kyseessä oli näin ollen luonnostaan tilaajan kannettavaksi allokoitava riski, eikä menettelylle ole mielekäästä vaihtoehtoa. Tästä syystä vastaava vaihtoehtotarkastelu ei ole myöskään mielekäs etenkin päätöksentekomielessä. Esimerkki osoittaa osaltaan myös sen, miksi laskelmiin viitataan korostetusti mekaanisina havainnollistuksina.

Avaintulostavoitteiden osalta asetetut tavoitetasot toteutuivat ja monin osin myös ylittyivät, mutta ne pysyivät silti pääosin selvityksessä käytetyn ennakoarvioista johdetun vaihteluvälin puitteissa. Ainoa poikkeus tähän oli aikataulu väyläosuuden liikenteelle avaamisen osalta. Hankeosapuolten arvioiman riskien aikatauluvaikutuksen avulla huomioon otettu vaihtelu tunnisti kyllä puolen vuoden myöhästymisen ääri vaihtoehtona, mutta nopeutumisen arvioitu maksimiarvo jäi vain noin kolmanneksen toteutuneesta puolen vuoden aikaistumisesta. Yksi erikoisuus on niin ikään indeksin käyttäytyminen hankkeen rakennusvaiheen aikana, sillä sen vaikutus tavoitekustannukseen oli kokonaisuutena sitä alentava.

Rantatunneli-hankkeen toteutumatiiedot konkretisoivat osaltaan sen, että hankkeisiin liittyy paljon epävarmuutta, jota ei edes huolellisessa suunnittelussa kyetä täysin määrittelemään. Toisaalta yksittäisen hankkeen tulostiedot eivät tätä epävarmuutta pysty myöskään kattavasti avaamaan, vaan siihen tarvittaisiin suuri määrä hankkeita. Niiden erilaisuuden vuoksi kokonaiskuvan muodostaminen tällä tavoin olisi luultavasti myös jokseenkin mahdotonta. Tämä puoltaa myös osaltaan valittua lähestymistapaa, jossa monista edeltävistä hankkeista saadut kokemukset siirretään asiantuntijatyönä yhden hankkeen riskiarvioiksi ja tarkastelu tehdään näin syntyvän kokonaisnäkömyksen perusteella.

7.2 Menetelmä ja vertailuvaihtoehdot

Epävarmuuden vaikutusten arvioinnissa käytettiin simulointia, jossa laskentamallin eri lähtötietomuuttujien arvot haetaan satunnaisuutta hyödyntäen niille määritetyistä yksinkertaistetuista todennäköisyysjakaumista siten, että lukuisten laskentakierrosten yhteistuloksena kyetään luomaan kokonaiskuva järjestelmätason tulosmuuttujien epävarmuudesta. Tämä on sinänsä tavanomainen lähestymistapa epävarmuuden vaikutuksia jäljittävissä tarkasteluissa. Todennäköisyysjakaumana tässä käytetty kolmiojakauma on niin ikään yleisesti käytössä vastaavissa simuloinneissa.

Simulointi toistettiin sekä Rantatunneli-hankkeen suunnitelmia ja sopimusehtoja vastaavilla oletuksilla että muutamilla vaihtoehtoisilla rakenteilla. Suhteessa edelliseen eli niin sanottuun perustapaukseen näissä korostuvat muun muassa epävarmuuden lisääntyminen ja riskien siirto tilaajalta allianssille. Myös vaihtoehtoiset laskelmat perustuvat muilta kuin erikseen mainituilta osin alkuperäisiin oletuksiin, jotka voivat kuitenkin olla osin vääristyneitä vaihtoehtoisen tarkastelun näkökulmasta. Esimerkiksi laskelmissa käytetty palveluntuottajien palkkio on tarjous nimenomaan oletetun kaltaiseen hankkeeseen sen sopimusehdot ja riskit huomioon ottaen. Jos epävarmuus lisääntyy, se voi merkitä riskipreemion ja edelleen kokonaispalkkiotavoitteen kasvamista. Tätä vertailuvaihtoehtoja eivät ota huomioon, eikä kyse ole

siksi välttämättä luotettavasta päätösvaihtoehtojen vertailusta, vaan ensisijaisesti yksilöityjen muutosten suorien vaikutusten havainnollistamisesta.

Vaihtoehtotarkasteluja on toki tehty myös selvityksen yleisen hyödynnettävyyden näkökulmasta. Esimerkiksi riskien vaihteluvälin laajentamisella on haettu sitä, että työn tuloksia voitaisiin hyödyntää myös suurta epävarmuutta sisältävien hankkeiden taustatarkasteluissa. Edellisessä luvussa todettiin, että tämä toiminee vain varauksin. Sama koskee myös riskien yhteisesiintymistä, jonka tarkastelu perustuu kaikkien riskien korrelaatioon, mikä sellaisenaan on äärimmäinen yksinkertaistus. Lisäksi eri hankkeiden maksuperusteet voivat poiketa tämän selvityksen oletuksista,²⁸ mikä rajaa edelleen tulosten suoria hyödyntämismahdollisuuksia.

7.3 Tulokset ja johtopäätökset

Laskentatulokset havainnollistavat epävarmuuden vaikutusta hankkeen talouteen sopimusosapuolten näkökulmasta. Maksuperusteen toimivuus on sinänsä looginen, eikä tuloksissa ole erityisiä yllätyksiä, kuten olettaa sopii, sillä olihan vastaavaa maksuperusteratkaisua kehitetty ja käytetty jo pitkään australialaisissa rakennushankkeissa ennen kuin se otettiin käyttöön Rantatunneli-hankkeessa.

Yleisesti ottaen palveluntuottajan prosenttipalkkio pysyy suhteellisen vakaana hankkeen epävarmuuksista huolimatta, kun kustannusriskiä jaetaan sopimusosapuolten kesken. Silti kannustin kustannustehokkaaseen toteutukseen säilyy. Avaintulosalueiden kannustimet ohjaavat puolestaan laadukkaaseen toimintaan. Lisäpalkkiorahastoon sijoitettu alkupääoma pitää näitä kannustimia yllä, vaikka kustannustehokkuudessa ei ylittäisi ennakoidulle tasolle. Toisaalta kustannustehokkuudessa toteutuksissa kannustinvaikutuksen varmistaa lisäpalkkiorahastoon ohjattava säästöosuus siten, ettei suurten säästöjen yksinomainen tavoittelu saa liikaa valtaa. Epävarmuus tilaajan kustannuksissa on nyt toki tavanomaista suurempaa.

Rationaalisuudestaan huolimatta avaintulosaluekannustin näyttäytyy tilastollisessa tarkastelussa kuitenkin ongelmalliselta epäsymmetrisen luonteensa vuoksi. Kyse lienee kuitenkin enemmänkin haasteesta tarkastelutavassa kuin itse järjestelmässä. Epäsymmetrisuus ja sen vaikutus on kuitenkin huomioitava työn tulosten tulkinnassa ja kannustinjärjestelmän käyttöä suunniteltaessa.

Laskelmat havainnollistavat myös kustannustasomuutosten merkitystä. Jos jo itse toteutukseen sisältyä paljon epävarmuutta, kertaantuu se edelleen kustannustasoon liittyvän epävarmuuden myötä. Pitkäkestoisissa haastavissa hankkeissa onkin johdonmukaista, että kustannustasoriski on tilaajan kannettavana, koska vaikutusmahdollisuudet ovat vähäiset. Muutoin tavoitekustannuksen asettamista edeltävä kehitysvaihe on keskeinen työkalu siinä, että hankkeen haasteita saadaan ratkaistua ja riskejä minimoitua. Yhdessä riskienjaon, kannustimien ja avoimuuden kanssa tämä tarkoittaa sitä, että tilaaja ei maksa ylisuuria riskivaroja vaan todellisia kustannuksia hyötyjä vastaavasti, vaikka ratkaisu eliminoikin ehkä hyvin alhaisen kustannusten hankkeet ja aikainen kustannusvarmuus puuttuu.

²⁸ Vrt. yleisesti DTF (2006) sekä kyseisen ohjeen vastaava päivitysversio DIRD (2015).

Lähdeluettelo

- DIRD. 2015. National alliance contracting guidelines. Guide to Alliance Contracting. Canberra: Australian Government, Department of Infrastructure and Regional Development. 163 s.
- DTF. 2006. Project alliancing. Practitioners' guide. Melbourne: The Department of Treasury and Finance (DTF), State of Victoria. 144 s.
- Liikennevirasto. 2012a. Kehitysvaiheen allianssisopimus. Vt12 Tampereen tunneli, Allianssiurakka. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikennevirasto. 2012b. Tarkennettu tarjouspyyntö. Vt12 Tampereen tunneli, Allianssiurakka. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikennevirasto. 2013. Toteutusvaiheen allianssisopimus. Vt12 Tampereen tunneli, Allianssiurakka. Helsinki: Liikennevirasto.
- Liikennevirasto. 2018. Rantatunneli. Arvoa rahalle raportti. Helsinki: Liikennevirasto. 59 s.
- Rantatunnelin allianssiurakka. 2013. Hankesuunnitelma. Tampere: Rantatunneli, Allianssin johtoryhmä. 43 s.
- Rantatunnelin allianssiurakka. 2014. Arvoa rahalle raportti. KAS vaihe. Tampere: Rantatunneli, Allianssin johtoryhmä. 36 s.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Maarakennuskustannusindeksi [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-4063. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 8.2.2023]
<http://www.stat.fi/til/maku/index.html>
- SFS. 2011. Riskien hallinta. Sanasto. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto (SFS). SFS-opas 73. 19 s.
- Walker, D., Harley, J. & Mills, A. 2015. Performance of Project Alliancing in Australasia: a Digest of Infrastructure Development from 2008 to 2013. Construction Economics and Building, 15(1), 1–18.
<http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v15i1.4186>

Liite A: Kustannustasoon sisältyvä epävarmuus maarakennuskustannusindeksin perusteella

Yleisesti indeksi on suhdeluku, joka kuvaa tietyn muuttujan suhteellista tasoa tietynä ajankohtana suhteessa (aiemman) perusjakson tasoon. Perusjakson indeksipistelukujen keskiarvo on 100. Maarakennuskustannusindeksi kuvaa niiden kustannusten muutoksia, joita maarakennusalan yrittäjälle koituu panosten ostamisesta ja käyttämisestä. Maarakennuskustannusindeksistä tuotetaan pistelukuja osaindeksittäin sekä panosryhmittäin. Kokonaisindeksi kuvaa parhaiten laajan, erilaisia hankkeita sisältävän infrahankkeen kustannustasoa eri ajankohtina.

