

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntasuunnittelu
Joni Ylistö

Opinnäytetyö

Tekla Xstreetin rakennetyyppikirjasto

Työn ohjaaja

Lehtori, DI Pentti Silén

Työn tilaaja

Destia Oy, valvojana infrasuunnittelun väyläryhmän palvelupäällikkö

DI Sami Snellman

Tampere 4/2009

Ylistö, Joni	Tekla Xstreetin rakennetyyppikirjasto
Opinnäytetyö	56 sivua
Työn ohjaaja	DI Pentti Silén
Työn teettäjä	Destia Oy, ohjaajana DI Sami Snellman
Huhtikuu 2009	

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Destia Oy:n Infrasuunnittelun käyttöön tiensuunnittelussa avustava rakennetyyppikirjasto. Toimintaympäristönä toimi suomalaisen Tekla Oy:n kehittämä Xstreet-suunnitteluohjelmisto. Kirjaston lähtökohtana oli tuottaa yhtenevä, toimiva ja helppokäyttöinen pohja eri suunnitteluvaiheille, helpottaa suunnittelijan työtä tarjoamalla lähtökohta suunnittelulle ja toisaalta tuottaa myös konkreettista säästöä suunnittelukustannuksissa. Yhtenä kehityksen lähtökohdista oli myös vastata nykyaikaisen maanrakennusautomaatiikan antamiin haasteisiin.

Luotu tyyppikirjasto koostuu kahdestatoista perustilanteen rakenteesta jotka pyrkivät vastamaan yleisimpiin tiehankkeille asetettuihin vaatimuksiin. Laajan muokattavuutensa ja muunneltavuutensa ansiosta se soveltuu myös erityisempiin hankkeisiin. Rakennetyyppien osia voidaan joustavasti siirrellä eri tyyppien välillä, ja lisäysten sekä muutosten tekeminen kirjastorakenteisiin onnistuu vaivatta yhtenäistettyjen suunnitteluperiaatteiden ansiosta. Kokonaisuuden hahmottaminen on tärkeässä osassa niin kirjaston käytössä, kuin suunnittelijoiden välisessä viestinnässäkin.

Avainsanat

rakennetyyppi, Xstreet, poikkileikkaus, tiensuunnittelu

Joni Ylistö Library of road structures for Tekla Xstreet
Thesis 56 pages
Thesis supervisor M.Sc. Pentti Silén
Co-operating company Destia Oy, M.Sc. Sami Snellman as a supervisor
April 2009

Abstract

The purpose of this thesis was to provide a versatile library of road construction types to be used by Finnish infrastructure and construction service company Destia. With the library, company could achieve savings both in work time and expenses. It would also generate more accurate plans to be used in automated ground constructing systems. In addition, standardized workflow in road designing should improve the way designers work together and alone.

The platform used was Tekla Xstreet, a software developed by Finnish civil engineering software company Tekla Corporation. Xstreet offers a comprehensive way to design diverse structures. For example, all the structure types are non-dependant of absolute designing values, making them flexible to be modified and adapted in different kind of projects, added to this, structure types works also as a starting point for projects, for example when evaluating different kind of alternatives of the cross-section type. Also the parts of each type are easily moved across the structures, which enables the designer to pick only the parts he or she needs for that particular project.

Destia builds, maintains and designs modern traffic and industrial environments, and also provides expert services and up-to-the-minute traffic information. With a turnover of almost EUR 720 million (2008), the Destia Group is Finland's infrastructure market leader. The Destia Group comprises the parent company Destia Ltd and its subsidiaries.

Keywords Xstreet, road structure, road design, cross-section

Esipuhe

Rakennetyyppikirjaston luominen käytettäväksi ja helppotajaiseksi oli odotettua haasteellisempaa. Etenkin Xstreetin käyttöliittymän sisäistäminen otti aikansa. Rakennekirjaston sekä rakenteiden toiminnan suunnittelu siten, että ne toimivat mahdollisimman loogisesti ja yleispätevästi vaati hieman ennakkopohdintaa ja suunnittelua. Henkilökohtainen kokemukseni rakenteiden suunnittelusta oli hyvin minimaalinen, joten kiittäisinkin kokeneita työtovereitani sekä työn ohjaajaa Sami Snellmania tutoroinnista ja tarpeellisista neuvoista sekä tutoriopettajaani Pentti Siléniä sisällöntuottamisen ohjaamisessa. Erityiskiitos Destialle koko tämän työn tuottamisen mahdollistamisesta.

