



Antto Laatikainen

Hankeosamallin testauksen suunnittelu ja määrittely

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

2.12.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Antto Laatikainen
Otsikko:	Hankeosamallin testauksen suunnittelu ja määrittely
Sivumäärä:	35 sivua + 1 liite
Aika:	2.12.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Pekka Hirvonen Hankeosalaskennan asiantuntija Jussi Pajula, Ihku-allianssi

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ja määrittellä hankeosamallin testausta Ihku-laskentapalvelun kehitystyön tueksi. Työ vaati hankkeiden kustannuksiin vaikuttavien tekijöiden tutkimista, Exceliin luodun hankeosamallin testausta, epävarmuustekijöiden vaikutusta tarkkuuksiin ja testaustulosten vertailua.

Työssä esitellään työlle oleellisia käsitteitä sekä mitä ne tarkoittavat. Ensimmäinen tehtävä oli varmistaa, että Ihkussa luotu hankeosamalli on valmis testaukseen, sekä löytää sille sopiva testiaineisto, johon tuloksia vertaillaan. Työn aikana luotiin yleinen testausohje, kuinka hankeosamallien testaus tulisi suorittaa.

Työn keskeisimpänä tavoitteena oli saada luotua selkeä ohjerunko hankeosamallin testausta varten sisältäen kuvauksen, milloin hankeosamalli voidaan todeta toimivaksi. Ohje toimii apuna Ihkussa hankeosamallia testaavalle henkilölle. Mallille annettujen lähtötietojen perusteella luodaan poikkileikkauskuva, josta pystytään tulkitsemaan hankkeen rakenne sekä siihen sisältyvien rakennusosien pinta-alat. Rakennusosamäärät lasketaan rakennusosien pinta-alojen sekä hankkeen pituuden tulona. Vaihtoehtona testauksessa oli käyttää apuna sovellusohjelmistoa, jolla pystyttiin luomaan hankeosamallin mukaisilla lähtötiedoilla samanlaiset poikkileikkauskuvat testausta varten.

Työn lopputuloksena saatiin testauksista rakennusosien määrät sekä vertailu määriä mallintaen tehdyn hankeosan ja testiaineistona käytetyn hankkeen välillä. Lopuksi vertailun tuloksista on koostettu yhteenveto, jossa todetaan lähtötietojen luotettavuuden ja tarkkuuden olevan avainasemassa testatessa Ihkussa luotuja hankeosamalleja. Työn pohjalta luotu testausohje on työn liitteenä.

Avainsanat: hankeosalaskenta, hankeosittelu, hankeosa, hankeosamalli, rakennusosa, testaus, katu

Abstract

Author: Antto Laatikainen
Title: Design and Definition of Project Part Model Testing
Number of Pages: 35 pages + 1 appendix
Date: 2 December 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Manufacturing and Production Engineering
Supervisors: Pekka Hirvonen, Senior Lecturer
Jussi Pajula, Project Accounting Specialist, Ihku Alliance

The objective of this Bachelor's thesis was to design and define the testing for the project part model to support the development of the Ihku Cost Management System. The thesis required a study of the factors influencing project costs and the testing of the project part model created in Excel, in addition to examination of the effect of uncertainties on the accuracy and finally, the comparison of the test results.

The aim of the thesis was to create a framework for the project part model testing, including estimates of when the project part model can be found working correctly. The thesis also serves as guidance for the person testing the project part model in Ihku Alliance. Based on the initial data provided for the model, a cross-sectional image is created from which it is possible to interpret the structure of the project, as well as the areas of the building components included. The building components are calculated as a multiplication of the surface areas of the building components and the length of the project. An alternative to testing was to use modelling software to create similar cross-sectional images with input data from the project part model for testing purposes.

The thesis resulted in obtainable quantities of the building components between the project part made by modeling and the project used as reference. A summary of the comparison results has been compiled. The compilation states that the reliability and accuracy of the initial data play a key role in testing the project part models created in Ihku Alliance. The test instructions based on the thesis can be found in the appendix.

Keywords: project part calculation, project part, testing, street

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Käsitteet	3
2.1	Ihku-allianssi	3
2.2	Hankeosittelu	3
2.3	Hankeosalaskenta	5
2.4	Infrahanke	6
2.5	Lähtötietoja väylähankkeissa	6
2.5.1	Katuluokka	8
2.5.2	Sijainti	9
2.5.3	Pohjamaaluokka	10
2.5.4	Tasauksen korkeus maanpinnasta	10
2.5.5	Pituus	10
2.6	Hankeosamalli	11
2.7	Novapoint-suunnittelujärjestelmä	11
2.8	Laskentapohja	11
2.9	Määrälaskenta	14
2.10	Kuljetettavien rakennusosien vaikutus hankkeen kustannuksiin	14
2.11	Massakertoimet	15
3	Hanketestauksen suunnittelu	17
3.1	Testiaineiston valinta	17
3.2	Testausvaihe	19
3.3	Testauksen läpikäynti	19
3.3.1	Sovellusohjelmiston hyödyntäminen testiaineistona	20
3.3.2	Toteutuneen hankkeen hyödyntäminen testiaineistona	21
3.4	Hankeosan osittelu	22
3.5	Testauksen tarkkuustasot	23
3.5.1	Kustannuspainotukset	24
3.5.2	Rakennusosamäärien tarkkuustason määrittäminen	25
3.5.3	Tarkkuustasojen tarkentaminen	26
4	Vertailu	27
4.1	Testitulokset verraten sovellusohjelmistoon	27

4.2	Testitulokset verrattuna toteutuneeseen hankeeseen	30
5	Tulokset ja johtopäätökset	31
5.1	Epävarmuustekijät	32
5.2	Poikkileikkauksen erot	33
5.3	Dokumentointi	33
5.4	Testausohjeen soveltuvuus muihin hankeisiin	34
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Hankeosamallin testausohje	

1 Johdanto

Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja palveluallianssissa eli Ihku-allianssissa on kehitteillä uusi laskentapalvelu, jonka tavoitteena on tuottaa kustannustietoa infra-alan hankkeille sekä lisätä tiedon avoimuutta ja läpinäkyvyyttä. Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Ihku-allianssi. Sen päämääränä on kustannuslaskentajärjestelmä, joka pystyy vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin sekä tarjota luotettavaa kustannustietoa infra-alan käytettäväksi [1]. Infrahankkeissa haasteina varhaisessa suunnitteluvaiheessa ovat epävarmat ja puutteelliset lähtötiedot, joiden perusteella luotettavan ja realistisen kustannustavoitteen saamiseksi käytetään hyväksi hankeosalaskentaa.

Tämän insinöörityön tavoite oli suunnitella, miten hankeosamallien testaus tulisi suorittaa ja mitä vaaditaan onnistuneen testauksen toteuttamiseen, sekä vertailla Ihkun hankeosamallin sekä käytettävän testiaineistohankkeen rakennusosamääriä. Vertailu toteutetaan rakennusosatasolla; testauksessa ei verrata hankkeessa aiheutuvia kustannuksia vaan vertailuna käytetään hankkeen ja hankeosamallin rakennusosamäärien eroa. Vertailun tarkoituksena on varmistaa Ihkussa luodun hankeosamallin toimivuus, jotta se voidaan tuoda osaksi Ihku-laskentapalvelua.

Työn suunnittelu alkoi aiheen valitsemisella ja rajaamisella. Työn suunnittelun ja toteutuksen osalta huomioon on otettu Ihkun tarpeet työlle. Lähteinä käsitteille on käytettynä verkkoaineistoja, tietokirjallisuutta sekä tutkielmia. Työ koostui aluksi työhön oleellisesti kuuluvien käsitteiden valitsemisella, jotka on rajattu koskemaan hankeosamallin testaukseen liittyviä tekijöitä. Käsitteiden jälkeen työssä käydään läpi hanketestauksen eri vaiheet sekä käytettävän testiaineiston valinnasta johtuvat eroavaisuudet.

Käsitteiden avaamisen jälkeen siirryttiin testauksen suunnitteluun ja ensimmäiseen testaukseen. Tämän jälkeen työssä pohditaan testausohjeen

soveltuvuutta muiden hankeosien osalta kuin vain kadun. Lopuksi Ihkun toiveena oli toteuttaa konkreettinen testausohje, joka löytyy liitteenä.

Ihkussa on mallinnettu hankeosalaskentaa useiden eri hankeosien osalta. Hankeosalaskentaa on lähdetty toteuttamaan hankeosamallinnuksella pohjautuen asiantuntijoihin ja standardoituihin rakennus- ja hankeosiin. Mallinnustyö jatkuu edelleen uusien mallien luonnissa sekä luotujen hankeosamallien osalta testauksen parissa. Hankeosamallilla lasketaan hankkeelle sisältyvien rakennusosien määriä sille soveltuvalla yksiköllä, esimerkiksi metri, neliömetri, kuutiometri tai kappale.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on määritellä hankeosamallin testaukseen liittyviä tekijöitä sekä suunnitella hankeosamallin testauksen toteutustapa. Työ on rajattu käsittelemään kadun hankeosaa ja katuun liittyvien lähtötietojen vaikutusta, minkä lisäksi työssä myös pohditaan yleisen testausohjeen käytettävyyttä eri hankeosien testauksessa. Työ sisältää myös vertailutaulukot kadun hankeosan ensimmäisen testauksen tuloksista, sekä testausohjeen testauksen läpikäynnistä.

Työssä suunniteltiin yleinen testausohje, kuinka hankeosia tulisi testata ja miten voidaan varmistua siitä, että Ihkussa luodut hankeosamallit on mallinnettu oikein. Toimintaohjeen käyttökohteena on eri hankeosamallit hankeosanimikkeistön mukaan. Hanketestauksen suunnittelulla voidaan jatkossa helpottaa uusien hankeosamallien testauksen tehokkuutta, jottei aika kulu aineistojen keruuseen ja testauksen läpikäymiseen.

2 Käsitteet

2.1 Ihku-allianssi

Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmän ja -palveluallianssin, Ihkun, kehitteillä olevan kustannuslaskentajärjestelmän tarkoituksena on tuottaa ajantasaista, avointa ja luotettavaa kustannustietoa infrahankkeille. Ihku-allianssin palveluntuottajia ovat Civilpoint Oy, Mittaviiva Oy, Ramboll Finland Oy ja Solita Oy. Tilaajakonsortioon kuuluvat Väylävirasto sekä Helsingin, Espoon, Vantaan, Tampereen, Turun ja Jyväskylän kaupungit. [1]

Ihkussa kehitteillä olevan hankeosalaskentapalvelun avulla saadaan luotettavat kustannusarviot eri infra-alan hankkeisiin. Ensimmäinen tuotantoversio tulee kattamaan tie-, katu-, rata- ja siltahankkeita sekä aluerakentamista ja kunnallistekniikan järjestelmiä. Palvelun laskentamalli ja -logiikka perustuu standardoituihin rakennus- ja hankeosiin (mm. Infra 2015 määrälaskentaohje ja InfraRYL). [2]

2.2 Hankeosittelu

Hankeosittelu on infraprojektin karkeimman tason luokittelu, jossa hanke eritellään suuriin kokonaisuuksiin tilaajan tarpeiden kuvaamiseksi. Luokittelu toimii projektinjohtamisen kannalta tehokkaana apuvälineenä kustannuksien, töiden keston sekä vastuuhenkilöiden määrittämisessä [3, s. 11]. Eri nimikkeistöillä on erilainen merkitys, kaikkia osapuolia koskeva nimikkeistö on rakennusosa- ja hankeosanimikkeistö. Rakennusosa- ja hankeosanimikkeistön pääryhmät ovat

- 1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
- 2 Päällys- ja pintarakenteet
- 3 Järjestelmät
- 4 Rakennustekniset rakennusosat
- 5 Hanketehtävät [4, s. 11].