Kuva A1 esittää maarakennuskustannusindeksin kehitystä vuoden 2000 alusta vuoden 2022 loppuun kuukausitasolla.¹ Oranssi murtoviiva kuvaa kuukausittaista vaihtelua oikealla esitettävän asteikon mukaisesti. Kustannukset ovat siis pääsääntöisesti nousseet, mutta mukana on myös jaksoja, jolloin kustannustaso on alentunut. Kuvan harmaa alue esittää kumulatiivista kehitystä, ja sitä edustava asteikko on kuvan vasemmassa laidassa. Indeksien perusvuosi on 2000, eli indeksin keskimääräinen pisteluku vuonna 2000 oli 100. Tilastokeskuksen merkinnöin kyseessä on siis maarakennuskustannusindeksi 2000=100.

Sovitettaessa erilaisia todennäköisyysjakaumia indeksin kuukausimuutosaineistoon parhaimmaksi osoittautui Studentin t -jakauma taulukossa A1 esitettävien parametrien arvoin (kun testimuuttujien pienet arvot viestivät paremmuudesta). Kyseisen jakauman lisäksi taulukossa esitetään myös sellaiset parametrien arvot normaalijakaumalle, joilla se kuvaa ilmiötä mahdollisimman hyvin. Moni muu jakauma tosin kuvaa aineistoa paremmin kuin normaalijakauma, joka on kuitenkin yleisesti tunnettu, ja sen arvot luovat suuntaa antavan kuvan ilmiöstä, ja se voi monissa tapauksissa olla riittävä likiarvo kustannustasomuutoksille. Studentin t -jakauma huipukaampana jakaumana kuvaa kuitenkin muutosilmiötä selvästi paremmin.

Kuva A2 esittää indeksin tilastoaineiston ja siihen sovitetun taulukon A1 Studentin t -jakauman. Kuva A3 havainnollistaa normaalijakaumaa vastaavasti.

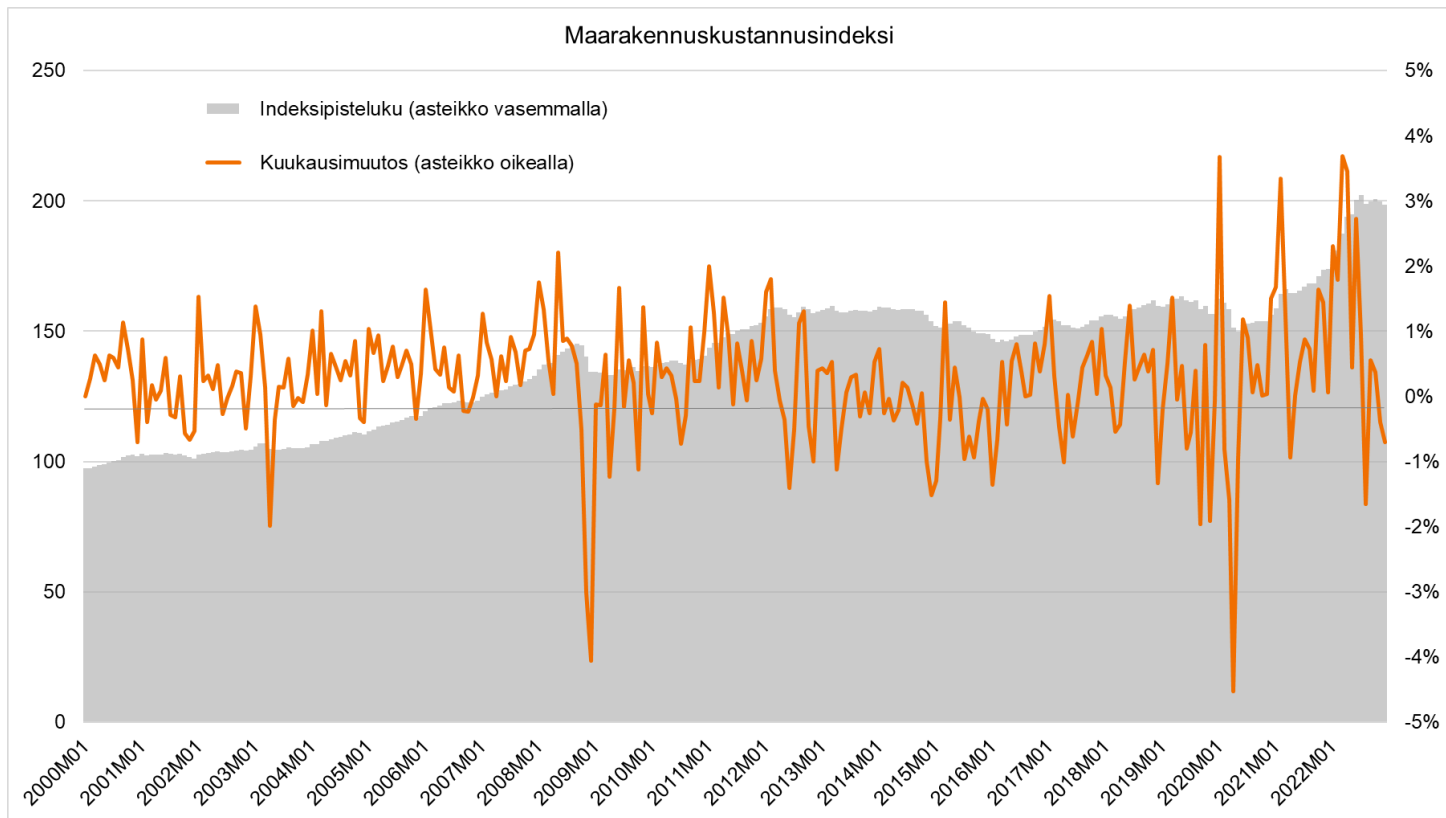
Taulukko A1. Markkinoiden kustannusmuutosten todennäköisyys.

Jakauma	Testimuuttujat		Parametrit		
	A-D (*)	AIC (**)	Keskiluku /keskiarvo	Laajuus/keskihaj.	Vapausaste
Student T	0,142241	-1848,422497	0,002764	0,005929	3
Normaali	4,302155	-1783,955575	0,002639	0,009512	–

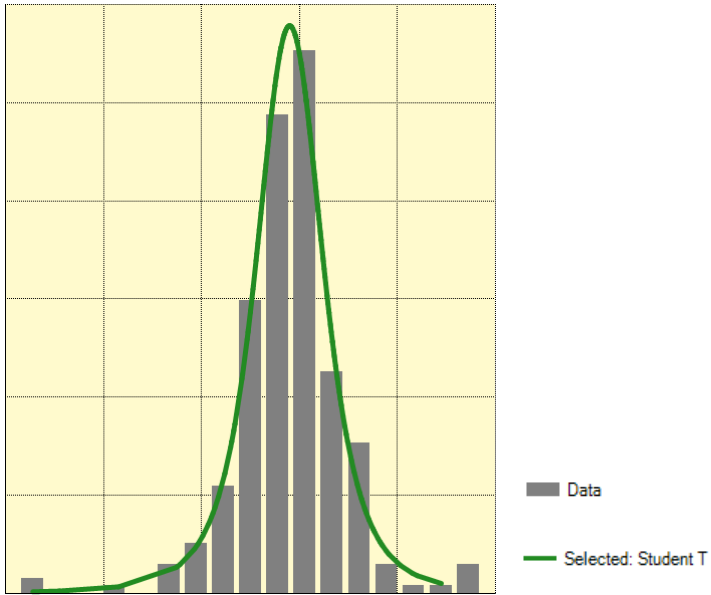
*) A-D: Anderson-Darling statistic

**) AIC: Akaike information criterion

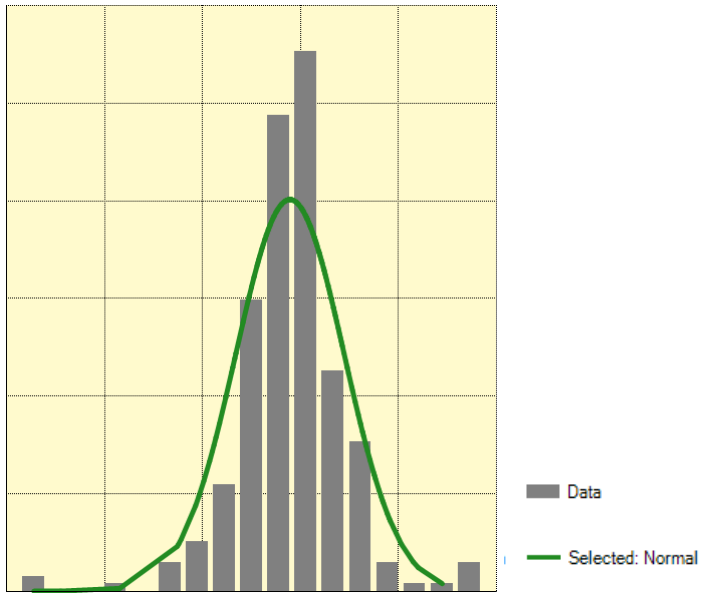
¹ Suomen virallinen tilasto (SVT): Maarakennuskustannusindeksi [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-4063. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 8.2.2023]. <https://stat.fi/tilasto/maku>



Kuva A1. Maarakennuskustannusindeksin kuukausimuutokset ja kehitys vuosina 2000–2022.



Kuva A2. Indeksiaineisto ja siihen sovitettu Studentin t -jakauma.



Kuva A3. Indeksiaineisto ja siihen sovitettu normaalijakauma.