Toivon, että tästä työstä on apua ja hyötyä niin kokeneempien, kuin uusienkin suunnittelijoiden työnteossa Xstreetin parissa.

Tampereella 2009

Joni Ylistö

Sisällysluettelo

1 Johdanto	8
1.1 Työn taustaa	8
1.2 Työn tavoitteet	9
1.3 Työn rajaukset	9
2 Teiden suunnittelu ja suunnitteluprosessin kulku	10
2.1 Viranomaistoiminta	10
2.2 Tiensuunnittelun lähtökohdat ja suunnitteluvaiheet	10
2.3 Hankekohtaisen tiensuunnittelun vaiheet	11
2.3.1 Yleistä	11
2.3.2 Esiselvitys	13
2.3.3 Yleissuunnitelma	14
2.3.4 Tiesuunnitelma	15
2.3.5 Rakennussuunnitelma	16
3 Tien suunnitteluperiaatteet	17
3.1 Yleistä	17
3.2 Tien suuntaus	17
3.3 Tien sovittaminen maastoon	17
3.3.1 Yleistä	17
3.3.2 Teknillistaloudelliset näkökohdat	18
3.3.3 Maankäyttötaloudelliset näkökohdat	18
3.3.4 Ympäristönsuojelunäkökohdat	18
3.4 Tien geometrian suunnittelu	19
3.4.1 Geometria	19
3.4.2 Poikkileikkaus	27
3.4.3 Päälysrakenne	29
4 Suunnitteluohjelmisto	30
4.1 Tekla Xstreet	30
4.2 Rakenteen suunnittelu	31
4.2.1 Yleistä rakenteen suunnittelusta	31
4.2.2 Rakenneosat	31
4.2.3 Riippuvuudet	33
4.2.4 Pisteiden nimet ja lajit	35
4.2.5 Pinnat, pinta-alat ja tilavuudet	36
4.2.6 Kirjastorakenteiden yhteensovittaminen	39
4.3 Rakenteen kytkeminen geometriaan	40
5 Rakennetyyppikirjasto	44
5.1 Yleistä	44
5.2 Esimerkkirakenne	45
5.3 Kirjaston käyttöperiaatteet	47
5.3.1 Kirjastorakenteet	47
5.3.2 Nimeäminen	49
5.3.3 Pisteet ja niiden nimeäminen	50
5.3.4 Riippuvuudet	50
5.3.5 Rakenneosat	52
5.3.6 Pinta-alat	52
5.3.7 Massat	53

6 Loppupäätelmät ja jatkotoimenpiteet.....	54
Lähteet.....	55
Liitteet	56
Liite 1: Pisteiden nimeäminen ja lajit (S. Snellman 2009).....	56

Lyhenteet

GPRS	General Packet Radio Service, GSM-verkossa toimiva pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko
3G	Yleinen lyhenne ns. "kolmannen sukupolven" matkapuhelinteknologioille
HAY	Henkilöautoyksikkö, 1 hay = henkilö- tai pakettiauto
KVL	Keskimääräinen vuorokausiliikenne, yksikkö ajoneuvo
KLV	Kevyen liikenteen väylä (jalankulku- ja polkupyöräliikenne)

1 Johdanto

1.1 Työn taustaa

Tietokoneavusteinen tiensuunnittelu on vakiinnuttanut asemansa suomalaisten suunnittelutoimistojen toimintajärjestelmissä viime vuosikymmenien aikana. Paikannustekniikoiden, suunnittelumenetelmien ja -ohjelmistojen tasainen kehitys muun muassa lähtötietojen hankinnassa, rakennusautomaatioissa ja rakennusurakoiden laadunvalvonnassa asettavat omat edellytyksensä toimivalle ja luotettavalle suunnitelma-aineistolle ja -prosessille. GPS, GPRS, 3G, WLAN ja mahdolliset muut langattomat tiedonsiirto- ja paikannustekniikat mahdollistavat entistä tarkempien lähtöaineistojen ja suunnitelmien toteutuksen. Kokonaistaloudellisesti ja etenkin elinkaarirajattelussa tehokkaampiin tuloksiin päästään kehittämällä suunnittelu- ja rakentamisprosesseja sellaisiksi, että rakenteen laatu, työkapasiteetti ja -resurssit, massatalous sekä aikataulu voidaan optimoida mahdollisimman tarkasti ottaen huomioon urakalle asetetut laadulliset ja toiminnalliset tavoitteet.