Hankeosalla, esimerkiksi kadulla, taas tarkoitetaan infrahankkeen toiminnallisesti itsenäistä osaa, mikä tarkoittaa, että hankeosalla on toiminnallinen tarkoitus, jonka toteuttaminen hankkeessa vaatii erillistä päätöksentekoa. Vaihtamalla hankeosien ominaisuuksia ja/tai määriä voidaan vaikuttaa hankkeen suuruuteen ja ohjata hanke kustannustavoitteeseen. Yleisimmin hankeohjelmassa on kuvattu hankeosat ja niiden laajuus sekä laatutaso. Laatutasolla viitataan tilaajan ja kohteen tuomiin erityisvaatimuksiin. [5, s. 1.]

Hankeosat määritellään alustavasti hankeosanimikkeistön perusteella [4, s. 7]. Hankeosanimikkeistössä hankeosa on kuvattu itsenäisesti toiminnallisena infrahankkeen lopputuotteen osana, joka pitää sisällään kaikki rakennusosat. Hankeosien suuruutta analysoidaan hankeosaa kuvaavalla mittayksiköllä, kuten metri, kappale ja neliometri. Hankeosien määrät mitataan määrämittauserusteiden mukaisesti sovitulla tavalla. Mittausperusteissa käytetään yleistä ja alalle sovitua tapaa, jolla todetaan rakennusosien määrät, jotta kaikilla on yhteinen käsitys määristä. [6, s. 27.]

Hankeosittelun tarkoituksena on tunnistaa kaikki hankkeen sisältämät toiminnalliset osat, esimerkiksi katualueen valaistus, välittämättä siitä, ovatko ne hankeosanimikkeistön mukaisia. Jos hankeosia ei voida nimetä hankeosanimikkeistön mukaisesti, tulee hankeosien sisältö kirjata hankeosaluetteloon alla olevan lainauksen tapaisesti:

Esimerkiksi katualueesta ei voida erottaa ajorataa, kevyen liikenteen väyliä ja viherkaistoja. Hankeosaksi määritellään "katualue" ja sen sisällöksi kirjataan "sisältää ajoradan, kevyen liikenteen väylät ja viherkaistat". Katualueen valaistus ja järjestelmät määritellään omiksi hankeosikseen. [6, s. 44.]

Hankeosittelun määrittelyssä voidaan käyttää apuna hankeohjelmaa, jos sellainen on olemassa. Hankeohjelmalla kuvataan infrahankkeen suunnittelulle asetettujen tavoitteiden dokumenttia, joka mahdollistaa elinkaari- ja investointikustannusten asettamisen. Hankeosittelussa tulee myös laatia hankeluettelo, johon on kirjattu hankeosien nimet sekä määrät. [6, s. 32.]

Hankeosien hinnoitteluun vaikuttaa hankeosan peruskustannukset ja mahdolliset lisäkustannukset, jotka voivat liittyä esimerkiksi rakennettuun ympäristöön tai pohjaolosuhteisiin. Hanketekijöiden kustannusten arviointi käsittää koko hankkeen kustannukset, joita ovat esimerkiksi purettavat rakennukset ja pilaantuneet maat. Hankepalveluiden kustannusten arviointiin kuuluu tilaajan, suunnittelijan sekä urakoitsijan kustannukset. Hankeosalaskennasta tulee luoda raportti, jossa kerrotaan laskennan perusteet, tehdyt oletukset ja tuotetut tulokset. Raporttiin liitetään myös hankkeen analyysi ja mahdolliset kehittämisideat päätöksentekoa varten. [6, s. 44.]

2.3 Hankeosalaskenta

Hankeosalaskentaa käytetään tavoitekustannuksen asettamisen ja kustannusohjauksen työkaluna. Hankeosalaskennan tavoitteena ei ole hinnoitella suunnitelman mukaisia ratkaisuja, vaan hankeosamallilla luodaan kustannukset itsenäisinä hankeosina laajuuden, olosuhteiden ja laatutasojen mukaisesti [6, s. 43]. Hankeosalaskennassa pyritään mallintamaan suurempia kokonaisuuksia kuin yksittäisiä rakennusosia johtuen puutteellisista ja epävarmoista lähtötiedoista. Rakennusosalaskenta laskee hankkeelle kustannukset, kun rakennusosamäärien määrät ovat selvillä. Rakennusosalaskennan menetelmää käytetään suunnitteluvaiheessa kustannusarvioita laatiessa.

Hankeosalaskenta on hankesuunnittelun apuväline, jota käytetään yleensä varhaisessa suunnitteluvaiheessa kustannusarvioiden laatimisessa [6, s. 43]. Hankeosalaskentaa käytetään pääosin esi- ja yleissuunnitelmavaiheen kustannusarvion laadinnassa, mikäli kustannuserien suunnittelutarkkuus ei ole riittävä rakennusosalaskentaan. Hankeosalaskennassa saadut kustannuslaskelmat ovat suuntaa antavia, ja niiden tavoitteena on esittää mahdollisimman tarkat kustannusarviot.

2.4 Infrahanke

Infrarakenteet käsittävät yhteiskunnan toiminnalle, tuotannolle ja taloudelliselle kehitykselle tarvittavia palveluita. Infrarakentamisella tarkoitetaan teollisuusyhteiskunnan toiminnassa tarvittavien teknisten perusrakenteiden rakentamista, jossa tarvitaan monenlaista rakennustekniikkaa. Suurimmaksi osin infrarakentaminen on maa-, vesi- ja kalliorakentamista, mutta infrahankkeisiin liittyy usein myös rakennuksiin sekä sähkö- ja tietoliikenneyhteyksiin liittyvää rakentamista. Tämän vuoksi infrahankkeeseen voidaan katsoa kuuluvan liikenneväylien rakentaminen, lentokenttien rakentaminen, satamarakentaminen, energiasektorin rakentaminen, vesihuollon rakentaminen, maanalaisten kalliotilojen rakentaminen, ympäristörakentaminen sekä tietoliikenneyhteyksien ja sähköverkkojen rakentaminen. [3, s. 5.]

Infrahankkeiden käynnistäjänä toimii tarve luoda, korjata, ylläpitää tai parantaa edellisessä kohdassa mainittuja rakenteita. Yleensä infrahankkeet ovat suuria, kalliita ja pitkäkestoisia. Infrahankkeet syntyvät usein julkisen sektorin tarpeista, joten ne rahoitetaan julkisin varoin ja päätökset niiden toteuttamisesta tehdään julkisissa päätöksentekoaikavälissä. Päätöksen tekoa varten tarvitaan tietoa hankkeesta ja sen vaikutuksista. Infrahankkeet voidaan jakaa karkeasti toteutustavan perusteella uusinvestointeihin ja jo olemassa olevien kohteiden kunnostamiseen. [3, s. 5.]

2.5 Lähtötietoja väylähankkeissa

Erilaisten väylähankkeiden lähtötiedot ovat samankaltaisia, mutta hankkeen edetessä niiden eroavaisuudet alkavat syntyä. Lähtötiedot ovat alkuvaiheessa vähäisiä ja epävarmoja, joten osalle lähtötiedoista on luotu oletusarvoja Ihkun laskentasovelluksen tueksi. Hankkeen edetessä lähtötietojen tarkkuus täsmenyy ja rakentamisvaiheessa on tiedossa alueen todelliset olosuhteet, joita voidaan hyödyntää saman alueen tulevien hankkeiden lähtötietona.

Heidi Kaukisen opinnäytetyössä on koottu tiehankkeiden lähtötietoja (Liikennevirasto 2013; Tien rakennussuunnitelma, 2013; Tien poikkileikkauksen suunnittelu, 2018; Tierakenteen suunnittelu, Rapal Oy 2021):

- suunnitteluperusteet
- asemakaavat ja -luonnokset
- sijainti
- aluekerroin
- rakennettu ympäristö
- tien pituus
- liikennemäärä
- tieluokka
- tien vaatimusluokka
- mitoitusnopeus
- tien poikkileikkaus
- kuormitusluokka
- pohjaolosuhteet
- alusrakenneluokka
- alusrakenteen laatu
- mitoittavan roudan syvyys
- tien leveys
- sallittu painuma [7, s. 26].

Kun luodaan hankeosalaskentaa, on tärkeää tunnistaa lähtötiedot huolimatta siitä, että lähtötiedot ovat epävarmoja varhaisissa vaiheissa. Tämä opinnäytetyö on rajattu käsittelemään kadun hankeosamalliin kuuluvia lähtötietoja. Lähtötietojen vaihtoehtojen perusteella saadaan luotua kuva siitä, miltä tuleva hanke tulisi näyttämään. Ihkussa pidettyjen työpajojen pohjalta on luotu hankeosakohtaisesti lähtötietotaulukoita, joiden perusteella on mahdollista luoda hankeosalaskentaa.

Lähtötiedoilla on vaikutus rakenteen mitoittaviin tekijöihin, esimerkiksi pohjamaaluokka vaikuttaa rakennepaksuuksiin ja suunnittelunopeus kadun

leveyteen. Taulukossa 1 on listattuna katuhankkeelle vaadittavat lähtötiedot, joiden perusteella on mahdollista muodostaa Ihkussa hankeosalaskentamalli.

Taulukko 1. Ihkussa pidettyjen työpajojen pohjalta luotu lähtötietotaulukko katuhankkeille

Lähtötieto	Lähtötiedon vaihtoehdot, yksikkö
Katuluokka	1–6
Sijainti	Etelä-, Keski-, Pohjois-Suomi
Pohjamaaluokka	A–G
Tasauksen korkeus maanpinnasta	esim. -2 m, ... 2 m
Pituus	Käyttäjän syöttämä tieto (m)
Suunnittelunopeus	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 km/h

2.5.1 Katuluokka

Kadut luokitellaan liikenteellisen merkityksen mukaan katuluokkiin 1–6 [8]. Katuluokka 1 tarkoittaa erittäin raskaasti liikennöityä pääkatua ja katuluokka 6 kuvaa jalkakäytäviä ja pyöräteitä. Taulukossa 2 on määritelty katuluokat 1–6 ja niiden kuvaukset. Tieto hankkeen katuluokasta määritetään yleensä kaavoituksessa tai hankkeen aikana.

Taulukko 2. Katuluokkien lajittelu liikenneteknisen määrittelyn mukaan [8]

Katu- luokka	Kuvaus	Liikennemäärä (ajon / vrk)
1	Erittäin raskaasti liikennöity pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	> 30 000
2	Raskaasti liikennöity pääkatu (ajokaistoja 2+2)	10 ... 30 000
3	Pääkatu, kokooja- tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1 + 1)	2 500 ... 10 000
4	Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu, raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet	500 ... 2 500
5	Pientaloalueen asuntokatu tai huoltoliikenteen väylät, henkilöautojen pysäköintialueet	10 ... 500
6	Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet; ei ajoneuvoliikennettä	

2.5.2 Sijainti

Kadun maantieteellisen sijainnin perusteella saadaan mitoittava roudan syvyys, joka vaihtelee 1,4 metristä 2,2 metriin [7, s. 26]. Tieto hankkeen sijainnista löytyy kohteesta. Ihkun laskentasovelluksessa käytetään karkeaa jakoa sijainnin valinnan suhteen (Etelä-, Keski-, Pohjois-Suomi).

2.5.3 Pohjamaaluokka

Pohjamaat luokitellaan kirjaimin. Luokitus on jaoteltu seitsemään luokkaan kalliion (A) ja liejun/turpeen (G) välille. Pohjamaat A–D ovat routimattomia ja E–G routivia. Routivalle pohjamaalle rakennettaessa vaaditaan paksummat rakennekerrokset. Ihkussa oletuksena kantavan kerroksen paksuus on vakiona 200 mm, mutta jakavan kerroksen paksuus toimii pohjaolosuhteen funktiona. Pohjaolosuhteen vaikutus infrarakentamisessa on merkittävä, ja se sitoo suurimmat kustannukset väylähankkeille. Tarkka tieto pohjamaaluokasta on avainasemassa laskentatarkkuuden parantamiseksi. Tieto hankkeen pohjamaaluokasta löytyy rakennussuunnitelman pituusleikkauksesta tai suunnitelma-aineistosta.