Liite B: Hankkeiden tavoitekustannuksen toteutuminen ulkomaisen tutkimuksen valossa

Projekti-allianssia on hyödynnetty infrahankkeissa ensimmäisenä Australaasiassa, konkreettisemmin Australiassa ja Uudessa-Seelannissa. Toimintamalli syntyi hie-man ennen vuosituhannen vaihdetta, ja mallin käyttö yleistyi nopeasti, jolloin myös siihen liittyvää tutkimusta tehtiin aktiivisesti. Allianssin toimivuus ja ”arvo rahalle” on ollut yksi tutkimusteema, josta tehtiin aikanaan kyselypohjaisia selvityksiä Alliancing Association of Australasia -organisaation teettämänä.¹ Sittemmin näiden määräväläin tehtyjen selvitysten aineisto on koottu yhteen² ja koosteen keskeiset osat on julkaistu myös tieteellisenä artikkelina.³ Tämä tutkimuskokonaisuus on tiettävästi kattavin allianssin kustannusarvion toteutumista koskeva tarkastelu, ja siksi tämä katsaus keskittyy ainoastaan siihen.

Aineisto pitää sisällään 60 hanketta, jotka poikkesivat toisistaan melkoisesti niin hankeroon kuin töiden sisällön osalta. Hankkeista yksi ylsi yli miljardin Australian dollarin (AUD), noin kolmannes oli kooltaan 200–600 miljoonaa ja loput eli valtaosa olivat tätä pienempiä; viisi hankkeista oli kooltaan jopa alle kymmenen miljoonaa.⁴ Hankkeet olivat maantie- ja rautatiehankkeita sekä vesihuollon hankkeita: raiteiden lisäyksiä, sähköistyksiä, ohikulkuteitä, moottoritie-laajennuksia, vedenpuhdistamoja (raakavesi ja jätevesi), tunneleita ja patoja. Lähtökohtaisesti hankkeiden laajuus oli yhteistyöhön lähdetessä täsmentymätön, hankkeiden olosuhteisiin liittyi epävarmuutta tai hankkeiden odotettiin valmistuvan nopeasti.

Alliansseissa toteutusvaiheen sopimus pitää sisällään tavoitekustannuksen (TK) ja kustannustoteutumaa seurataan avoimesti, koska nämä molemmat summat ovat määrittelemässä palveluntuottajille maksettavaa korvausta jaettujen riskien periaatteella toimittaessa. Näin ollen hankkeiden kustannuksia tarkastellaan seuraavassa kolmen luvun avulla. Nämä ovat toteutusvaiheen sopimukseen kirjattu *alkuperäinen tavoitekustannus*, toteutusvaiheen aikana tehty laajuusmuutokset huomioon otava *lopullinen tavoitekustannus* ja hankkeen valmistumisen myötä selviävä *kustannustoteuma* (KT). Laajuusmuutokset voivat olla sekä negatiivisia (hankelaajuus pienenee) tai positiivisia (hankelaajuus kasvaa). Luonnollisesti myös kustannustoteuma voi joko alittaa tai ylittää sovitun (lopullisen) tavoitekustannuksen.

Hankkeiden kustannustoteutumaa tarkastellaan tässä koosteessa näin ollen seuraavan kolmen tunnusluvun osalta:

- Laajuusmuutos [%] = $(\text{lopullinen TK} - \text{alkuperäinen TK}) / \text{alkuperäinen TK}$
- Kustannuspoikkeama [%] = $(\text{KT} - \text{lopullinen TK}) / \text{lopullinen TK}$
- Kokonaispoikkeama [%] = $(\text{KT} - \text{alkuperäinen TK}) / \text{alkuperäinen TK}$

¹ Blismas & Harley (2008), Mills & Harley (2010), Walker & Harley (2013)

² Walker et al. (2013)

³ Walker et al. (2015)

⁴ Valuuttakurssit vaihtelevat, mutta euromääräinen arvo lienee suuruusluokkana tyypillisesti kaksi kolmannesta Australian dollarimääräisinä (AUD) esitetystä numeroarvoista.

Hankeaineisto sisälsi tiedot lopullisesta tavoitekustannuksesta ja kustannusto-teumasta kaikista 60 hankkeesta, joten kustannusalituksia ja -ylityksiä voitiin tarkas-tella tällä hankemäärällä. Toteutusvaiheen sopimuksen alkuperäinen tavoitekustan-nus oli sen sijaan tiedossa vain 50 hankkeesta, joten laajuusmuutosten tarkastelu perustuu edellistä suppeampaan aineistoon. Sama koskee luonnollisesti kokonais-poikkeamaa. Alkuperäinen tarkat kustannustiedot sisältävä hankeaineisto on ollut käytössä tässä esiteltävää katsausta koostettaessa.

Selvitystyössä kaikille hankkeille laskettiin ensin edellä kuvatut suoritusta kuvaavat tunnusluvut. Tunnuslukuryhmittäin aineistoon sovitettiin sitten laskennallisesti lukui-sia erilaisia todennäköisyysjakaumia, joista edustavimmat esitetään kuvissa B1–B3 ja taulukossa B2. Jakaumien sovitusta on tehty Excelin lisäosilla Crystal Ball (Oracle) ja Simulación 5.0 (José Ricardo Varela), joista jälkimmäinen sisältää suuremman määrän jatkuvia jakaumia, mikä on yksi syy siihen, että tulokset poikkeavat ohjelmien välillä. Toki tulokset ovat herkkiä myös hankkeiden ryhmittelyssä käytetylle askelpi-tuudelle (eli aina yhteen grafiikkapylvääseen sisällytettyjen arvojen vaihteluvälille).

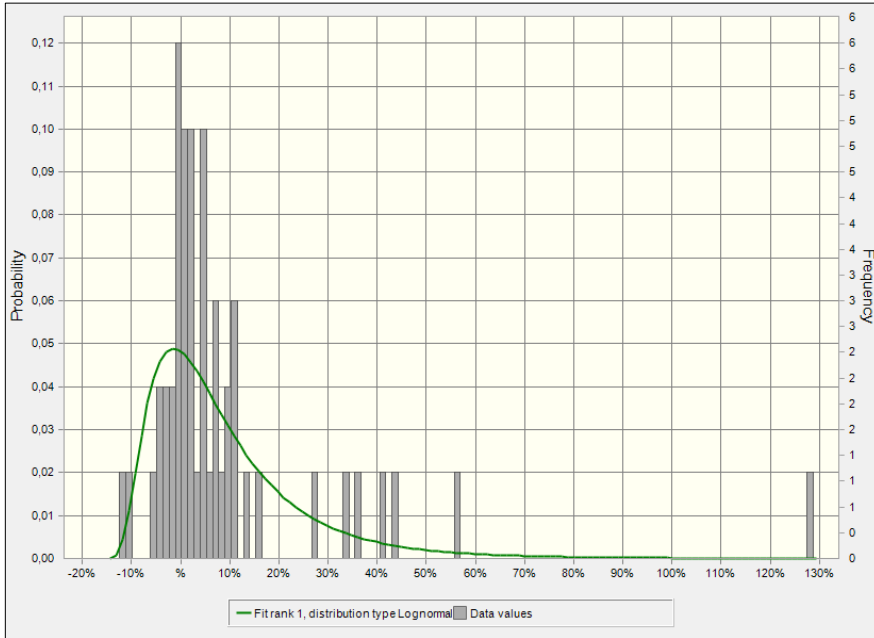
Taulukkoon on listattu molempien ohjelmien osalta parhaimmiksi arvioidut ja-kaumat sekä näiden vertailulaskelmat toisessa ohjelmassa siltä osin kuin ohjelmien ominaisuudet sen mahdollistavat. Crystal Ball -ohjelman tuottamat jakaumat saavat Simulación-tarkastelussa jokseenkin saman A-D-testin⁵ arvon, joten tulokset ovat näiltä osin hyvin samanlaisia. Simulación-ohjelman parhaana pitämiä jakaumia ei sisälly Crystal Ball -ohjelmaan, mutta niiden testiarvot ohittavat kuitenkin vaihtoeh-toisten jakaumien testiarvot. Näin on oletettavaa, että Simulación-ohjelman tuotta-mat jakaumat edustavat aineistoa hieman paremmin. Huomattavaa myös on, että Simulación-sovitukset tuotti myös muita jakaumia, jotka se arvioi esitettävää Crystal Ball -sovituksen tuottamaa vaihtoehtoista jakaumaa edustavammaksi.

Kuvissa B1–B3 tukeudutaan kuitenkin Crystal Ball -ohjelman tuloksiin ja sen tuot-tamiin kuviin, sillä nämä ovat Simulación-sovelluksen kuvia informatiivisempia ja palvelevat varmasti riittävän hyvin jakaumien yleisinä havainnollistuksina.

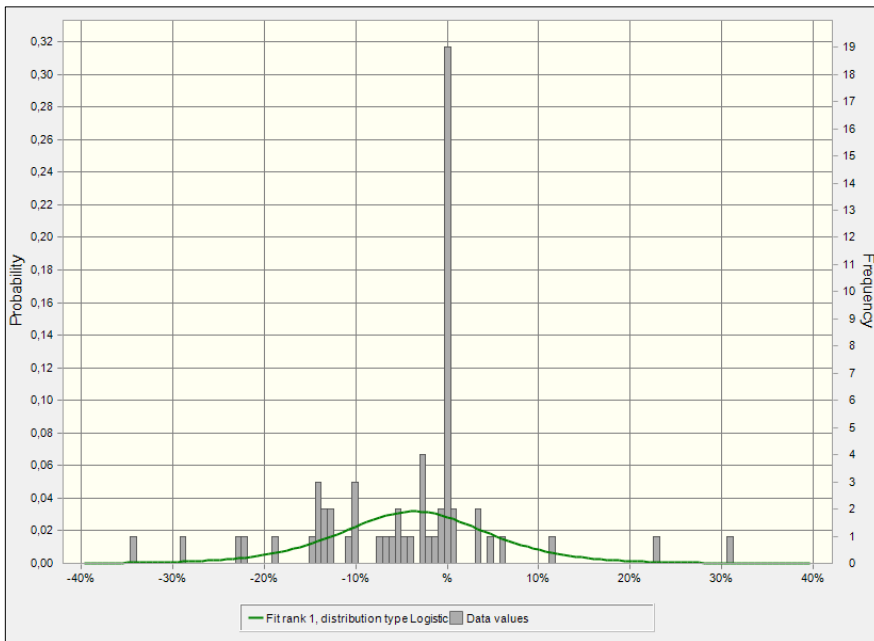
Kuva B1 esittää hankkeiden laajuusmuutokset, joita voi olla toisinaan hyvinkin paljon ja jotka tyypillisimmin kasvattavat hankekokoja. Kuva B2 viestii, että suurella todennäköisyydellä kustannukset ovat pysyneet lopullisen tavoitekustannuksen ta-solla tai jopa alittaneet sen selvästi. Vaihtelua on kuitenkin paljon. Toteutuksenai-kaisten laajuusmuutosten ja kustannusten vaihtelun johdosta poikkeama alkuperäi-seen tavoitekustannukseen on kuitenkin tätä suurempi (kuva B3). Mitään oleellista korrelaatiota eri muutosten välillä ei ole havaittavissa tässä aineistossa.