Teiden rakentaminen perustuu erilaisia suunnitteluohjelmistoja hyväksi käyttäen luotuihin tarkoihin digitaalisiin suunnittelutietoihin. Nykyaikaisella tekniikalla saavutetaan riittävä mittatarkkuus myös työmaalla digitaalisia maanrakennuskoneiden automaatio-ohjausyksiköitä varten. Nykyteknologialla voidaan korvata mm. nurkkapisteet pelkällä koordinaatti-informaatiolla, joka on ladattu ohjausyksikköön, mikä osaa automaattisesti suhteuttaa sijaintinsa maapallon pinnalla pisteeseen nähden. Lisäksi käytetään erilaisia antureita havainnoimaan esimerkiksi kaivinkoneen kauhan liikkeiden sijaintia ja asentoa. Näin ollen saadaan tarkat lokitiedot siitä, missä kone on tietynä ajankohtana ollut, mitä se on tehnyt, miten se on sen tehnyt ja mitä on saatu lopputulokseksi sen toiminnasta (Kilpeläinen, Nevala, Tukeva, Rannanjärvi, Näyhä & Parkkila 2004).

Yksittäisten työvaiheiden automatisointi on yleistynyt suurimmissa tienrakennushankkeissa. Toistuvat ja suurta tarkkuutta vaativat työvaiheet, kuten tierakennekerrosten muotoilu ja tiivistys ovat luonnollisesti kehityksen ensimmäisiä kohteita, joista seuraava askel on koko rakennusprosessin työvaiheiden automatisointi ja koko prosessin hallinta kokonaisuutena suunnittelusta toteutukseen ja sen aikaiseen laadunhallintaan sekä -valvontaan. Automatisoinnin avulla ei ainoastaan paranneta työn tarkkuutta, vaan saavutetaan myös tasalaatuisempi työtulos ja karsitaan inhimillisistä tekijöistä aiheutuvia satunnaisia virheitä. Samalla saadaan muun muassa toteutuneista työsuoritteista reaaliaikaisesti dokumentoitua materiaalia jota voidaan käyttää hyväksi niin urakoitsijan sisäisessä laadunhallinnassa kuin myös koko projektin laadunvalvonnassa (Kilpeläinen ym. 2004).

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena oli luoda Destian käyttöön sellainen rakennetyyppikirjasto, jota voidaan käyttää hyödyksi tiensuunnittelun tie- ja rakennussuunnitelmavaiheissa. Rakennetyypit ja niiden jäsentely sekä yleinen kokonaisuuden hallinta on ollut yksi huomion keskipisteistä. Jotta kirjastorakenteet ovat suunnittelijalle mielekkäitä käyttää, niiden täytyy olla helposti hahmotettavissa ja hallittavissa.

Samalla toimintaperiaatteella toteutetut mallit ovat myös rakennusautomaation kannalta tärkeitä. Epäjatkuvuuskohdat rakenteissa aiheuttavat käsityötä, joka nostaa aina kustannuksia. Tarkat rakennemallit tuottavat materiaalisäästöjä.

Rakenteiden tarkoituksena on myös tehostaa ja helpottaa suunnittelua sen alkuvaiheessa, joten senkin johdosta niiden selkeys ja vaivaton käyttö on edellytys koko kirjaston toimivuudelle ja siitä saataville hyödyille. Yhtenevä toimintamalli suunnitteluprosessissa tuottaa niin aika- kuin kustannussäästöjäkin. Lisäksi yhtenevät toimintaperiaatteet tehostavat suunnittelijoiden välistä toimintaa ja parantavat esimerkiksi tiedonkulkua.

1.3 Työn rajaukset

Tämä työ on rajattu keskittymään pääosin tiehankkeen tie- ja rakennussuunnitelmavaiheiden geometriseen suunnitteluun. Varsinaista mitoituksen teoriaa mukaan ei ole sisällytetty, koska yksi rakennetyyppikirjaston lähtökohdistakin on sen riippumattomuus näistä tekijöistä ja muokautuvuus mahdollisimman erityyppisiin tilanteisiin sopivaksi. Sen sijaan tarkastellaan yleisesti tien suunnitteluprosessin kulkua, suunnittelun periaatteita ja käytettyjä menetelmiä.