2.5.4 Tasauksen korkeus maanpinnasta

Kadun tasauksella tarkoitetaan kadun yläpinnan korkeusasemaa maanpinnasta. Tasauksen korkeuden suunnitteluun vaikuttavat maan pinnanmuodot, mitoitusnopeus, alueen tonttien tasot, pintakuivatus, esteettömyys sekä kadun vesihuoltoinfra [9]. Hankeosalaskennassa tasauksen korkeusasema jaetaan yleensä keskimäärin yhtenäisiin osuuksiin. Ihkussa esimerkiksi kadulle annetaan oletuksena tietty korkeusasema, jota käyttäjä voi muuttaa ja jakaa erilaisiin osuuksiin. Kadulle määritetty oletuskorkeusasema on 0,25 m maanpinnan yläpuolella. Tarkempaan tulokseen rakennusosien määrissä päästään osittelemalla hanke lyhyempiin osuuksiin, joille voidaan syöttää osittelukohtaisesti tasauksen korkeus. Tieto hankkeen kadun tasauksen korkeudesta löytyy pituusleikkauksesta.

2.5.5 Pituus

Kadun pituuden yksikkönä käytetään yleensä metriä. Pituudet ilmoitetaan usein myös paaluväleittäin, jos hanketta on jouduttu tarkastelemaan ositelluin osuusin olosuhteiden muutosten vuoksi. Hankkeen aineistoista pituus on yleensä määriteltävä työkohtaisessa työselostuksessa tai asemapiirustuksessa.

2.6 Hankeosamalli

Kadun hankeosamalli jaotellaan hallinnollisen luokan mukaan hankeosatyyppeihin. Kadun hankeosassa eri hankeosatyyppit ovat moottorikatu, pääkatu, kokoojakatu, tonttikatu ja pihakatu. Hankeosamallit muodostavat itsenäisen kokonaisuuden, jolle määritellään pituus- sekä leveysmitat, olosuhteet ja laatutason tuomat vaatimukset. Laatutason tuomilla vaatimuksilla viitataan tilaajan ja kohteen erityisvaatimuksiin, kuten tuote- ja toimivuusvaatimuksina.

2.7 Novapoint-suunnittelujärjestelmä

Novapoint on suunnittelujärjestelmä, jolla voidaan suunnitella lähes kaikkiin infra-alan tarpeisiin kuuluvia hankkeita. Novapointista löytyy moduuleita eri tarpeisiin: työkaluilla on mahdollista suunnitella teitä, katuja, rautateitä, tunneleita sekä vesihuollonjärjestelmiä. [10]

2.8 Laskentapohja

Ihkussa kehitteillä olevan hankeosalaskentasovelluksen tavoitteena on joustava siirtyminen hankeosalaskennasta rakennusosalaskentaan. Hankeosalaskentaan perustuvia laskentapohjia on toteutettu kevään 2021 ja syksyn 2021 välisenä aikana. Tukena ovat olleet Ihku-allianssiin kuuluvien organisaatioiden asiantuntijat, joiden kanssa pidettyjen työpajojen sekä tausta-aineistojen pohjalta on päästy luomaan mallinnustyönä laskentapohjaa eri hankeosamalleille [11]. Laskentapohjia on edistetty jo usean kriittisimpien hankeosien osalta ja uusia hankeosia tullaan mallintamaan resurssien myötä.

Laskentalogiikan kulku on eritelty neljään eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa määritetään hankeosan lähtötiedot. Lähtötiedoille on annettu lyhenteet,

jotka toimivat mallintajan apuna myöhempien vaiheiden laskentafunktioiden laatimisessa. (Kuva 1.)

Vaihe 1 - Lähtötiedot				
Alkuvalinta	Valinta			Vaikutus funktioihin ja taulukoihin
Hankeosa	Katu			Vaikutus funktioihin ja taulukoihin
Hankeosatyyppi	Tonttikatu pientaloalue			Vaikutus poikkileikkauksiin
Lähtötiedot	Lyhenne	Arvo	Yksikkö	Vaikutus mitoittaviin tekijöihin
Sijainti	sijainti	Etelä-Suomi	-	Rakennepaksuus
Katuluokka	katu_ik	Tonttikatu, pientaloalue	-	Rakennepaksuus, ajoradan leveys
Pohjamaaluokka	pohjamaaluokka	F	-	Rakennepaksuus
Liikennemäärä KVL	kvl	10-500	autoa/vrk	Poikkileikkaus/Ajoradan leveys
Nopeus	nopeus	40	km/h	Poikkileikkaus/Ajoradan leveys
Ajoratojen lukumäärä	ajor_ikm	1	kpl	Poikkileikkaus/Ajoradan leveys
Tasauksen korkeus maanpinnasta	tasaus	0.25	m	Pengerkorkeus
Kadun pituus	tie_pituus	1000	m	Kadun pituus

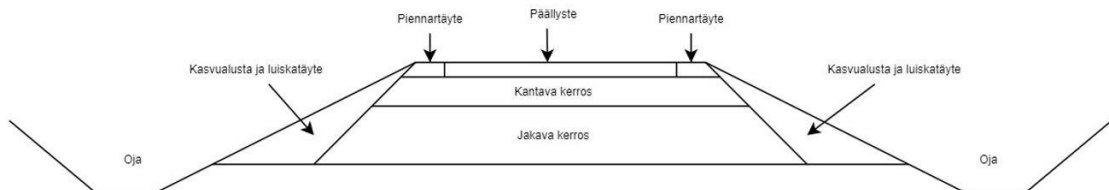
Kuva 1. Kadun lähtötiedot

Toisessa vaiheessa on listaus hankeosaan kuuluvista mitoittavista tekijöistä, jotka osin nojautuvat ensimmäisen vaiheen lähtötietoihin. Mitoittavat tekijät vaikuttavat laskennan funktioihin ja siten myös rakennusosamääriin. Mitoittaville tekijöille on annettu lyhenteet, joita käytetään laskentafunktioissa (kuva 2).

Vaihe 2 - Mitoittavat tekijät			
Mitoittava tekijä	Lyhenne	Arvo	Yksikkö
Kadun pituus	tie_pituus	1000	m
Ajoradan leveys	tie_leveys	5	m
Kallion leikkaussyvyys	kallio_leikkaus	0	m
Piennar	piennar	0.25	m
Rakennekerrosten kaltevuus (käänteisluku)	r_kaltevuus	1.5	-
Luiskatäytteen kaltevuus (käänteisluku)	luiska_kaltevuus	3	-
Tasauksen korkeus maanpinnasta	tasaus	0.25	m
Rakennepaksuus: päällystekerros	päällyste_paksuus	0.11	m
Rakennepaksuus: kantava kerros	kk_paksuus	0.2	m
Rakennepaksuus: jakava kerros	jk_paksuus	0.8	m
Rakennekerrosten paksuus	rakenne_paksuus	1.11	m
Kasvualustan paksuus	kasvualusta_paksuus	0.2	m
Pintamaan poiston korkeus	pintamaa_poisto	0.2	m
Pengerpaksuus	pengerr_paksuus	0	m
Leikkaussyvyys	leikkaus_syvyys	0.66	m
Ojan syvyys päällysteestä	oja_syvyys	1.16	m
Ojan pohjan leveys	oja_pohja_leveys	0.5	m
Ojan ulkoluisikan kaltevuus (käänteisluku)	ulkoluisika_kaltevuus	2	-

Kuva 2. Kadun mitoittavia tekijöitä

Kolmannessa vaiheessa mitoittavien tekijöiden perusteella on luotu funktioita rakennusosille, joilla saadaan laskettua poikkileikkaukseen eri rakennusosien pinta-alat. Funktiot sisältävät päällystekerroksien, pientareiden, kantavan kerroksen, jakavan kerroksen, maaleikkauksen, pengertäytteen, kasvualustan, luiskatäytteen, ojien ja pintamaan poiston massojen pinta-alat (kuva 3).



Kuva 3. Kadun rakenne poikkileikkauksessa

Viimeisessä, neljännessä vaiheessa on listattuna rakennusosakirjaston mukaiset rakennusosat ja niille kohdistuvat määrälaskentafunktiot. Määrälaskentafunktioiden lopputuloksena saadaan jokaiselle hankkeeseen kuuluvalla rakennusosalla määrät sille tarkoitetun yksikön mukaisesti. Hankeosaan muodostuvat kustannukset saadaan rakennusosien yhteenlasketuista hinnoista. Määrät lasketaan kolmannessa vaiheessa laskettujen pinta-alojen sekä hankkeen pituuden tulona (kuva 4).

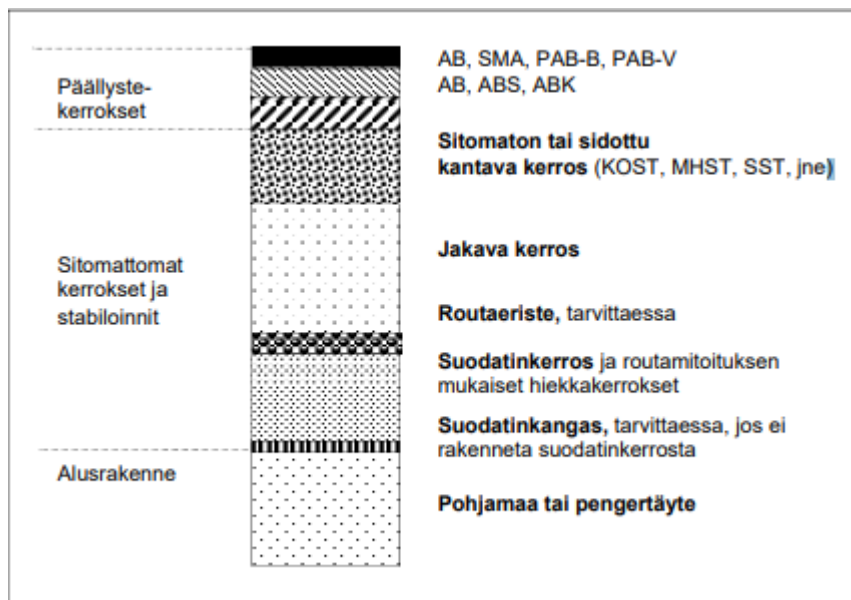
Vaihe 4 - Määrälaskentafunktiot					
Infra 2015 pääryhmä	Infra-koodi	Rakennusosakirjaston rakennusosa	Määrälaskentafunktio	Määrä	Yksikkö
1100 Olevat rakenteet ja rakennusosat	1141	Poistettavat pintamaat, h=200mm	tie_pituus * pintamaa_levyys	21300	m2tr
1200 Pilaantuneet maat ja rakenteet					
1300 Perustusrakenteet					
1400 Pohjarakenteet					
1500 Kallion tiivistys- ja lujitusrakenteet					
1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot	1611	Maaleikkaus	tie_pituus * leikkaus_pa	14937	m3ktr
1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit					
1800 Penkereet, maapadot ja täytöt	1811.11	Maalle pengerretty maapenger	tie_pituus * penkere_pa		m3rtr
	1812	Luiskatäyte	2 * tie_pituus * luiska_kok_pa	1848	m3rtr
2100 Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset	2121	Jakava kerros	tie_pituus * jk_pa	6504	m3rtr
	2131	Sitomaton kantava kerros	tie_pituus * kk_pa	1326	m3rtr
	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	tie_pituus * tie_levyys	5500	m2tr
	2161	Piennartäyte	2 * tie_pituus * piennar_pa	73	m3rtr

Kuva 4. Esimerkki joistain katuhankkeen rakennusosien määristä

2.9 Määrälaskenta

Katu koostuu erilaisista rakennusosista, ja rakennusosien määrät mitataan yleensä InfraRYL-määrälaskentaohjeiden mukaisesti. Rakennekerroksien paksuudet määräytyvät hallinnollisten ja toiminnallisten luokitusten mukaisesti. Lisäksi suuri vaikuttava tekijä rakennekerroksille on pohjaolosuhteet.

Kuvan 5 mukaisesti kadulle muodostuu rakennekerrokset eri lähtötietojen vaikutuksesta. Katu koostuu useista eri kerroksista, ja jokaisen kadun rakenne suunnitellaan ja mitoitetaan tapauskohtaisesti sen käyttötarkoituksen ja vaatimusten mukaan.