Aineistoon sisällytettyjen hankkeiden toteutusajankohtana on ollut tavanomaista, että allianssi kantaa tavanomaisen kustannustasomuutoksiin liittyvän riskin. Näin ollen kustannustasomuutokset sisältynevät pääosin kuvassa B2 esiintyvään vaihte-luun (eivätkä kuvaan B1 mahdollisia poikkeuksia lukuun ottamatta).

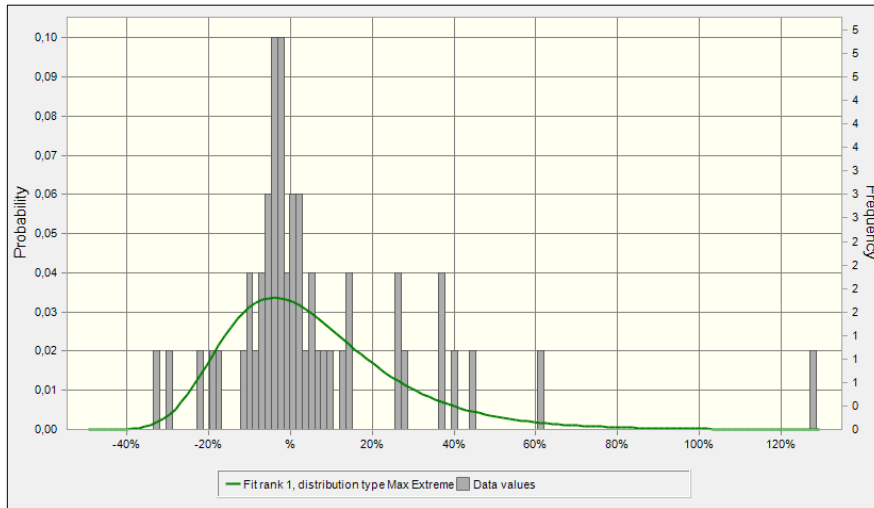
⁵ A-D-testi viittaa Anderson-Darling-testiin, jossa pieni luku edustaa paremmuutta, sillä testin tuottama lukuarvo kuvaa tietyin ehdoin laskettua havaintoaineiston ja sovitun jakauman eroavaisuutta. Testejä on erilaisia, eikä niiden paremmuus ole täysin yksikäsitteinen, mutta A-D on vahva testi, minkä lisäksi se on ainoa testi, jonka mukaisen tunnusluvun molemmat tässä tarkastelussa käytetyt ohjelmistot kykenevät tuottamaan.



Kuva B1. Hankkeiden suhteelliset toteutusvaiheen aikaiset laajuusmuutokset.



Kuva B2. Hankkeiden suhteelliset kustannuspoikkeamat toteutuksessa.



Kuva B3. Hankkeiden laajuusmuutosten ja kustannuspoikkeamien yhteisvaikutus.

Kuvissa B1–B3 esiintyvien todennäköisyysjakaumien tyypit ja tunnusluvut esitetään taulukossa B1 yhdessä vastaavien havaintoaineistosta laskettujen tunnuslukujen kanssa. Taulukko B2 esittää puolestaan sovituksen tuottamien jakaumien parametrien arvot sekä sovituksen kelpoisuutta kuvaavat tunnusluvut.

Taulukko B1. Katsauksen tuloskuivissa esitetyt jakaumat ja niiden tunnusluvut.

	Kuva B1: Laajuusmuutos		Kuva B2: Kustannuspoikkeama		Kuva B3: Kokonaispoikkeama	
	Lognormal	Otos	Logistic	Otos	Gumbel	Otos
Arvoja [kpl]	—	50	—	60	—	50
Keskiarvo	9 %	10 %	−4 %	−4 %	6 %	6 %
Mediaani	5 %	3 %	−4 %	−1 %	2 %	−1 %
Moodi	−2 %	—	−4 %	—	−5 %	−10 %
Keskihajonta	16 %	22 %	10 %	10 %	22 %	25 %
Varianssi	3 %	5 %	1 %	1 %	5 %	6 %
Vinouskerroin	2,33	3,49	0,00	0,11	1,25	2,46
Huipukkuuserroin	13,95	17,90	4,20	5,59	5,89	11,83
Variaatiokerroin	1,83	2,30	−2,64	−2,48	3,89	4,31
Minimiarvo	−15	−12 %	−∞	−34 %	−51 %	−33 %
Maksimiarvo	∞	128 %	∞	31 %	∞	128 %
Keskivirhe	—	3 %	—	1 %	—	4 %
Prosenttipiste 10 %	−6 %	—	−15 %	—	−18 %	—
Prosenttipiste 90 %	29 %	—	8 %	—	33 %	—

Taulukko B2. Sovituksen tuottamat todennäköisyysjakaumat parametriarvoineen sekä vastaavat testimuuttujien arvot.

(*)	Jakauma	Parametrit							A-D (**)	AIC (**)
Laajuusmuutos										
CB	Lognormal	Location	-0,154069	Mean	0,089635	Std. Dev.	0,164147	—	1,6491	
Sim	Lognormal	Shift	-0,154074	Mean	-1,598821	Std. Dev.	0,605468	—	1,6503	-74,1636
Sim	LogLaplace	Shift	-0,193604	Inflection point	0,01087	Scale	4,395861	Shape	2,387854	0,3463
										-91,2549
Kustannuspoikkeama										
CB	Logistic	Mean	-0,036115	Scale	0,052573	—			2,2006	
Sim	Logistic	Shift	-0,037489	Scale	0,051309	—			2,214906	-116,1023
Sim	Log Laplace	Shift	-0,654655	Inflection point	0	Scale	7,043026	Shape	16,196425	1,570333
										-139,3840
Kokonaispoikkeama										
CB	Max Extreme	Likeliest	-0,039368	Scale	0,164946	—			1,3191	
Sim	Gumbel (***)	Shift	-0,039375	Scale	0,164929	—			1,33983	-24,6611
Sim	Log Laplace	Shift	-0,677225	Inflection point	-0,027778	Scale	6,884689	Shape	4,425725	0,356184
										-42,1942

*) Käytetty ohjelma: CB = Crystal Ball, Sim = Simulación 5.0

**) Kriteerit: A-D = Anderson Darling -testi, AIC = Akaike Information Criterion

***) Max Extreme = Gumbel (eli samasta tilastollisesta todennäköisyysjakaumasta käytetään eri nimiä)

Tietyn jakauman allekkain esitetyt parametrit vastaavat toisiaan, vaikka niistä käytetään (ohjelman mukaisia) poikkeavia nimityksiä.

Lähdeluettelo

- Blismas, N. & Harley, J. 2008. Alliances Performance in Public Sector Infrastructure. A survey on Alliances Performance in Public Sector Infrastructure projects across Australia. Melbourne, VIC: School of Property, Construction and Project Management, RMIT University.
- Mills, A. & Harley, J. 2010. Alliance performance and perception survey in public sector infrastructure 2010. A survey alliance performance and value perception in public sector infrastructure projects across Australia. Crows Nest, NSW: Alliancing Association of Australasia (AAA).
- Walker, D. & Harley, J. 2013. Survey of alliances performance in public sector infrastructure 2012. Melbourne, VIC: School of Property, Construction and Project Management, RMIT University.
- Walker, D., Harley, J. & Mills, A. 2013. Longitudinal Study of Performance in Large Australasian Public Sector Infrastructure Alliances 2008-2013. Melbourne, VIC: School of Property, Construction and Project Management, RMIT University.
- Walker, D., Harley, J. & Mills, A. 2015. Performance of Project Alliancing in Australasia: a Digest of Infrastructure Development from 2008 to 2013. *Construction Economics and Building*, 15(1), 1–18.
<http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v15i1.4186>

Liite C: Epävarmuuden huomiointi vaativien kotimaisten hankkeiden kustannusarvioissa

Tavoitekustannus on allianssin toteutussopimukseen kirjattava sopimusosapuolten yhteinen näkemys hankkeen todennäköisestä kustannuksesta. Sen määrittämistä edeltää osapuolten yhdessä toteuttama kehitysvaihe, jonka aikana hankkeen toteutusratkaisu suunnitellaan mahdollisimman taloudelliseksi. Yhteistyössä vaatimusten ja ratkaisujen yhdistelmää on mahdollista optimoida kokonaisuutena samalla, kun hankkeen toteutukseen liittyvää epävarmuutta pyritään vähentämään. Näin ollen tällaisen kustannusarvion voidaan olettaa olevan keskimäärin tarkempi kuin tapauksissa, joissa eri osapuolten osaamista ei hyödynnetä kattavasti.

Toisaalta projektiallianssi on kuitenkin jo lähtökohtaisesti vaativien, ainutkertaisen ja paljon riskejä sisältävien hankkeiden toteutusmuoto, jolloin myös kehitysvaiheen kustannusarvion voi olettaa sisältyvän huomattavan paljon epävarmuutta. Läheskään kaikkia toteutuksen riskejä ei ole mahdollista eliminoida edes kohtuullisella ennakkosuunnittelulla. Kustannusarvion voi siten olettaa sisältyvän paljon vaikeasti arvioitavia riskejä, eikä arvion tarkkuus ole siksi myöskään yksikäsitteinen.