2 Teiden suunnittelu ja suunnittelu- prosessin kulku

2.1 Viranomaistoiminta

Liikenne- ja viestintäministeriö ohjaa Suomessa pitkäjänteistä liikennepoliitikkaa, jonka päämääränä on turvata niin arkiset matkat, kuin elinkeinoelämän kilpailukyky ja ilmastonmuutoksen torjunta. Liikennejärjestelmää tulee kehittää tasapuolisesti maan kaikilla alueilla kaikki väestöryhmät huomioon ottaen. Toimiva joukkoliikennejärjestelmä ja liikenneturvallisuuden parantaminen tukevat myös liikennepoliittikan tavoitteita. Tehokas ja toimiva liikennejärjestelmä ja logistiikka kehittävät maan kilpailukykyä ja ylläpitävät yleistä hyvinvointia. Pitkäjänteisyyden tueksi hallitus laatii vaalikauden alussa eduskunnalle annettavan liikennepoliittisen selonteon, joka linjaa pitkän aikavälin suuntaviivat. Selonteko pitää sisällään niin vaalikauden väyläinvestointiohjelman kuin liikenteen ja infrastruktuurin kehittämis- ja investointiohjelman. Hallituksen tavoitteena on vaalikauden aikana osoittaa liikenneväylien hoitoon ja ylläpitoon käytettävä rahoitus, jolla väyläverkon palvelutaso ja liikenneturvallisuus turvataan (Liikenne- ja viestintäministeriö 2009, Liikennepoliittikka).

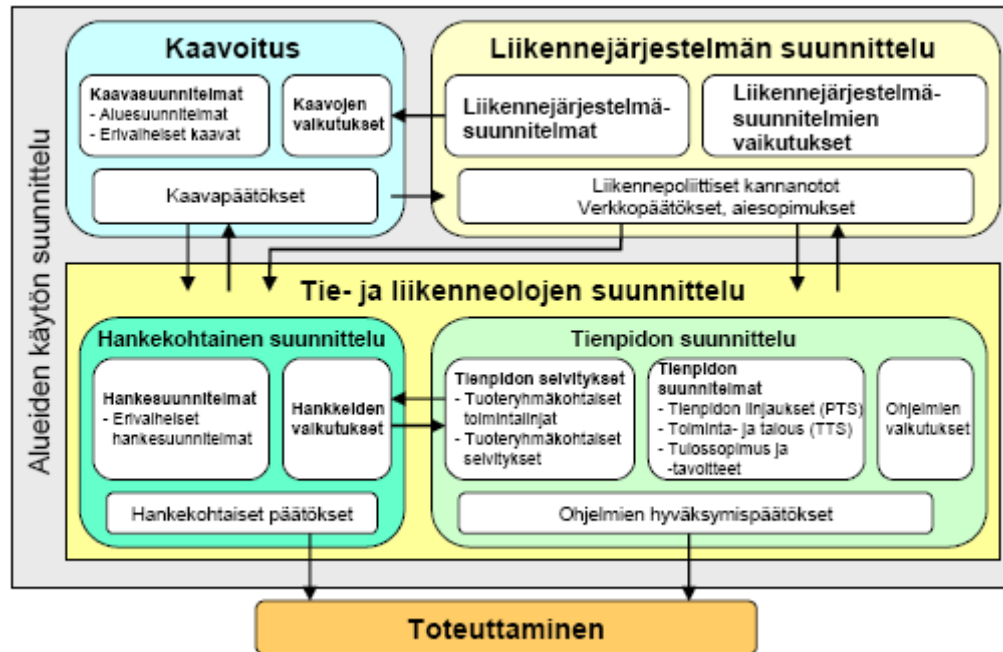
Tiehallinto on vuodesta 2001 toiminut lakisääteinen (*Laki Tiehallinnosta 16.6.2000/568*) Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva tulosohjattu virasto ja vastaa yleisiin teihin liittyvistä viranomaistehtävistä ja palveluista Suomessa. Sen tehtävänä on hallinnoida, ylläpitää ja kehittää maanteitä, niiden liikenneoloja ja palveluita osana koko maan laajuista liikennejärjestelmää yhdessä yhteiskunnan eri toimijoiden ja vaikuttajien kanssa. Tiehallinto hankkii pääosan tienpidon tuotteista ja palveluista markkinoilta laatuvaruullisina kokonaispalveluina. Hankintojen perusteena on:

- kokonaistaloudellisuus
- toimittajan laatuvaruu
- yhteistoimintakyky
- palvelujen elinkaarikustannukset sekä
- markkinoiden kehittäminen (Tiehallinto, www-sivut).