Kuva 5. Tien rakennekerroksien nimitykset [12]

2.10 Kuljetettavien rakennusosien vaikutus hankkeen kustannuksiin

Tuotantonimikkeistö pitää sisällään rakennusosien ja palvelujen tuottamiseen kuuluvat työt ja työvaiheet. Tuottamiseen kuluvat työt sisältävät rakennusosien, kuten hyödyttömäksi todettujen maa-ainesten, kuljetuksen välivarastoihin tai kaatopaikalle. Hankkeen sijainnilla on suuri merkitys kustannusten kannalta, sillä kuljetusmatka vaikuttaa oleellisesti hintaan. Toinen merkittävä

kustannustekijä on maa-ainesten hyödyntäminen rakenteissa. Suurien maa-massojen kuljetus tuo kustannuksia hankkeelle. Laskentapalvelussa käyttäjällä on mahdollisuus määrittää kuljetettavien maa-ainesten määrä sekä kuljetusmatkan pituus.

Helsingin kaupungilla on maa-ainesten kuljetukseen liittyviä mittareita, joilla seurataan maamassoista aiheutuvia polttoaineenkulutusta ja sitä, kuinka suuri osa maa-aineista kuljetetaan ulkopuolisille vastaanottajille [13]. Hyötykäytön tavoitteena on vähintään 80 % vuodessa. Mittari kuvaa Helsingin katu- ja puistorakentamisen maa-ainesten hyötykäytön osuutta verrattuna ulkopuolisille vastaanottajille kuljetettaviin maa-aineksiin. Vuonna 2019 luku oli 92 %. Hyötykäytön myötä raskaiden ajoneuvojen kasvihuonekaasupäästöt ovat pienemmät, sillä mitä korkeampi hyötyprosentti, sitä vähemmän tarvitaan maa-ainesten kuljetusta. [14]

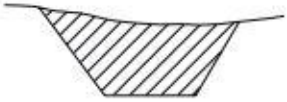


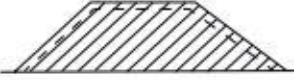

Ihkun laskentasovelluksessa on oma rakennusosa kuljetettaville maa-aineksille, joka sisältää maankaivun ja kuormauksen sekä kaivetun maan kuljetuksen läjitysalueelle sekä läjitysalueen vastaanoton. Rakennusosan yksikköhinta perustuu kuljetusmatkalaskuriin, johon vaikuttaa toteutusympäristö sekä hanketyyppi.

2.11 Massakertoimet

Testivaiheessa vertailtaessa maa- ja kalliroleikkausten massoissa tulee huomioida käytettävää mittayksikköä. Suunnitelmavaiheessa määrät mitataan teoreettisin mittayksiköin. Maamassojen leikkausten ja kaivantojen määrien

mittayksikkönä käytetään pääsääntöisesti teoreettista kiintotilavuutta (m^3ktr).
(Kuva 6.)

Tilavuuskäsitteet ja massakertoimet

Lyhenne	Nimitys	Selitys	
m^3ktr	teoreettinen kiintotilavuus	luonnontilainen, teoreettinen poikkileikkaus (mitattu piirustuksista)	
$y_1 = \frac{m^3ktd}{m^3ktr}$	ryöstökerroin		
m^3ktd	todellinen kiintotilavuus	luonnontilainen, todellinen poikkileikkaus (mitattu luonnossa)	
$k_1 = \frac{m^3itd}{m^3ktd}$	löyhymiskerroin		
m^3itd	todellinen irtotilavuus	todellinen tietyssä käsittelyvaiheessa	
$k_2 = \frac{m^3rtd}{m^3itd}$	tiivistymiskerroin		
m^3rtd	todellinen rakennetilavuus	rakenteessa, todellinen poikkileikkaus (mitattu luonnossa)	
$y_2 = \frac{m^3rtr}{m^3rtd}$	täyttökerroin		
m^3rtr	teoreettinen rakennetilavuus	rakenteessa, teoreettinen poikkileikkaus	

Kuva 6. Tilavuuskäsitteet ja massakertoimet [15]

Maaleikkausmassan määrä teoreettisesta kiintotilavuudesta todelliseen irtotilavuuteen (kaava 1).

$$V(m^3itd) = y_1 * k_1 * V(m^3ktr) \quad (1)$$

$$\rightarrow V(m^3itd) = 1,15 * 1,15 * 5000m^3 ktr = 6612,5m^3itd$$

V on tilavuus, m³itd todellinen irtotilavuus sekä m³ktr teoreettinen kiintotilavuus. Y1 tarkoittaa ryöstökerrointa, jolla kuvataan suunnitellun ja toteutuneen maaleikkausmassan suhdetta. K1 tarkoittaa löyhtymiskerrointa, joka kuvaa maamassan löyhtymistä kuormaustilanteessa. Kertoimille y1 ja k1 on laadittu Infra-RYL 2006:n liitteeksi massamuunnoksien kerrointaulukot, jossa tietyn olomuodon kerroin on kerrottu. Kaavassa 1 on käytetty soran muunnoskerroimia.

Tulokseksi saadaan 6612,5 m³ todellista irtotilavuutta. Huomataan merkittävä ero (5000 m³ktr) teoreettisen kiintotilavuuden määrään. Esimerkiksi hankkeen maaleikkausmassoja halutaan siirtää pois kuljetusvälineellä. Maaleikkauksen massa lasketaan teoreettisena kiintotilavuutena, mutta kuljetusta varten määrä täytyy laskea löyhtyneen maan tilavuutena (m³itd). Tällöin tulokseksi saadaan todellinen määrä kuljetusta varten vaatimasta massasta. (Kaava 1.)

3 Hanketestauksen suunnittelu

Ennen kuin voidaan tuoda hankeosalaskenta osaksi Ihku-laskentapalvelua, on varmistuttava siitä, että hankeosamallit on mallinnettu oikein ja niiden toimivuus voidaan taata. Hankeosamallien toimivuuden varmistumiseen apuna käytetään sovellusohjelmistoa ja toteutuneiden hankkeiden aineistoja testiaineistona.

3.1 Testiaineiston valinta

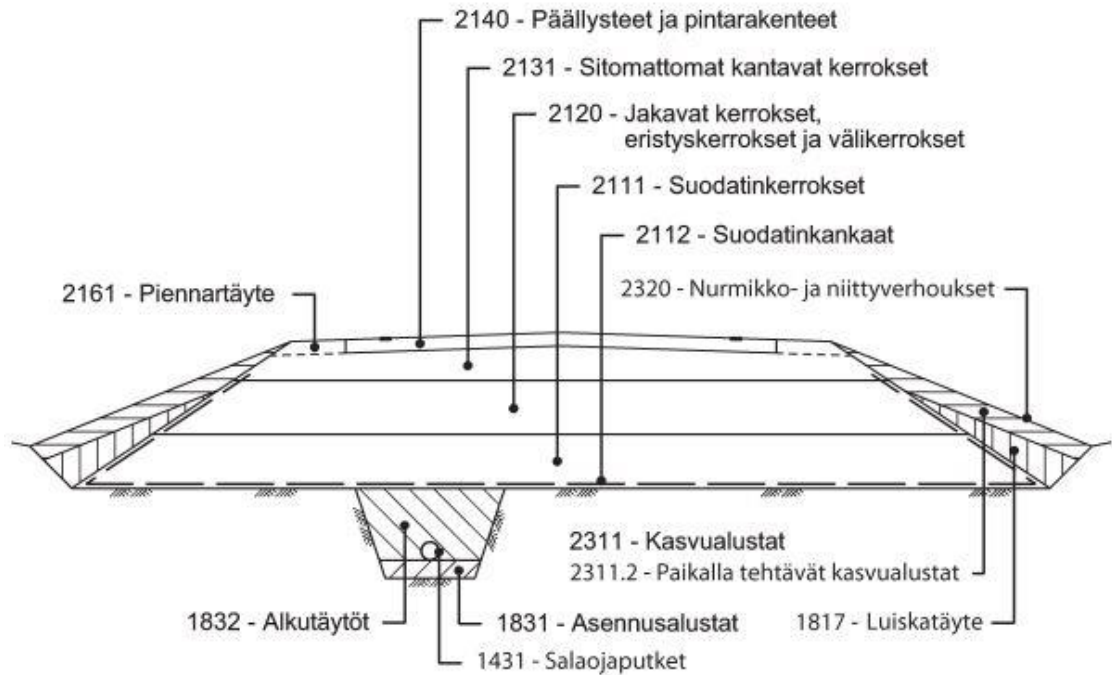
Testauksen suorittamisen avuksi on laadittu hankeosamallin testausohje, jossa testaus käydään läpi testattavan hankeosan valinnasta jatkotutkimustarpeiden luomiseen saakka. Ohjeessa kerrotaan, kuinka testaus suoritetaan, jos testiaineistona käytetään toteutunutta hanketta tai jos testiaineistoksi valitaan käytettäväksi sovellusohjelmistoa. Näiden kahden ero on siinä, että sovellusohjelmistoa hyödyntäen luodaan testipohjan mukaiset olosuhteet, kun taas toteutunutta

hanketta hyödyntäessä testipohjaan luodaan toteutuneen hankkeen mukaiset olosuhteet. Toteutunut hanke sisältää enemmän epävarmuustekijöitä, minkä myötä syntyy mahdollisesti suurempia eroavaisuuksia rakennusosien määrissä verraten sovellusohjelmalla luotuun testiaineistoon.

Ihkun yhtenä oleellisempina osana on sovelluskehitys. Samaan aikaan kun uusia hankeosia mallinnetaan, on hankeosamallien vieni sovellusohjelmaan käynnissä. Testauksessa tullaan myöhemmin hyödyntämään Ihkussa luotua alkuvaiheen sovellusversiota (demo). Sovellusversioon on yksinkertaisempaa luoda laajoja hankekokonaisuuksia verrattuna laskentapohjien yhdistelemiseen Excelissä. Tarkoituksena on myös sovelluksen edetessä luoda uudet hankeosamallit suoraan sovellusympäristöön luomatta ensin laskentapohjaa Exceliin, niin kuin tähän asti on tehty.

Ensimmäisessä testausvaiheessa tarkoituksena on varmistaa perusmallin toimivuus, mitä varten on kannattavaa hyödyntää mallinnustyökaluja, kuten Novapointia. Ihkun laskentapohjan periaatteena on laskea rakennusosien poikkileikkauksen pinta-aloja, joita pystytään vertaamaan sovellusohjelmistolla laskettuihin pinta-aloihin.

Kuvassa 7 on esitetty tierakenteen poikkileikkauskuva sekä siihen kuuluvien rakennusosien hankekohtaiset nimikkeet. Kunnallistekniikan rakennusosia käsitellään omana irrallisena hankeosanaan eikä siihen kuuluvia tekijöitä oteta kadun perusmallin testauksen laskennoissa huomioon.



Kuva 7 Tierakenteen nimikkeitä [15]

3.2 Testausvaihe

Testauksen liikkeellelähdön mahdollistamiseksi mallintaja on todennut laskentapohjan kaavojen sekä laskentalogiikan olevan valmis testausta varten. Testauksessa tulee tuoda selkeästi ilmi, halutaanko testata yksittäistä hankeosaa, esimerkiksi vesihuollonjärjestelmää, vai halutaanko testata suurempaa hankeosakokonaisuutta, joka sisältää esimerkiksi katuun liittyvät hankeosat, kunnallistekniikan, valaistuksen ja kevyen liikenteen väylän.

3.3 Testauksen läpikäynti

Testausta varten luodaan erillinen testipohjaversio Exceliin sille hankeosalle, jota lähdetään testaamaan. Tällä varmistetaan siitä, että varsinainen laskentapohja pysyy sellaisena, kuin se on luotu. Laskentapohjasta luotu kopio nimitään selkeästi erilliseksi testipohjaksi.

Riippuen siitä, käytetäänkö testiaineistona sovellusohjelmistoa vai toteutunutta hanketta, syötetään lähtötiedot joko testipohjaan tai sovellusohjelmaan. Lähtötietojen tarkkuus on suuressa roolissa testauksessa, sillä epävarmoilla lähtötiedoilla voidaan luoda epätotuudenmukainen kuva hankkeen rakenteesta.