Tässä katsauksessa paneudutaan muutaman esimerkkihankkeen avulla siihen, millainen allianssihankeiden tavoitekustannuksen epävarmuus voi yleensä olla, vaikka samalla on syytä muistaa, että muutaman hankkeen sisältävä katsaus ei mahdollista pitkälle meneviä yleistyksiä. Niin ikään oleellista on tiedostaa, että hankkeisiin sisältyy käytännössä aina myös kustannustaso- ja laajuusmuutoksista johtuvaa muuta kustannuspoikkeamaa, jota ei ole sisällytetty tähän tarkasteluun.

Hankkeiden kuvaus

Tavoitekustannukseen sisältyvän epävarmuuden laajuutta tarkastellaan tässä katsauksessa neljän vaativan infrahankkeen (hankeosan) kustannusarvioiden avulla:

- **Hanke A: Tampereen rantatunneli.** Hankkeessa aiemmin maanpäällisenä edennyt Valtatie 12 siirrettiin tunneliin kaupungin keskusta-alueella. Tunneliosuuden kokonaispituus on reilut 2,3 kilometriä. Molemmilla ajosuunnilla on erilliset tunnelit, joissa kummassakin on turvakaista mukaan lukien kolme kaistaa. Lisäksi työn edellyttämät tie- ja katujärjestelyt, johto- ja laitesierrot sekä tunnelin päissä sijaitsevat eritasoliittymät sisältyivät hankkeeseen. Hankkeen rakentaminen ajoittui vuosille 2013–2017, ja sen suuruusluokka on reilut 200 miljoonaa euroa.
- **Hanke B: Lahden eteläinen kehätie.** Osana laajempaa kokonaisuutta toteutetussa hankeosassa (1B) rakennettiin Valtatie 12:n kaupungin keskustan etelänpuoleinen osuus uuteen maastokäytävään nelikaistaisena moottoritienä. Noin viisi kilometriä pitkä tieosuus sisälsi kaksi uutta tunnelia, joiden yhteispituus on 1,3 kilometriä. Lisäksi hankkeeseen kuului eritasoliittymiä sekä lisäkaistojen rakentamista liittyvällä Valtatie 4:llä yli kahden kilometrin matkalla. Hankkeen rakentaminen ajoittui vuosille 2018–2020, ja sen suuruusluokka on 200 miljoonaa euroa.

- **Hanke C: Kalasatamasta Pasilaan -raitiotie, Helsinki** (pohjoispään hankeosa). Hankeosassa rakennetaan kaupunkiympäristössä noin kaksi kilometriä uutta kaksiraiteista raitiotielinjaa sekä uudistetaan olemassa olevaa raitiotielinjaa noin kilometrin osuudelta. Työhön sisältyy lisäksi mittava määrä katujen rakentamista ja muutoksia raitiotien linjauksella, liittyvän pyöräilybaanan ja puiston rakentaminen sekä tarvittavat kunnallistekniikan siirrot. Hankkeen rakentaminen ajoittuu vuosille 2021–2024, ja hankeosan suuruusluokka on reilut 100 miljoonaa euroa.
- **Hanke D: Kruunusillat-raitiotie, Helsinki**. Hankkeessa rakennetaan keskusta-alueelta idän suuntaan uusi raideyhteys, jonka kokonaispituus on kahdeksan kilometriä. Hankkeeseen kuuluu raitiotien rakentamisen ja käytön kannalta välttämättömät katurakenteiden muutostyöt, jalankulkuväylä ja pyöräliikenneyhteys. Raideyhteys sisältää kolme mittavaa vesistösiltaa, joista suurin rakennetaan kuitenkin erillisessä urakassa allianssin ulkopuolella. Hankkeen rakentaminen ajoittuu vuosille 2021–2026, ja allianssiosion suuruusluokka on 500 miljoonaa euroa.

Hankkeiden suuruusluokalla viitataan alkuperäiseen tavoitekustannukseen, joka on muutettu pyöristäen katsauksen julkaisuajankohdan (12/2023) kustannustasoon.

Lähtötiedot ja laskentamenetelmät

Useimmissa esimerkkihankkeissa hankeosapuolet käyttivät jakaumapohjaista riskiarviointia jo osana hankkeen tavoitekustannusarvion laadintaa, ja tässä esitettävät riskiprofiilit perustuvat näin määriteltyyn hankkeita toteuttavien tahojen riskinäkemykseen. *Hanke A* oli kuitenkin poikkeus simuloinnin osalta, vaikka siinäkin riskien tuoma epävarmuus otettiin huomioon todennäköisyyspohjaisesti. Tätä katsausta varten hankeosapuolten esittämistä riskikohtaisista varausosuuksista muodostettiin kolmiojakaumat siten, että niiden odotusarvot muodostuivat varauksen suuruiseksi: kun kolmiojakauman minimi ja todennäköisin arvo vastaavat nollaa (ei muutosta peruslaskelmaan), on kolmion kärki (maksimi) kolme kertaa varauksen suuruinen. Tämän menettelyn voidaan olettaa olevan käypä (vaikkakin likiarvoinen), sillä uhkat ja mahdollisuudet oli käsitelty hankkeessa erikseen eikä yksittäisten riskien arviot sisältäneet molempia elementtejä. Näin konstruoitua mallia simuloitiin sitten kokonaisuutena osana tässä katsauksessa raportoitavaa työtä.

Hankkeissa B–D simulointi oli sen sijaan käytössä jo hankkeiden kustannusarvion laadinnassa. Hankkeesta B oli tätä katsausta laadittaessa käytössä hankkeen osapuolten alkuperäisen simuloinnin tuloksena saadut varmuustasojen prosenttipisteitä vastaavat kustannustasot, jotka mahdollistivat sellaisen ratkaisun muodostamisen, että sen simulointitulokseen oli mahdollista sovittaa laskennallisesti jäljempänä esitettävä todennäköisyysjakauma. Hankkeen C osalta menettely oli vastaava, mutta hankekokonaisuuden koostuessa kolmesta vaiheittain tehtävästä sopimuksesta summattiin osioiden vastaavien prosenttipisteiden kustannustasot kokonaiskustannusten varmuustasojen määrittämiseksi. Samoin tavoitekustannuksena käsiteltiin kolmen hankeosan tavoitekustannuksen summaa. Kyseessä on luonnollisesti likiarvo sille, että kolme hankeosiota simuloitaisiin yhdessä erässä.

Hankkeen D osalta käytössä oli kattavat alkuperäiset eriteltyt riskiarviot, joita simuloitiin alkuperäistä menettelyä vastaten kolmiojakaumina. Kustannusvaihtelun lisäksi kolmiojakaumaolettama koski myös erikseen tarkasteltavaa riskien esiintymistiheyttä, joka oli määritelty erikseen jokaiselle riskille, ja laskennallinen tulos määrytyi esiintymistiheyden ja kustannusvaikutuksen yhteistuloksena. Huomattavaa on, että samankaltaisia menettelyjä oli ollut käytössä myös hankkeiden B ja C alkuperäisessä riskilaskennassa, minkä lisäksi myös panoskustannuslaskelma oli tehty osin epävarmuuden sisältävänä. Hankkeissa B–D yksilöityjä riskejä oli satoja, mutta hankkeen A simuloinnissa niitä oli vajaa neljäkymmentä.

Vaikka esitettävät riskiprofiilit perustuvatkin hankeosapuolten riskinäkemysiin, ne eivät sellaisenaan vastaa täysin hankkeen päätöksenteossa käsiteltyjä riskiprofiileja. Ne tarjoavat kuitenkin hyvän yleiskuvan osapuolten riskinäkemuksesta.

Hankkeiden kustannusarvion epävarmuus

Hankkeiden A–D tavoitekustannukseen sisältyvä arvioitu epävarmuus esitetään sovitun tuloksena saatuina todennäköisyysjakaumina (tiheysfunktioina) kuvassa C1. Kukin jakauma kuvaa todennäköisyyksiä (pystyakseli) erisuuruisille tavoitekustannuksen ylityksille (+) ja alituksille (–) (vaaka-akseli), kun toteuman kustannuspoikkeamat esitetään suhteessa (%) hankkeen alkuperäiseen tavoitekustannukseen (poikkeamaprosenttien kymmenyksien jaolla). Tosin tavoitekustannuksesta on vähennetty ensin kustannusnousuvaraus, mikäli kustannustasoriski on allianssilla (hanke B). Kuva C2 esittää puolestaan kuvan C1 jakaumia vastaavat kertymäfunktio, eli ne viestivät (pystyakselilla) sen, kuinka todennäköisesti tietty suhteellinen kustannustaso (toteuman poikkeama tavoitekustannuksesta) alitetaan.

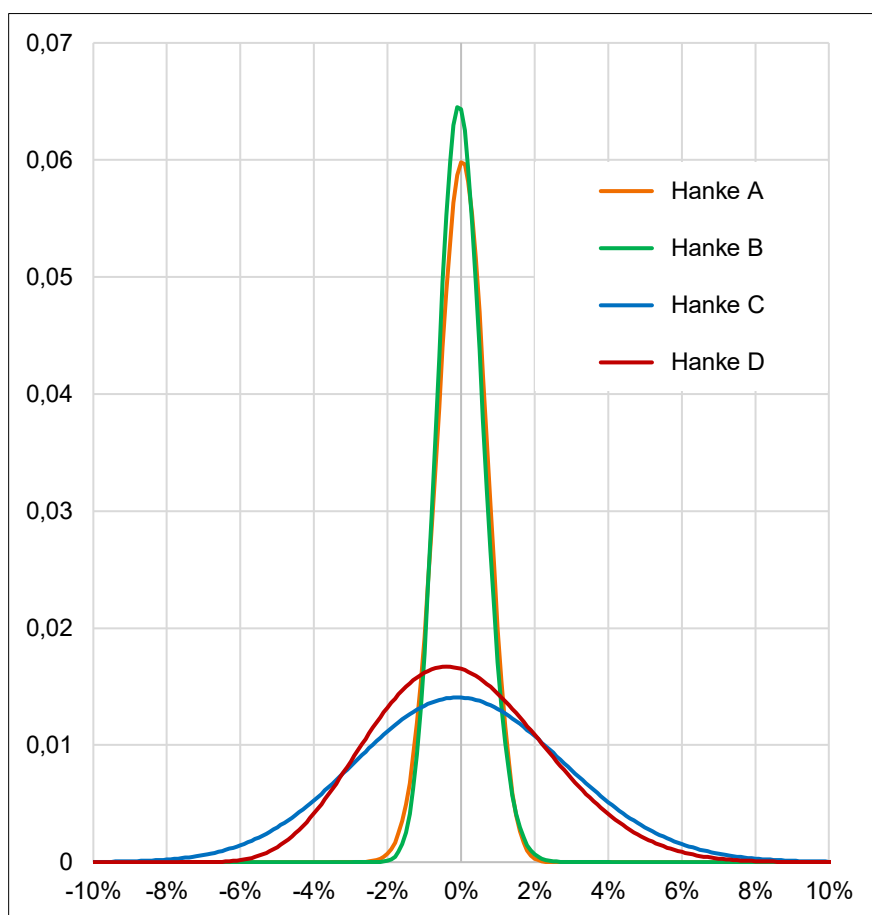
Kaikkien jakaumien odotusarvo on nolla (0 %), sillä jakauman odotusarvon oletetaan tässä vastaavan hankkeen tavoitekustannusta siitä huolimatta, että tavoitekustannus on saatettu todellisuudessa asettaa oletusarvosta poikkeavilla varmuustasoilla (vrt. kertymäkäyrän prosenttipisteet) tai muilla oletuksilla. Laskelmaolettamana oli siis tavoitekustannuksen sisältämä riskien odotusarvoa vastaava varaus.

Taulukossa C1 esitetään keskeisiä tunnuslukuja hankkeiden jakaumasovituksen tuloksena saaduista todennäköisyysjakaumista. Monien hankkeiden osalta jakauman keskimääräinen arvo (mediaani) ja useimmin esiintyvä arvo (moodi) ovat hieman odotusarvon vasemmalla puolella, mikä on luonnollista näiden jakaumien ollessa positiivisesti vinoja (eli jakauman oikea lieve on vasenta loivempi). Tosin vinous on vähäistä ja useimmat jakaumat näyttävät jokseenkin symmetrisinä. Taulukon alaosan luvut esittävät sellaiset suhteelliset kustannustoteumat, joiden alapuolelle sijoittuu mainitun prosenttiosuuden (5 % ja 95 %) osoittama määrä aineistosta. Taulukon alin rivi kertoo näiden kustannustasojen etäisyyden prosenttiyksiköinä (tavoitekustannuksesta), eli 90 prosenttia koko aineistosta osuu vastaavan suuruiselle välille. Se kuvaa siis tilannetta, jossa viisi prosenttia aineistosta on otettu pois jakauman molemmista päistä, jotteivat harvoin toteutuvat ääriarvot tai tilastolisten jakaumien ääripitkät liepeet korostu vertailussa.

Mielenkiintoista kuvissa on ensinnäkin tiehankkeiden (A ja B) hyvin samankaltaiset suhteelliset riskiprofiilit, vaikka hankkeet ovat aina yksilöllisiä ja hankkeiden

kustannusarviot ovat tässäkin tapauksessa eri yritysten hieman erilaisin menetelmin laatimia. Raitiotiehankkeiden epävarmuus on puolestaan edellistä suurempaa, mitä selittää ainakin osin niiden teknisyyks ja kaupunkiympäristön monet sidonnaisuudet.

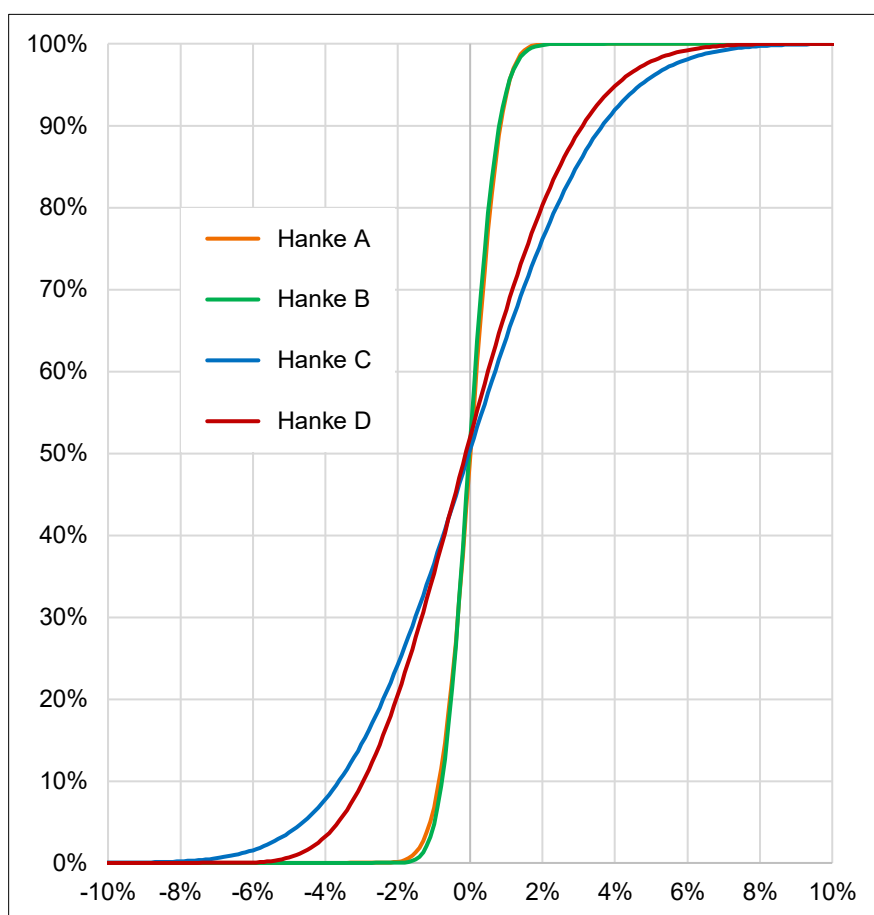
Katsauksen tuloksia tarkasteltaessa on myös oleellista tiedostaa, että esitetyt riskiprofiilit eivät tässä kuvaa hankkeiden epävarmuutta kokonaisuudessaan, vaan lähinnä tavoitekustannukseen sisältyvän tunnistetun epävarmuuden. Hankkeissa voi tämän lisäksi olla muita riskejä, jotka tilaaja on ottanut kantaakseen tavoitekustannuksen ulkopuolella. Syynä on yleisimmin se, että epävarmuus on luonteeltaan sellaista, että toteutumistodennäköisyyksiä ei ole mahdollista määrittää, tai kyse on tapahtumista, joihin osapuolilla ei ole juurikaan vaikutusmahdollisuutta. Näin riskien sisällyttäminen osaksi allianssin tavoitekustannusta ei ole mielekästä. Usein tällaiset riskit vastaavat suuruudeltaan muutamaa prosenttia tavoitekustannuksesta, joskin niiden laajuuden määrittelykin on kyseenalaista aidon epävarmuuden vuoksi.



Kuva C1. Esimerkkihankkeiden kustannusten todennäköisyysjakaumat.

Taulukko C1. Esimerkkihankkeiden kustannustodennäköisyyksien tunnuslukuja.

	Hanke A	Hanke B	Hanke C	Hanke D
Keskiarvo	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Mediaani	0,01 %	-0,02 %	-0,03 %	-0,12 %
Moodi	0,04 %	-0,06 %	-0,09 %	-0,38 %
Keskihajonta	0,66 %	0,62 %	2,84 %	2,33 %
Vinous	-0,11	0,20	0,06	0,27
Huipukkuus	2,91	3,06	3,01	2,87
5 %	-1,10 %	-0,98 %	-4,61 %	-3,64 %
95 %	1,07 %	1,05 %	4,72 %	4,04 %
Vaihteluväli 90 %	2,17 %	2,04 %	9,33 %	7,68 %



Kuva C2. Esimerkkihankkeiden kustannusten todennäköisyyksien kertymäkäyrät.

Liite D: Havainnollistus rinnakkaisten riskien aiheuttamasta kokonaisepävarmuudesta

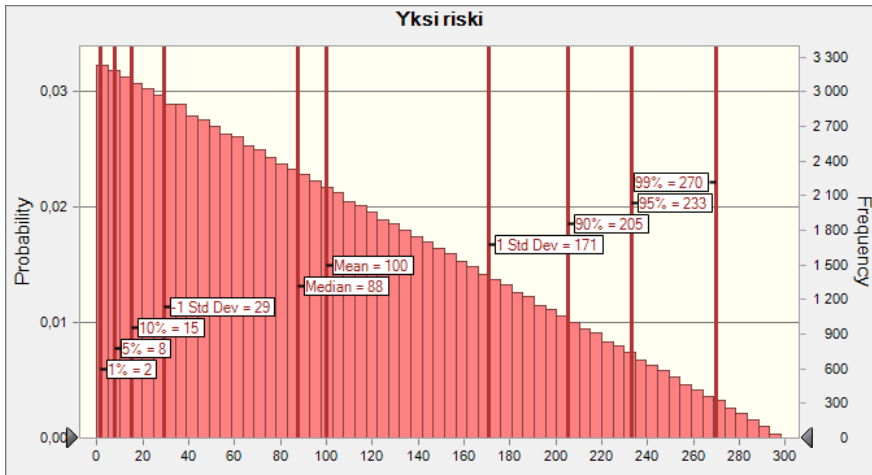
Rakennushankkeisiin liittyy paljon epävarmuutta monista eri syistä. Erilaisia riskejä voi olla satoja, minkä lisäksi eri riskien yhteisvaikutus tuo mukanaan oman lisänsä jo sinällään haasteelliseen yksittäisten riskien vaikutusarviointiin. Toki satunnaisuutta ja todennäköisyyksiä hyödyntävä simulointi on nykyisin apuna monissa isoissa ja vaativissa hankkeissa, mutta aina näin ei ole. Joka tapauksessa muutamien yhteisvaikutukseen liittyvien ilmiöiden ymmärtäminen on hyödyksi.