Lähtötietojen syöttämisen jälkeen verrataan määräluetteloita testiaineiston sekä -pohjan osalta. Määräluetteloista luodaan taulukko, josta näkyy kaikki hankkeeseen kuuluvat rakennusosat määrineen. Vertailun tarkempaan tarkasteluun otetaan ne rakennusosat, joiden määrissä muodostuu suuria eroja, minkä myötä lähdetään pohtimaan jatkotutkimustarpeita eroavaisuuksien mahdollisista syistä. Lopputuloksena tulisi varmistua siitä, että testaus on pystytty suorittamaan onnistuneesti loppuun, eikä merkittäviä eroavaisuuksia havaita.

3.3.1 Sovellusohjelmiston hyödyntäminen testiaineistona

Lähtökohtaisesti perusmallin testauksessa hyödynnetään sovellusohjelmistoa, joka mahdollistaa identtisten lähtötietojen käytön testipohjan ja testiaineiston välillä. Testauksen sovellusohjelmana käytetään Novapoint-suunnittelujärjestelmää, jolla pystytään suunnittelemaan muun muassa erilaisia väylähankkeita.

Sovellusohjelmaan annetaan testauspohjan mukaiset lähtötiedot, joiden ansiosta saadaan luotua identtinen poikkileikkauskuva testiaineiston ja testauspohjan välille. Testiaineistossa voidaan käyttää Ihkussa asiantuntijoiden kesken sovittuja oletuksia, esimerkiksi tasauksen korkeuden osalta. Sovellusohjelmisto antaa tarkkoja arvoja siihen kuuluvista rakennusosamääristä, joihin hankesalaskennan testausvaiheessa kiinnitetään huomio.

Rakennusosien, kuten maaleikkauksen, mallinnukseen sovellusohjelmalla pystytään analysoimaan eri osien pinta-aloja. Pinta-aloja vertaamalla saadaan selville tarkat määrät eri rakenneosille, jolloin poikkileikkauksessa muodostuvien erojen virheiden todentaminen on helpompaa.

Mikäli havaitaan merkittäviä eroja rakenteen pinta-aloissa, on siitä dokumentoitava ja kirjattava jatkotutkimustarpeet erojen selvittämiseksi. Eroavaisuuksien

syty tulee tunnistaa, jonka pohjalta luodaan muutoksia laskentapohjan kaavoihin. Tehtyjen muutosten jälkeen suoritetaan testaus uudelleen käyttäen samaa testiaineistoa.

3.3.2 Toteutuneen hankkeen hyödyntäminen testiaineistona

Toteutuneen hankkeen käytöstä testiaineistona on toissijainen vaihtoehto perusmallille, sillä lähtötiedoissa voi olla epävarmuuksia ja riskejä tarkkuuden suhteen. Perusmallin testauksen tarkoituksena on varmistaa sen toimivuus olosuhteiltaan yksinkertaisen testiaineiston avulla, eikä olosuhteiden muutoksia testiaineiston matkalla tulisi syntyä.

Testauksen ensimmäinen tehtävä on löytää hankeosamallille soveltuva toteutunut hanke, josta on tarpeelliset aineistot saatavilla. Aineistoista tulisi saada selville vaadittavat lähtötiedot, sekä määräluettelot hankkeeseen kuuluvista rakennusosista.

Tarkastelussa tulee myös huomioida mitoittaviin tekijöihin vaikuttavat rakennekerroksien sekä luiskien kaltevuudet. Rakennusosamääristä suurin osa kuluu päällystekerroksien alle, mutta myös luiskaosat ovat oleellinen osa ottaa huomioon.

Testipohjaan syötetään testiaineiston mukaiset lähtötiedot, jotta saadaan luotua testiaineiston mukainen poikkileikkaus. Keskiarvot tai lhkussa sovitut oletukset valitaan niiden lähtötietojen kohdalle, joissa on epävarmuutta tai paljon olosuhteiden vaihtelevuutta. Nämä luetaan epävarmuustekijöiksi testauksen tarkkuus-
tasojen osalta.

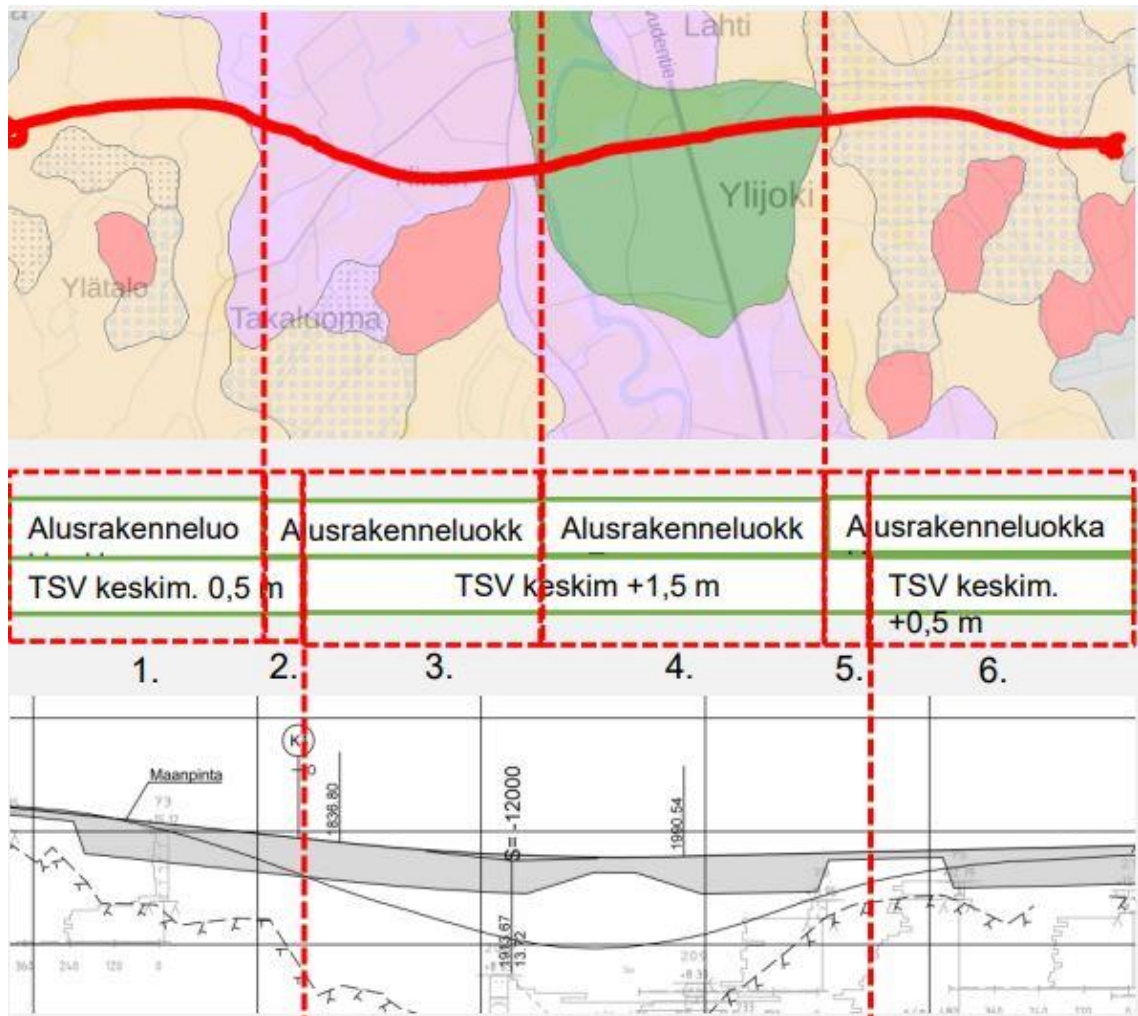
Testiaineistosta saatuja rakennusosamääriä verrataan testipohjan rakennusosien määriin. Vertaillessa tulee dokumentoida merkittävien rakennusosamäärien erojen jatkotutkimustarpeet asiantuntijoiden kanssa ja määrittää hanke- tai rakennusosakohtaisesti sallittuja tarkkuuksia sekä sitä, tehdäänkö laskentakaavoihin muutoksia.

3.4 Hankeosan osittelu

Matkaltaan pitkissä hankkeissa on yleistä, että jossakin kohtaa pituussuunnassa rakenteisiin tulee osuuksia, joissa rakenteet ovat toisistaan poikkeavia, vaikka muuten hankkeen ominaisuudet pysyvät samoina. Tulisi olla mahdollisuus pilkkoa hanke osiin, jotta jokaiselle toisistaan poikkeavalle osuudelle olisi mahdollista tehdä omat laskelmat, joilla pystytään tarkentamaan esimerkiksi pohjaolosuhteita.

Tulevassa Ihku-laskentasovelluksessa on mahdollista jakaa yksittäinen hankeosa useampaan osaan niin, että esimerkiksi 10 kilometrin osuudella on viisi erilaista tasausta ja/tai pohjamaaluokkaa. Hankeosan osittelun myötä voidaan testiaineistoa tarkastella tarkemmin olosuhteiden muutoksista koituvia eroja rakennekerrosten ja leikkausmassojen määrissä. Aiemmin on jouduttu luomaan uusi hankeosa samalle väylälle, jolloin esimerkiksi yksi maantiehanke on koostunut useasta eri hankeosasta.

Osittelun myötä tuloksista saadaan totuudenmukaisemmat, eikä yhtä suurta eroa rakennusosien määrissä synny testiaineiston ja -pohjan välille. Hankkeen osittelussa hanke jaetaan pituussuuntaisten muutoksien osalta eri osiin, jotka ilmoitetaan paaluväleittäin. Paaluväleille voidaan tarkentaa lähtötietoja epävarmojen tekijöiden osalta. (Kuva 8.)



Kuva 8. Osittelu hankeosien sisällä [17]

3.5 Testauksen tarkkuustasot

Eroja testiaineiston ja testipohjan rakennusosamäärissä väistämättä syntyy, jolla on vaikutus hankkeen kustannusarvioon. Kun testiaineistona käytetään sovellusohjelmaa, rakennusosamäärien erot tulisi olla pienet, kun taas toteutuneen hankkeen kohdalla sallitaan hieman suurempi heitto, sillä sovellusohjelmistolla pystytään luomaan täysin identtinen poikkileikkauskuva testipohjaan nähden. Käytettäessä toteutunutta hanketta testiaineistona tarkkuustasojen salitut erot tulee määrittää Ihku-allianssin asiantuntijoiden voimin hanke- ja rakennusosakohtaisesti. Lopputuloksien rakennusosakohtaisten tarkkuustasojen määrittämisessä huomioon on otettava muuttuvat tekijät hankkeen

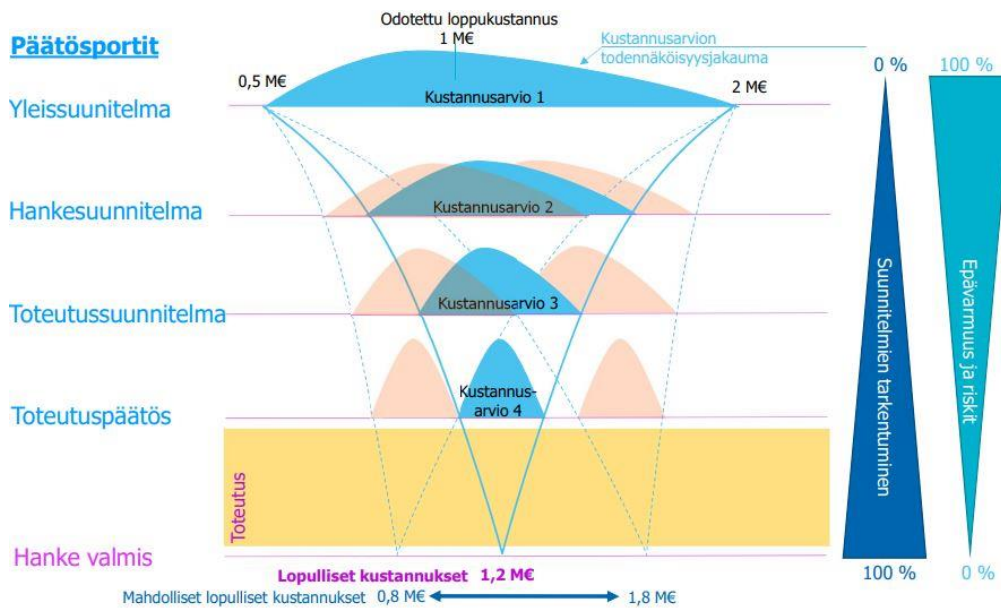
pituuussuuntaisissa muutoksissa. Erityisesti kallionpinnan korkeusasemalla ja kallion laadulla on suuri merkitys kustannusvaihteluvälin suuruuteen.