Seuraava esimerkki pyrkii valottamaan haastetta pieneltä osaltaan tarkastelemalla riskien yhteisesiintymistä ja sen vaikutusta hankkeen kokonaisepävarmuuteen. Havainnollisuuden vuoksi kaikki riskit ovat tässä uhkia (eli niillä on toteutusaan kustannuksia nostava vaikutus) ja ne ovat luonteeltaan (jakauman muodon osalta) identtisiä. Yksittäisen uhkan osalta pienet kustannusarvion perustason ylitykset ovat todennäköisempiä ja suuret ylitykset epätodennäköisiä, eli kyseessä on kolmiojakauma, jonka pienin arvo sekä useimmin esiintyvä arvo ovat molemmat nolli (eli ei muutosta kustannusarvioon), odotusarvo 100 ja suurin arvo 300. Tällainen jakauma esitetään kuvassa D1 puhtain luvuin ilman yksiköitä.

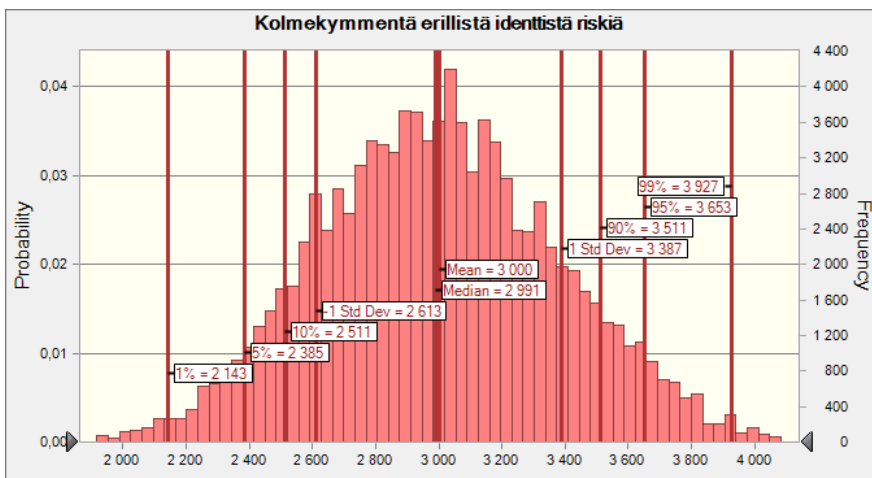
Kyseessä on siis riskiarvio, joka täydentää peruskustannusarviota ja jonka avulla voidaan arvioida esimerkiksi sopimukseen sisällytettävän riskivaruksen suuruutta. Samassa yhteydessä mahdollisuuksia voidaan käsitellä erikseen uhkien peilikuvinä, vaikka tässä niin ei ole menetelty. Tällainen kolmiojakauma ei myöskään ole ainoa tapa käsitellä riskejä, vaikkakin se on sinänsä validi niin uhkien kuin toisaalta mahdollisuuksien arviointiin. Vaihtoehtona voisi olla vaikka jakauma, jossa todennäköisin arvo on jakauman pienimmän ja suurimman arvon välillä. Tällöin kyseessä olisi riski, jonka vaikutussuunta voi vaihdella uhkasta mahdollisuuteen. Havainnollistuksessa käsitellään siis vain yhtä kuvitteellista pelkistettyä esimerkkiä.

Kuvassa D2 esitetään simulointitulokset tapauksesta, jossa esitetyn kaltaisia (kuvan D1) riskejä on kolmekymmentä, ja malli on simuloitu läpi satunnaisuutta hyödyntäen lukuisia kertoja. Kuva D3 esittää puolestaan vastaavan tuloksen tapauksessa, jossa näitä itsenäisiä, ilman riippuvuussuhdetta esiintyviä uhkia on kolme sataa. Kuvista huomataan, että yksittäisten uhkien odotusarvojen summa vastaa suoraan kaikkien uhkien kokonaisvaikutuksena muodostuvaa uhkien odotusarvoa, mutta erillisriskien tapauksessa niiden toteutuminen vaihtelevasti aiheuttaa sen, että vaihtelu kokonaistoteutumassa jää suhteellisesti ottaen sitä vähäisemmäksi, mitä suurempi uhkien lukumäärä on. Tätä ilmiötä konkretisoi taulukossa D1 muutamien muiden avainlukujen kera esitettävä variaatiokerroin, joka on simuloinnin eri kierrosten tulosten keskihajonnan suhde tulosten keskiarvoon.

Mikäli uhkat kuitenkin ovat sellaisia, että niillä on taipumus toteutua samanaikaisesti (eli esim. toisen uhkan realisoituminen edistää toisen uhkan realisoitumista), kokonaisepävarmuus poikkeaa edellä esitetystä erillisten uhkien muodostamasta kokonaisepävarmuudesta. Kuva D4 havainnollistaa tällaista tilannetta tapauksessa, jossa uhkien määrä on 30 ja kaikkien uhkien välille on rakennettu kohtuullinen 0,5:n arvoinen (positiivinen) korrelaatio. Kuva on siten vertailukohta niin ikään 30 uhkaa



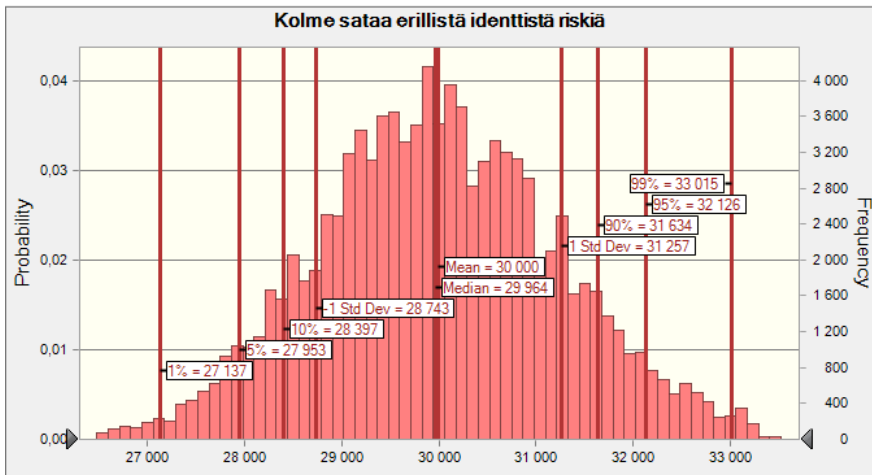
Kuva D1. Tarkastelussa käytetyn yhden oletusuhkan todennäköisyysjakama.



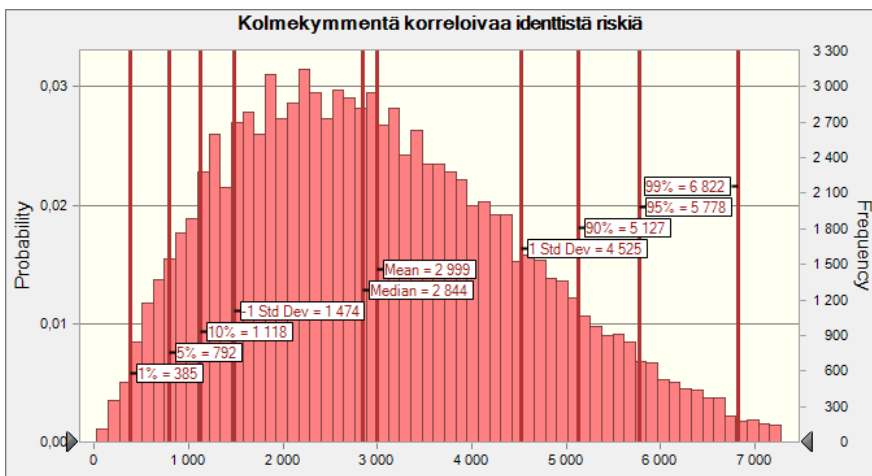
Kuva D2. Kolmenkymmenen erillisen uhkan tuottama kokonaisepävarmuus.

sisältävälle kuvan D2 tapaukselle (jossa korrelaatio-oletusta ei ole). Toki kyseessä on jälleen havainnollistus, sillä käytännössä varmaan vain pieni joukko riskeistä korreloi keskenään tyypillisesti käytetyillä riskiositteluilla.

Taulukko D1 kokoaa yhteen kuvissa esitettyjen ja muutamien muiden simulointien avainlukuja selventämään monien riskien yhteisvaikutusta (ilman, että oleellisia asioita nostetaan kuitenkaan erikseen esiin tässä tekstissä). Vaikka esimerkki on kokonaisuutena pelkistetty havainnollistus tietyssä tilanteessa, se valottaa riskien käyttäytymistä osin myös laajemmin. Jos esimerkiksi puolet esitetyistä riskeistä olisi sikin mahdollisuuksia, jolloin niiden todennäköisyysjakauma olisi peilikuva esitetylle



Kuva D3. Kolmen sadan erillisen uhkan tuottama kokonaisepävarmuus.



Kuva D4. Kolmen kymmenen korreloivan uhkan tuottama kokonaisepävarmuus.

uhkien jakaumalle (ml. miinusmerkkinen vaikutussuunta), olisi kaikkien riskien yhteisvaikutuksen odotusarvo luonnollisesti nolla. Yksittäisten riskien keskihajonta olisi kuitenkin edelleen sama, jolloin myös kokonaisvaikutuksen hajonta käyttäytyisi korreloimattomien riskien määrän lisääntyessä yhtenevästi edellisen esimerkin kanssa. Jos taas yksittäisten riskien kolmiojakauman muoto tai vaihteluvälin laajuus muuttuvat, myös riskien jakaumien hajonnat luonnollisesti muuttuvat, mutta tällöinkin yhteisvaikutusten todennäköisyysjakaumien keskihajonta käyttäytyy edelleen samalla tavalla suhteessa yksittäisen riskin keskihajontaan.

Taulukko D1. Havainnollistuksen rinnakkaisten simulointien tunnuslukuja.

Uhkien lukumäärä	1	10	30	100	300	10	30	100	300
Korrelaatio (*)	–	–	–	–	–	0,5	0,5	0,5	0,5
Keskiarvo	100	1 000	3 000	10 000	30 000	1 000	2 999	10 001	29 997
Mediaani	88	992	2 991	9 997	29 964	947	2 844	9 470	28 408
Keskihajonta	71	221	387	702	1 257	524	1 525	5 030	15 042
Variaatiokerroin (**)	0,707	0,221	0,129	0,070	0,042	0,524	0,509	0,503	0,501
Variaatio-osuus (***)	1,00	0,31	0,18	0,10	0,06	0,74	0,72	0,71	0,71
Vinous	0,566	0,221	0,145	0,048	0,100	0,481	0,468	0,468	0,466
Minimi	0	368	1 654	7 522	25 332	5	24	115	235
Maksimi	299	1 881	4 415	12 904	34 673	2 927	8 660	28 298	83 746
Koko vaihteluväli	299	1 513	2 761	5 381	9 341	2 922	8 636	28 184	83 511
5 % (****)	8	653	2 385	8 891	27 953	245	792	2 717	8 152
95 %	233	1 375	3 653	11 172	32 126	1 963	5 778	19 175	57 288
Vaihteluväli 5–95 %	225	722	1 268	2 281	4 173	1 718	4 986	16 458	49 136
Kuvan numero	D1	–	D2	–	D3	–	D4	–	–

*) Tapauksissa, joissa korrelaatio 0,5 on mukana, se on asetettu erikseen kaikkien tarkastelussa mukana olevien uhkien välille.

**) Variaatiokerroin on keskihajonnan suhde keskiarvoon (ja se mahdollistaa eri asteikollisten aineistojen hajonnan vertailun).

***) Variaatio-osuus on tämän havainnollistuksen tarpeisiin luotu termi, jolla viitataan aina kyseisen simulointitapauksen suhteelliseen variaatioon eli simulointitapauksen variaatiokerroimen ja yksittäisen riskin variaatiokerroimen suhdeluukuun. Tämä osuus kuvaa epävarmuuden suhteellista pienentymistä keskihajonnan tasolla tarkasteltuna, mutta ei välttämättä esim. ääriarvojen muutoksia.

****) Taulukossa ”5 %” viittaa arvoon, jonka alapuolelle sijoittuu 5 % aineistosta, ja vastaavasti ”95 %” arvoon, jonka alapuolelle asetuu 95 % aineistosta. Näin ollen vaihteluväli ”5–95 %” kattaa 90 % aineistosta, kun molempien päiden ääriarvot puuttuvat tarkastelusta. Simuloinnissa harvoin esiintyvät ääriarvot ovat herkempiä satunnaisuudelle kuin tässä tarkasteltavan vaihteluvälin arvot.

Nimeke	Projektiallianssin maksuperusteet Esimerkkihankkeen suunnitelma-aineistoon perustuva tarkastelu epävarmuuden vaikutuksista
Tekijä(t)	Perti Lahdenperä
Tiivistelmä	<p>Projektiallianssi on toteutusmuoto, jossa tilaaja ja palveluntuottaja kantavat projektiin liittyviä riskejä yhdessä. Tämä koskee sekä toteutuskustannusta että hankkeen avaintulostavoitteiden saavuttamista. Samalla palveluntuottajalle maksettava korvaus määräytyy monien eri suoritusmittareiden johdannaista. Myös erinäiset muut ehdot monimutkaistavat maksuperustejärjestelmää. Toisaalta projektiallianssia käytetään tyyppillisesti isoissa ja vaativissa hankkeissa, joiden toteutukseen liittyy paljon epävarmuutta. Epävarmuus yhdessä maksuperusteiden monimutkaisuuden kanssa merkitsee sitä, että maksuperustemekanismien herkkyyttä erilaisille toteutumaskenaarioille voi olla vaikea hahmottaa.</p> <p>Tämän selvitystyön tavoitteena on lisätä ymmärrystä allianssihankkeiden maksuperusteiden ja niiden yksityiskohtaisten ratkaisujen (eli allianssin kaupallisen mallin) toimivuudesta erityisesti infrahankkeisiin liittyvän kustannusepävarmuuden näkökulmasta. Työ perustui lähtökohtaisesti yhden toteutetun allianssihankkeen suunnitelma- ja sopimusaineistoon sekä edelleen hankkeen maksuperustejärjestelmän mallintamiseen. Laadittua mallia simuloitiin hankkeeseen liittyvä moninainen epävarmuus huomioon ottaen. Monien välimuuttujien lisäksi tarkasteltiin erityisesti tilaajan palveluntuottajalle maksamaa korvausta ja palveluntuottajan palkkiota. Tarkasteltava hanke on Tampereella aiemmin toteutettu Rantatunneli.</p> <p>Alkuperäisen mallin rinnalle määriteltiin myös joitakin vaihtoehtoisia ratkaisuja, joiden tarkastelun koettiin avartavan kuvaa mallin ja ratkaisujen toimivuudesta ja herkkyydestä. Huomio oli yhtäältä kustannustasomuutosten merkityksessä ja toisaalta vastaavan riskin siirrossa palveluntuottajalle, kun hankkeen sopimus säilytti kustannustasomuutosriskin tilaajalla. Lisäksi mallia tarkasteltiin tilanteissa, joissa epävarmuus kasvaa merkittävästi tai riskeillä on taipumus yhteisesiintymiseen. Äärimmillään riskien oletettiin olevan siksi suuria, että palveluntuottajan tappionrausehto olisi voinut ohjata korvauksen määräytymistä. Niin ikään tilaajan erikseen kantamat riskit ja laajuusmuutokset saivat huomion tarkastelussa.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8789-6 ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu) DOI: 10.32040/2242-122X.2024.T426
Julkaisu aika	Maaliskuu 2024
Kieli	Suomi
Sivumäärä	83 s.
Projektin nimi	Riskit ja maksumekanismit alliansseissa (RIMA)
Rahoittajat	Väylävirasto, Pääkaupunkiseudun kaupunkiliikenne Oy, Tampereen kaupunki, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
Avainsanat	project alliance, Monte Carlo, construction project, infrastructure, payment system, risks, simulation, costs, key result areas
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111, https://www.vtt.fi/

Title	Project alliance payment system A study on the effects of uncertainty based on the project plan data
Author(s)	Pertti Lahdenperä
Abstract	<p>A project alliance is a project delivery system in which the project owner and the service provider share the risks associated with the project. This applies to both the cost of implementation and the achievement of the project's key performance targets. At the same time, the compensation paid to the service provider is a derivative of many different performance metrics. Various other conditions also complicate the payment system. On the other hand, project alliances are typically used in large and demanding projects, the implementation of which involves a lot of uncertainty. Uncertainty, together with the complexity of payment bases, means that it can be difficult to perceive the sensitivity of payment mechanisms to different outcome scenarios.</p> <p>The aim of this study is to increase understanding of the functioning of the payment bases of alliance projects and their detailed solutions (i.e., the alliance's commercial model), especially from the perspective of cost uncertainty related to infrastructure projects. In principle, the work was based on the plans and contracts of one of the implemented alliance projects and on modelling the project's payment system. The developed model was simulated taking into consideration the multiple uncertainties associated with the project. In addition to many intermediate variables, the compensation paid by the owner to the service provider and the service provider's fee were examined in particular. The project under consideration was the Rantatunneli project, previously built in Tampere, Finland.</p> <p>Alongside the original model, some alternative solutions were also defined, the examination of which was felt to broaden the picture of the functionality and sensitivity of the model and solutions. The focus was, on the one hand, on the meaning of the cost escalation and, on the other hand, on the transfer of the corresponding risk to the service provider, as the inflation risk of the project remained with the owner according to the contract. In addition, the model was examined in situations where uncertainty increases significantly, or risks tend to co-occur. At their most extreme, the risks were assumed to be so high that the service provider's loss limit could have steered the determination of compensation. The risks separately borne by the owner and scope changes also received attention in the study.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8789-6 ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online) DOI: 10.32040/2242-122X.2024.T426
Date	March 2024
Language	Finnish, English abstract
Pages	83 p.
Name of the project	Risks and payment mechanisms in Project Alliancing (RIMA)
Commissioned by	Finnish Transport Infrastructure Agency, Metropolitan Area Transport Ltd, City of Tampere, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd
Keywords	project alliance, Monte Carlo, construction project, infrastructure, payment system, risks, simulation, costs, key result areas
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland Ltd P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111, https://www.vttresearch.com

Projektiallianssin maksuperusteet

Esimerkkihankkeen suunnitelma-aineistoon perustuva tarkastelu epävarmuuden vaikutuksista

Projektiallianssissa palveluntuottajille maksettava korvaus määräytyy monien tulostavoitteiden toteutumisen ja erinäisten muiden ehtojen johdannaista. Kun allianssia käytetään tyypillisesti isoissa ja vaativissa hankkeissa, joiden toteutukseen liittyy paljon epävarmuutta, muodostuu allianssin kaupallisen mallin toimivuuden ymmärtäminen erityisen tärkeäksi.

Tässä julkaisussa havainnollistetaan allianssihankeiden maksuperusteratkaisujen toimivuutta erityisesti kustannusepävarmuuden näkökulmasta. Työ perustui lähtökohtaisesti yhden toteutetun allianssihankeiden tietoihin ja näiden tietojen taloudelliseen mallintamiseen. Alkuperäisen mallin rinnalle määriteltiin myös joitakin vaihtoehtoisia ratkaisuja ja tilanteita, joiden tarkastelun koettiin antavan kuvaa maksuperusteratkaisujen toimivuudesta ja herkkyydestä.

ISBN 978-951-38-8789-6
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (Verkkajulkaisu)
DOI: 10.32040/2242-122X.2024.T426



beyond the obvious