Yleissuunnitteluvaiheessa tulee tunnistaa hankkeen lähtötietojen määrään ja tarkkuuteen kuuluvat riskit. Ennen suunnitteluvaiheeseen siirtymistä tulisi dokumentoida erityisesti puutteelliset lähtötiedot, joiden vaikutus arvioidaan karkeasti asiantuntijoiden voimin, ja muutetaan esimerkiksi oletuksia.

3.5.1 Kustannuspainotukset

Kustannuspainotuksen mukaan tarkkuuksissa tulisi päästä tarkempaan lopputulokseen, jotta kustannusarviot muodostaisivat mahdollisimman realistisen kuvan lopullisista kustannuksista. Kustannuksiltaan vähäisesti vaikuttavat rakennusosat voidaan sovittaessa ohittaa.

Yleissuunnitelmavaiheessa kustannusarvion epävarmuus on suuri, kun hankkeelle ei ole tehty tarkkoja suunnitelmia eikä riittävästi pohjatutkimuksia. Hanke-suunnitelmavaiheessa hankkeelle on luotu epätarkat suunnitelmat sekä on tehty vähäiset pohjatutkimukset. Toteutusvaiheessa suunnitelmien ja pohjatutkimusten tarkentumisen myötä epävarmuudet ja riskit ovat selkeämmin tiedossa ja kustannusarvion todennäköisyysjakauma kaventuu. Todennäköisyysjakauma kaventuu suunnitelmien tarkentuessa, sekä epävarmuuksien ja riskien hallinnan myötä ja päästään lähemmäksi todellista loppukustannusta. (Kuva 9.)

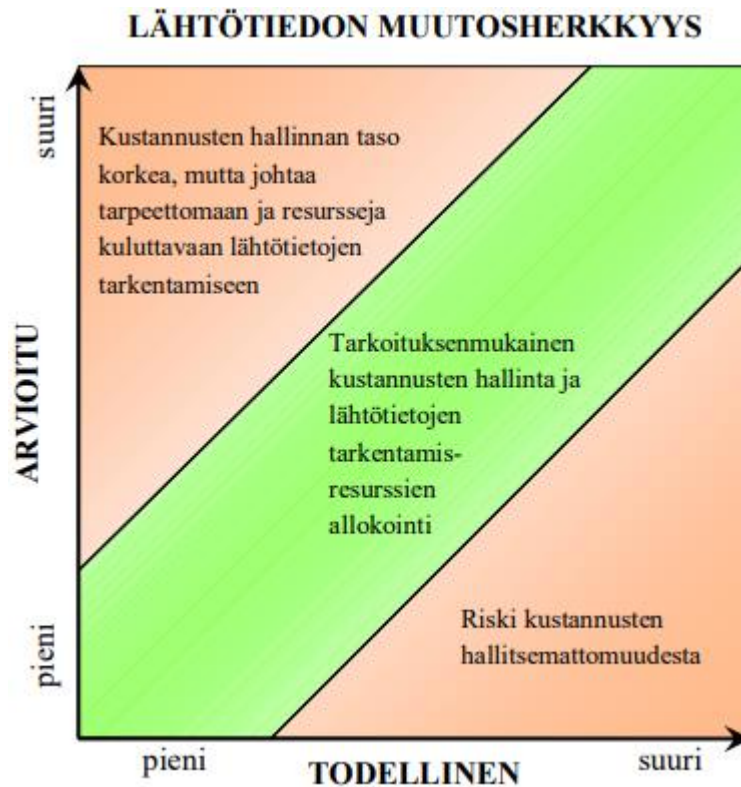


Kuva 9. Suunnitelmien tarkentuessa saadaan tarkempi kustannusarvio [18]

3.5.2 Rakennusosamäärien tarkkuustason määrittäminen

Hankeosamallinnuksen lopputuloksena saadaan hankeosalle rakennusosista määräluettelot, joita verrataan toteutuneen hankkeen rakennusosamääriin. Määräluetteloiden vertailussa käytetään yksikkönä prosenttia.

Hankeosalaskenta perustuu kustannusarvioihin, eikä tarkinta mahdollista tietoa todellisista kuluista ole välttämättä mahdollista saada suunnitelmavaiheessa. Muuttumattomien tekijöiden, esimerkiksi kadun päällystekerroksien, osalta rakennusosamäärä tulisi olla sama kuin testiaineistolla. Muuttumattomilla tekijöillä tarkoitetaan vakioarvoja, jotka eivät muutu olosuhteiden merkityksestä, kun taas muuttuvien tekijöiden arvot voivat riippua olosuhteiden vaikutuksesta. Jos muuttumattomien tekijöiden osalta rakennusosamäärät antavat merkittäviä eroja testiaineistoon verraten rakennusosamääriin, on se merkki siitä, että laskentapohjaan on tehtävä muutoksia. Suurempi heitto tuloksissa sallitaan muuttuvien tekijöiden, esimerkiksi jakavan kerroksen rakennusosamäärässä, mutta kuitenkin niin, että asiasta on sovittu asiantuntijan kanssa tapauskohtaisesti.



Kuva 10. Lähtötietojen tarkentaminen, jolla pyritään pysymään tarkoituksenmukaisella lähtötietojen tarkentamisen tasolla [19]

Hankeosalaskennassa pyritään pysymään tarkoituksenmukaisella lähtötietojen tarkkuusalueella kustannusten hallinnassa (kuva 9). Kustannusvaikutukseltaan merkittömien lähtötietojen tarkentaminen johtaa lähtötietojen tarkentamisresurssien väärään allokointiin. Jos lähtötietojen tarkentaminen taas on kustannushallinnan kannalta oleellinen mutta muutosherkkyys arvioidaan todellista pienemmäksi, johtaa se tarkentamisresurssien epäoleellisten lähtötietojen allokointiin.

3.5.3 Tarkkuustasojen tarkentaminen

Lähtötietojen tarkkuuksien tarkentamisella pyritään saamaan tarkempi malli hankkeesta. Epävarmojen lähtötietojen täsmentämiseen kuuluu esimerkiksi pohjatutkimusten kohdentamista hankkeen kriittisimpiin kohtiin. Väylähankkeissa pohjaolosuhteiden epävarmuustekijöiden pienentämisellä on suuri vaikutus kustannusten vaihteluväliin.

4 Vertailu

Määräluetteloiden vertailua on toteutettu tällä hetkellä Excelissä, mutta Ihkun laskentapalvelun kehittyessä tuloksia voidaan vertailla Ihku-laskentapalvelusovelluksessa. Eri hankeosat muodostuvat eri rakennusosista, joista jokaista hankkeeseen kuuluvaa rakennusosaa tulisi olla mahdollisuus verrata. Rakennekerroksien lisäksi hankkeeseen kuuluu esimerkiksi maa- ja kalliomassojen leikkaustyöt ja/tai pengertäyttö, luiskatäyttö, piennartäyttö, kasvualustat, suodatin-kankaat ja nurmetukset. Tässä opinnäytetyössä ei määritellä rakennusosien tarkkuustasojen raja-arvoja vaan työssä pohditaan tarkkuuksiin liittyviä epävarmuustekijöitä, joita käsitellään myöhemmin luvussa 5.1.

4.1 Testituloksen verrattuna sovellusohjelmistoon

Sovellusohjelmalla pystytään luomaan olosuhteiltaan identtinen poikkileikkaus kuin testipohjassa on käytetty. Tämän myötä rakennusosien määrät tulisi olla lähellä toistensa arvoja sovellusohjelman poikkileikkauksen sekä Ihkussa luodun testipohjan välillä.

Taulukko 3. Testipohjan lähtötietojen syöttö testiaineistoon

Lähtötieto	Arvo, yksikkö	Vaikutus mitoittaviin tekijöihin
Sijainti	Etelä-Suomi	Rakennepaksuus
Katuluokka	4	Ajoradan leveys
Pohjamaaluokka	F	Rakennepaksuus
Liikennemäärä, KVL	10–500 ajon/vrk	Ajoradan leveys
Nopeus	40 km/h	Ajoradan leveys
Ajoratojen lukumäärä	1	Ajoradan leveys
Tasauksen korkeus maanpinnasta	0,25 m	Pengertäyttö / maaleikkaus
Pituus	1000 m	Rakennusosien määrät

Lähtötietojen valinnalla on vaikutus rakenteeseen sisältyvien mitoittavien tekijöiden arvoihin. Katuluokan valinnalla on vaikutus ajoradan leveyteen ja kadun pituus vaikuttaa kaikkien rakennusosien määriin. Pohjamaaluokka vaikuttaa rakennepaksuuteen, sillä mitä vaikeammalle pohjamaalle rakennetaan, sitä paksumpi rakenne vaaditaan. Tasauksen korkeus maanpintaan vaikuttaa siihen, täytyykö hankkeelle tehdä maaleikkausta vai tarvitaanko pengertäyttöä. (Taulukko 3.)

Taulukko 4. Mitoittavat tekijät

Mitoittava tekijä	Arvo, yksikkö	Mitoittavan tekijän arvon valinta
Ajoradan leveys (päällyste)	5,5 m	Katuluokka, KVL, nopeus, ajoratojen lukumäärä
Pituus	1000 m	Käyttäjän syöttämä arvo
Maaleikkaus	0,66 m	Rakennepaksuus-tasaus-pintamaan poiston korkeus
Rakennekerroksen luiskan kaltevuus	1:1,5	Ihkussa sovittu oletus
Luiskatäytteen kaltevuus	1:3	Ihkussa sovittu oletus

Joillakin lähtötietojen valinnalla on merkitys mitoittaviin tekijöihin. Ajoradan leveys on määritelty katuluokittain, maaleikkaus määräytyy rakennepaksuuden erotuksella tasauksen korkeudesta ja pintamaan poiston korkeudesta ja rakennekerroksen luiskan- ja luiskatäytteen kaltevuus on oletettu ohjeiden sekä asiantuntijoihin pohjautuen, eikä niitä ole käyttäjällä mahdollisuus muokata. (Taulukko 4.)

Syöttämällä lähtötiedot sovellusohjelmaan saadaan luotua kadun rakenteesta poikkileikkauskuva sekä määrät hankkeeseen sisällyvistä rakennusosista. Käytettävien yksiköiden yhtäläisyydet tulee huomioida, sillä sovellusohjelmistossa saattaa olla käytössä esimerkiksi pintamaan poistossa kuutiometrit.

Taulukko 5. Kadun perusmallin rakennusosamäärien vertailu sovellusohjelmistoon

Rakennusosa, yksikkö	Ihku	Novapoint	Ero
Poistettavat pintamaat, m ²	21300	23290	-8,54 %
Maaleikkaus, m ³	14937	18658	-19,94 %
Luiskatäyte, m ³	1848	2177	-15,11 %
Jakava kerros, m ³	6504	6594	-1,36 %
Kantava kerros, m ³	1326	1332	-0,45 %
Päällysteet, m ²	5500	5502	-0,04 %
Piennartäyte, m ³	73	74	-1,35 %

Tuloksien vertailuna saadaan prosenttiero testipohjan ja testiaineiston välille. Tuloksista huomataan, että suurimmat erot ovat maaleikkausmassoissa sekä luiskatäytteessä. (Taulukko 5.) Näiden eroavaisuuksiltaan merkittävien rakennusosien osalta kirjataan jatkotutkimustarpeet syiden selvittämiseksi. Mahdolliset syyt on ratkaistava rakennus-/hankeosakohtaisesti, ennen kuin laskentapohja voidaan todeta toimivaksi.

4.2 Testitulokset verraten toteutuneeseen hankkeeseen

Toteutuneen hankkeen ja Ihkun laskentapohjan välisissä rakennusosamäärien eroissa sallitaan lievempi raja hanke- ja rakennusosakohtaisesti kuin käytettäessä testiaineistona sovellusohjelmistoa. Tuloksissa tulee tuoda ilmi, mitkä lähtötiedot voivat olla epävarmoja tai puutteellisia.

Testaus verraten toteutuneeseen hankkeeseen suoritettiin Espoon katuhankkeella, josta saatiin mitoittaviin tekijöihin liittyvät tiedot:

- katu- ja pohjamaaluokka 5E
- tien leveys 5 m

- tien pituus 325 m
- tasauksen korkeus 0 m
- päällysteen paksuus 50 mm
- kantavan kerroksen paksuus 150 mm
- jakavan kerroksen paksuus 550 mm.

Tietoa rakennekerrosten sekä luiskatäytteen kaltevuuksista ei testiaineistoista selvinnyt. Lisäksi maalaatikkorakenteisen maaleikkauksen sisäluiskan kaltevuutena käytettiin Ihkussa sovittua 5:1-oletusarvoa toteutuneen hankkeen 2:1:n sijasta.

Taulukko 6. Toteutuneen hankkeen rakennusosamäärien vertailu

Rakennusosa, yksikkö	Ihku	Toteutunut hanke	Ero
Maaleikkaus, m ³	2232	1874	19,1 %
Luiskatäyte, m ³	49	39	25,6 %
Jakava kerros, m ³	1238	1200	3,17 %
Kantava kerros, m ³	286	300	-4,67 %
Päällysteet, m ²	1625	1728	-5,96 %

Tuloksista huomataan suuret eroavaisuudet maaleikkaus-, sekä luiskatäytteen massoissa (taulukko 6). Epävarmuustekijöiden tarkentamiseen tulisi tarkastaa Ihkun laskentapohjan kaavat sekä tutkia testiaineiston pituussuuntaisia muutoksia tarkemmin ja jakaa hanke ositteluun eri paaluväleihin.

5 Tulokset ja johtopäätökset

Testituloksista voidaan selkeästi nähdä, kuinka paljon hankkeen pohjaolosuhteilla voi olla merkitystä rakennusosamääriin. Epävarmoilla lähtötiedoilla vertaaminen voidaan todeta riskialttiiksi eikä laskentapohjaa voida todeta virheelliseksi vain yhteen toteutuneeseen hankkeeseen verraten. Vertailua tulisi suorittaa useaan erilaisilla lähtötiedoilla olevaan testiaineistoon.

Testitulokset sovellusohjelmistoon verraten antoi hyviä ja vertailukelpoisia tuloksia perusmallin osalta. Syitä on lähdetty selvittämään niiden rakennusosien osalta, joissa on merkittävästi eroavaisuuksia.

Testausta hankkeen ositteluun ei vielä toteutettu, sillä testiaineistojen kerääminen ja lähtötietojen hakeminen on vielä käynnissä. Matkaltaan pitkien hankkeiden osittelu lyhyemmiksi pätkiksi tuo lisävarmuutta hankkeen kustannusten ja rakennusosien määrien tarkkuuksiin. Olosuhteiden tarkentaminen osittelukohtaisiksi mahdollistaa kunkin osan erilaisen mallin luonnin saman hankeosan sisälle.

5.1 Epävarmuustekijät

Jos hankkeesta on saatavilla vajavaiset lähtötiedot, saatetaan luoda virheellinen malli hankkeen rakenteesta, mikä voi johtaa virheellisiin lopputuloksiin. Puutteellisten lähtötietojen arvailun myötä saatetaan vahingossa päätyä lähelle oikeaa lopputulosta, ja täten mahdollisuus laskentapohjan toimivuuden hyväksyntä virheellisenä saattaa koitua epätoivotusti. Virheellisten laskentapohjien hyväksymisen välttämiseksi testaus tulisi suorittaa useilla, toisistaan poikkeavilla hankkeilla, jotta hankeosamallin toimivuudesta saadaan riittävä varmuus. Hankeosamalli voidaan todeta toimivaksi vasta, kun saadaan luotettavat sekä asiantuntijoiden mukaisesti tarkat tulokset.

Lähtötietojen tarkkuus on avainasemassa hankeosamallin testauksessa. Aineistoista on saatava selville mahdolliset muuttuvat tekijät pituusleikkauksesta. Pohjamaan muutokset hankkeen aikana tulisi saada tarkasti selville sekä tieto siitä, onko kalliopintaa lähettyvillä.

Maamassojen sekä kalliroleikkausten hyödynnettävyys rakentamisen massoissa on arvioitava hankekohtaisesti. On selvää, ettei kaikkia maamassoja pystytä olettamaan hyödynnettäviksi vaan niitä on myös kuljetettava kaatopaikalle tai välivarastoon. Pohjatutkimusten määrien kasvaessa arvio hyödynnettävien

maamassojen käytöstä tarkentuu ja tätä myöten myös määräluetteloiden tarkkuus paranee.

5.2 Poikkileikkauksen erot

Kadun, maantien ja ratojen hankeosista on mallinnettu yksinkertaiset mallit, joihin käyttäjällä on mahdollisuus muokata lähtötietoja halutun mukaiseksi. Huomioon on otettu tasauksen korkeuden muutoksen vaikutus rakenteeseen. Jos tasauksen korkeus maanpinnasta on alle nolla metriä, laskentapohja osaa ottaa huomioon siihen liittyvät laskennan muutokset. Lisäksi jos tasauksen korkeus on suurempi kuin rakennekerrosten paksuus, tarvitaan pengertäyttöä tietyn paksuuden verran.

Toteutuneissa hankkeissa saatetaan mahdollisesti käyttää erilaisia periaatteita rakennekerrosten rakentamisen sekä maaleikkausten suhteen. Esimerkiksi tilan säästämiseksi ja mahdollisten myöhemmässä vaiheessa rakennettavien rinnakaisten hankeosien luomista ajatellen kadun rakennekerrokset rakennetaan maalaatikkoon. Maalaatikkorakenteella tarkoitetaan rakennetta, jossa päällysrakenteen alaosa sijoitetaan pohjamaan pinnan alapuolella olevaan kaivantoon.

5.3 Dokumentointi

Testaukseen käytetyistä aineistoista sekä testauksen tuloksista tulisi luoda selkeät arkistot. Ihkuun on luotu hankeosalaskennan testaukselle oma kansio, joka pitää sisällään eritellyt kansiot hankeosittain. Hankekohtaisiin kansioihin on kerättyä hyödynnettäväksi todettuja hankkeita, joiden lähtötiedot ovat löydettävissä hankkeen aineistoista. Testituloksista luodaan uudet Excel-taulukot sen testiaineiston kansioon, jota on käytetty. Testituloksiin tuodaan määräluettelot testiaineiston sekä testipohjan rakennusosista. Testitulosten onnistumiset ja jatkotutkimustarpeet kirjataan testitulosten Exceliin.

5.4 Testausohjeen soveltuvuus muihin hankeosiin

Ihkussa on tarkoitus mallintaa infranimikkeistön mukaisesti eri hankeosia, tässä työssä on käsitelty kadun hankeosaa. Ohje antaa osviittaa siitä, minkälaisia riskejä ja epävarmuustekijöitä hankeosamallin testaukseen liittyy. Eri hankeosilla muodostuu erilaisia epävarmuustekijöitä, joita tulee tarkastella hanke- ja rakennusosakohtaisesti. On selvää, että jokainen hanke poikkeaa toisista ja ohjeen soveltuvuus erimuotoisiin hankeosiin ei välttämättä päde.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella ja määrittellä hankeosamallin testausta Ihku-allianssin hankkeen tueksi sekä luoda yleinen ohje hankeosamallin testaukseen. Työn tavoite saavutettiin ja testausohjetta hyödyntäen jatkossa on mahdollista nopeuttaa testauksen läpikäyntiä.

Työn aikana perehdyttiin tarkemmin hankeosalaskentaan ja sen tuomiin haasteisiin. Hankeosalaskenta perustuu kustannusarvioihin, jonka myötä työssä pohdittiin arvioihin perustuvien epävarmuustekijöiden ja tarkkuustasojen vaikutusta kustannuksiin. Työ alkoi testauksen mahdollisten vertailukohteiden tutkimisella. Aluksi ajatuksena oli lähteä testaamaan hankeosamalleja toteutuneisiin hankkeisiin pohjautumalla. Työn aikana syntyi ajatus sovellusohjelmiston hyödynnettävyydestä testauksessa, millä saataisiin toivottuja tarkkoja tuloksia verraten Ihkussa luotuun laskentapohjaan.

Perusmallien toimivuuden varmistuttua testausta lähdetään viemään eteenpäin. Tarkoituksena on tulevaisuudessa testata suuria hankekokonaisuuksia sisältäen useampia nimikkeistön mukaisia hankeosia yhteen hankkeeseen. Esimerkiksi hankeosan katu kokonaisuuteen lisätään katuvalaistus, kevyen liikenteen väylä ja vesihuollonjärjestelmä.

Työn aikana suoritettiin testauksia eri hankeosamalleille ja eroavaisuuksia testipohjan ja -aineiston rakennusosien määrissä syntyi. Erojen syiden määrittelyyn

käytettiin apuna asiantuntijoita sekä tutkittiin tarkemmin Exceliin mallinnettujen laskentapohjien kaavoja ja mahdollisia virheitä. Tuloksissa kuitenkin todettiin paljon hyvää, sillä usean rakennusosan erot olivat lähes olemattomia jo ensimmäisen testauksen jälkeen.

Testauksen läpiviennissä on paranneltavaa, ja sen toimivuutta pystyisi edelleen kehittämään, kun itsenäisiä hankeosia on saatu linkitettyä yhtenäiseksi hankekokonaisuudeksi sovellusversioon. Exceliin hankeosien linkittämisiä toisiinsa päätettiin olla tekemättä, sillä se toisi paljon resursseja kuluttavia lisätöitä.

Työtä voisi jatkaa lisäämällä testausohjeistuksen Ihkussa luodulle kehitteillä olevalle sovellusversiolle, sillä tässä vaiheessa ei ole tietoa siitä, miten sovelluksessa on mahdollista toteuttaa testausta. Ensin on saatava sovellusversio siihen vaiheeseen, että sillä pystytään suorittamaan testausta. Työhön voisi myös lisätä hankeosan osittelulla tehtyjen vertailujen tulokset, koska tässä vaiheessa testiaineistojen kerääminen ja lähtötietojen hakeminen on vielä käynnissä.

Työn lopputuloksena syntyi hankeosamallin testausohje, joka on toteutettu tämän insinööriyön tuloksien pohjalta, joka löytyy liitteenä. Testausohje on suuntaa antava, sillä muutokset ohjeen rakenteessa Ihku-laskentapalvelun edetessä ovat mahdollisia.

Lähteet

- 1 Rakennamme kustannustehokasta huomista. 2021. Verkkoaineisto. Ihku-allianssi. <<https://ihkuallianssi.fi/>>. Luettu 15.9.2021.
- 2 Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssi. 2021. Verkkoaineisto. Ihku-allianssi. <<https://ihkuallianssi.fi/hankkeen-sisalto/>>. Luettu 15.9.2021.
- 3 Lindholm, Mika & Junnonen, Juha-Matti. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.
- 4 INFRA 2006 Rakennusosa- ja hankeosanimikkeistö Määrämittausohje. 2006. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- 5 RT 10-11092 Infra 2011 Hankeosanimikkeistö. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 6 RIL 231-1-2006 Infrarakentamisen kustannushallinta, Tekstiosa. 2006. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2006. Helsinki: Dark Oy.
- 7 Kaukinen, Heidi. 2021. Hankeosalaskenta infrahankkeissa. Opinnäytetyö. Aalto-yliopisto. Helsinki.
- 8 Kadun rakennekerrokset ja materiaalit. 2021. Verkkoaineisto. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY. <<https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-rakennekerrokset-ja-materiaalit/>>. Luettu 21.9.2021.
- 9 Geometrinen suunnittelu. 2021. Verkkoaineisto. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY. <<https://katu2020.info/2020/2020/09/30/geometrinen-suunnittelu/>>. Luettu 23.9.2021.
- 10 Trimble Novapoint. 2021. Verkkoaineisto. Civilpoint Oy <<https://civilpoint.fi/ohjelmistot/trimble/novapoint/>>. Luettu 30.9.2021.
- 11 Hankeosalaskennan kehitystyö on käynnistynyt. 2021. Verkkoaineisto. Ihku-allianssi. <<https://ihkuallianssi.fi/hankeosalaskennan-kehitystyö-on-kaynnistynyt/>>. Luettu 23.9.2021.
- 12 Tierakenteen suunnittelu. 2018. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf>. Luettu 4.10.2021.

- 13 Maa-ainesten kuljetus. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki <<https://ilmastovahti.hel.fi/indicators/443>>. Luettu 13.10.2021.
- 14 Maa-ainesten hyötykäytön osuus. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <https://ilmastovahti.hel.fi/indicators/427>. Luettu 13.10.2021.
- 15 INFRA 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö ja määrämittausohje. 2015. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <https://www.rakennustieto.fi/html/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf>. Luettu 8.10.2021.
- 16 Pajula, Jussi. 2021. Ihku-info 5.10.2021. Verkkoaineisto. <https://ihkuallianssi.fi/wp-content/uploads/2021/10/IhkuInfo_esitys_jaettava.pdf>. Luettu 8.11.2021.
- 17 Väylähankkeiden kustannushallinta. 2013. Verkkoaineisto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-46_vaylahankkeiden_kustannushallinta_web.pdf>. Luettu 12.10.2021.
- 18 Petäjäniemi, Pekka. 2021. Ihku-info. 5.10.2021. Verkkoaineisto. <https://ihkuallianssi.fi/wp-content/uploads/2021/10/Pekka_Petajaniemi_esitys.pdf>. Luettu 19.10.2019.
- 19 Manninen, Ari-Pekka. 2009. Väylähankkeiden esisuunnitteluvaiheen kustannushallinta. Väitöskirja. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu.

Hankeosamallin testausohje



Hankeosamallin testausohje

10.11.2021

1



Sisällys

1. Valitaan testattava hankeosa/hankeosat
2. Soveltuvan testiaineiston hankinta
3. Luodaan testipohja testattavalle hankkeelle
4. Syötetään testipohjaan testiaineiston mukaiset lähtötiedot
5. Verrataan testipohjan ja testiaineiston määräluetteloita
6. Tarkkuustasot
7. Tarkennetaan lähtötietoja, mikäli mahdollista
8. Jatkotutkimustarpeet
9. Testauksen toistaminen päivitettyillä kaavoilla

2



1. Testattavan hankeosan/-osien valinta

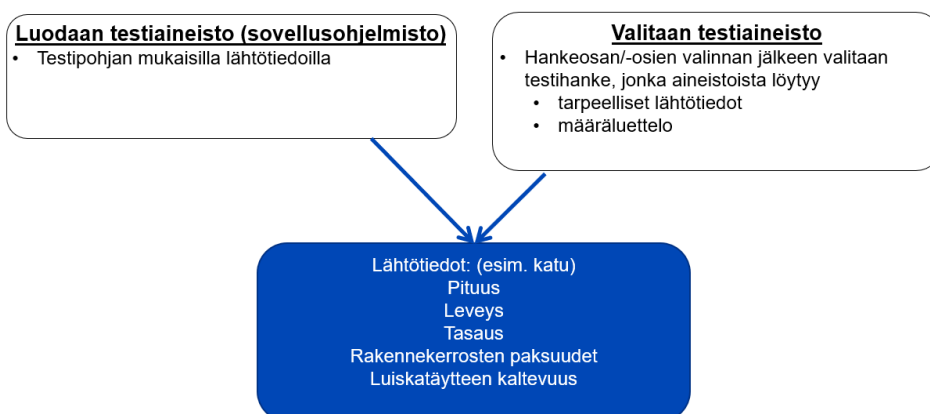
- Testattavaa hanketta valittaessa tulee huomioida, mikä on testauksen tarkoitus
 - Varhaisen vaiheen testaus, testataan rakenteiden pinta-aloja
 - Onko tarkoituksena yksittäisen hankeosan esim. vesihuoltojärjestelmän testaus
 - Vai testataanko esim. katuun liittyvää hankeosakokonaisuutta (katu, kunnallistekniikka, valaistus, kevyen liikenteen väylä)
- Perusmallin testauksen tarkoituksena on varmistaa yksittäisen hankeosan toimivuus
 - Valitaan hanke, jossa on eriteltynä esim. vesihuollonjärjestelmän rakentamiseen kuuluvat työt erikseen muista hankeosista
- Myöhemmissä vaiheissa voidaan luoda yhtenäisiä suuria kokonaisuuksia, kun perusmallit jokaisen hankeosan kohdalta on todettu toimivaksi

3



2. Testiaineiston hankinta

Testaus voidaan suorittaa joko sovellusohjelmistolla tai toteutuneella hankkeella



4



3. Testipohjan luonti

Luodaan laskentapohjasta kopio, jota käytetään testauspohjana

- Nimetään testipohja erilliseksi laskentapohjasta, jotta "virallinen" laskentapohja pysyy erillään

	A	B	C
1			
2			
3		Pohjamaaluuksia	
4		4F	
5			
6	Kadun pituus		1000 m
7	Ajoradan leveys		5,5 m
8	Tasaus		0,25 m
9	Kärsiväluista	<input type="checkbox"/>	
10			
11		Rakennepaksuudet (mm)	
12	Päällyste SMA 16		
13	Päällyste Ab 16		40
14	Päällyste Ab 22		
15	Päällyste Abx 31		70
16	Päällyste Ab 11		
17	Päällyste yhteensä		110
18			
19	Kivituhkia		
20	Kantava kerros		200
21	Jäkävä kerros		800
22	Suodatinlangas		Kyllä
23	Geotextiili		
24	Yhteensä		1110

5



4. Lähtötietojen syöttäminen testipohjaan

Sovellusohjelmisto

- Mallinnetaan testipohjan mukainen rakenne testipohjan mukaisilla lähtötiedoilla
- Käytetään Ihkussa sovittuja oletuksia

Toteutunut hanke

- Luodaan testipohjaan toteutuneen hankkeen kaltaiset olosuhteet lähtötiedoilla
- Voidaan käyttää Ihkussa sovittuja oletuksia, mutta tarkemman tuloksen saamiseksi muokataan testipohjan oletukset hankkeen mukaiseksi
- Olosuhteiden keskiarvoistaminen

6



5. Testipohjan vertailu testiaineistoon

- Vertaillaan rakennusosamäärien eroja
- Rakennusosien yksiköt saattavat poiketa toisistaan, joidenkin rakennusosien kohdalla voi olla ilmoitettuna m2 ja toisessa m3
- Mikä on rakennusosan tavoiteltu tarkkuustaso?
 - Kustannuspainotuksen mukaan rakennusosan tarkkuus?
 - Määritetään hanke- ja rakennusosakohtaisesti Ihku-allianssin asiantuntijoiden voimin
- Missä rakennusosien määrissä ero on merkittävä?
 - Lähtötietojen tarkistus
 - Laskentakaavojen tarkistus

Rakennusosa, yksikkö	Ihku	Novapoint	Ero
Poistettavat pintamaat, m2	21300	23290	-8,54 %
Maaleikkaus, m3	14937	18658	-19,94 %
Luiskatäyte, m3	1848	2177	-15,11 %
Jakava kerros, m3	6504	6594	-1,36 %
Kantava kerros, m3	1326	1332	-0,45 %
Päällysteet, m2	5500	5502	-0,04 %
Piennartäyte, m3	73	74	-1,35 %

7



6. Rakennusosien tarkkuustasot

Sovellusohjelmisto

- Testipohjaan mahdollisuus luoda tarkat lähtötiedot → tarkkuustasoissa sallitaan pieni ero
- Mitkä pitää pystyä laskea tarkasti ja missä sallitaan lievempi raja?

Toteutunut hanke

- Tarkkuuksissa sallitaan pientä heittoa
- Tulee olla yhteydessä asiantuntijoihin sallittujen tarkkuustasojen laatimisessa
- Mitkä pitää pystyä laskea tarkasti ja missä sallitaan lievempi raja?

8



7. Lähtötietojen täsmentäminen

Sovellusohjelmisto

- Tarkastetaan sovellusohjelman ja testipohjan poikkileikkauksen mahdollisia rakenneosien pinta-alaeroja

Toteutunut hanke

- Tarkennetaan lähtötietoja
 - Pituussuuntaisten muutoksien vaikutus voidaan ositella paaluväleittäin
 - Suoritetaan testaus ositteluin
 - Esim. Osittelujen maksimimäärä 10 riviä/hanke

- Tarvittaessa tehdään laskentakaavoissa havaittuihin virheisiin muutoksia
 - Ennen muutoksien tekoa on varmistuttava siitä, että se todetaan tarpeelliseksi ja muutoksella päästään tarkemmaksi todellista tilannetta
 - Tarvitaan riittävä määrä havaintoja ennen kuin kaavoja lähdetään korjaamaan →testaus useammalla eri testiaineistolla

9



8. Dokumentoidaan jatkotutkimustarpeet

- Testipohjan ja testiaineiston rakennusosamäärien eroavaisuuksien huomiointi
 - Kirjataan tarpeet jatkotutkimuksille niiden rakennusosien osalta, joissa määräero on suuri eikä sille löydy selkeää syytä
 - Huomioidaan kustannusvaikutus → kustannukseltaan vähäinen vaikutus voidaan sovittaessa ohittaa

10



Esimerkki testiaineiston testauksen tuloksista

- Määräluettelosta kerätään lista hankeosaan sisällyvistä rakennusosista
- Verrataan testipohjasta saatuja määriä testiaineistosta saatuihin määriin:

Taulukko 1. Määräluetteloiden vertailu, tonttikatu 5,5m sivuojilla

Rakennusosa, yksikkö	Ihku	Novapoint	Ero
Poistettavat pintamaat, m2	21300	23290	-8,54 %
Maaleikkaus, m3	14937	18658	-19,94 %
Luiskatäyte, m3	1848	2177	-15,11 %
Jakava kerros, m3	6504	6594	-1,36 %
Kantava kerros, m3	1326	1332	-0,45 %
Päällysteet, m2	5500	5502	-0,04 %
Piennartäyte, m3	73	74	-1,35 %

- Jatkotutkimustarpeet:
 - "Maaleikkauksien määrissä ero 20 %, vaatii asiantuntijan kanssa läpikäyntiä"
 - "Pintamaan poistossa ero 8,5 %, vaatii pintamaan poiston leveyden kaavojen tarkistusta"

11



9. Muutoksien teko ja uudelleen testaus

- Asiantuntijoiden keskustelujen pohjalta luotujen kaavojen täsmentämisen jälkeen suoritetaan testaus uudelleen samaa testiaineistoa käyttäen
- Luodaan uusi vertailutaulukko määrälueteloista
- Dokumentoidaan, päästäänkö tarkennetuilla muutoksilla halutun tarkkuustason sisälle
 - Esim. "Maaleikkauksien määrissä on 5 % ero, kaavojen muutoksen myötä tuloksessa päästiin tarkempaan lopputulokseen"

12

Kadun perusmallin testaus sovellusohjelmistolla

1. Ensimmäinen vaihe oli toimittaa testipohjassa käytetyt lähtötiedot, jonka pohjalta pystyttiin mallintamaan sovellusohjelmalla kadun poikkileikkaus
2. Määräluettelo sovellusohjelman mallista
3. Vertailu testipohjan ja sovellusohjelman määräluetteloista
 - Hyväksyttävät tulokset rakennusosien osalta: päällyste, kantava kerros, jakava kerros ja piennartäyte
 - Suuri ero maaleikkauksessa (n. 20 %) ja pintamaan poistossa (n. 8,5 %)
4. Jatkotoimena lähdetty selvittämään poikkileikkauksen pinta-alakohtaisten eroavaisuuksien syitä
 - Tämä vielä kesken, eikä virheitä saatu ratkaistua