2.2 Tiensuunnittelun lähtökohdat ja suunnitteluvaiheet

Tiensuunnittelu on tärkeä osa monitahoista liikenne- ja viestintäministeriön asettamaa liikennepoliittisia linjoja seuraavaa yhdyskuntasuunnittelua. Se on osa laajempaa suunnittelujärjestelmää, jossa liikenteen, maankäytön ja alueiden suunnittelu vaikuttavat oleellisesti toisiinsa.

Tiensuunnittelu on osa alueellista liikennejärjestelmän suunnittelua (ks. kuvio 1), jolla pyritään maakuntaan, useisiin kuntiin tai kaupunkiseudulle kattavasti järjestämään toimintakehykset eri liikennemuotojen ja maankäytön järjestämiselle vuorovaikutteisesti niin, että hyödyt yhteiskunnalle ja elinkeinoelämälle maksimoitaisiin ja toisaalta haitat yhteiskunnalle ja ympäristölle saataisiin minimoitua (Tiehallinto 2006, Tiehankkeiden suunnitelmien käsittelyohje).



Kuvio 1: Tiensuunnittelun toimintaympäristö (Lähde: Tiehallinto)

2.3 Hankekohtaisen tiensuunnittelun vaiheet

2.3.1 Yleistä

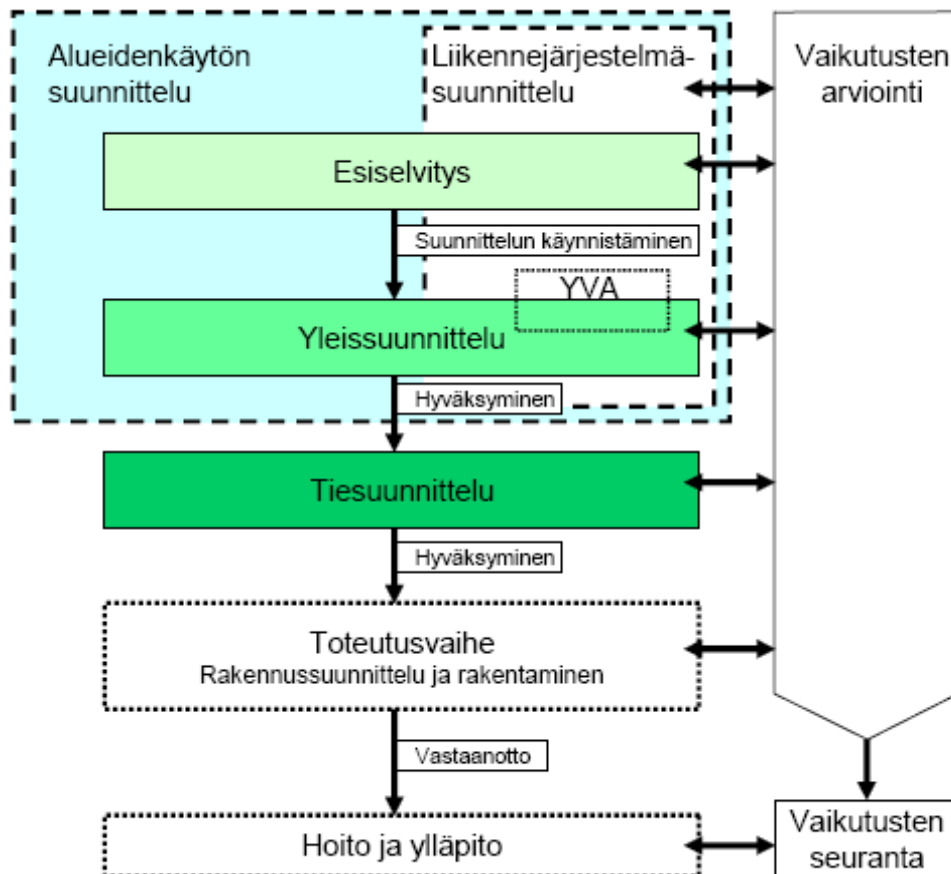
Suurikokoisissa hankkeissa tiensuunnittelu on yleensä vaiheittaista ja tarkentuu suunnittelun edetessä. Esiselvitysvaiheessa hankkeella voi olla useitakin erilaisia toteutusvaihtoehtoja. Vaiheistetun suunnittelun edetessä eri vaihtoehtojen määrä karsituu ja suunnittelu keskittyy rajatumpaan kokonaisuuteen. Vaikutuksiltaan vähäisemmissä ja kooltaan pienemmissä hankkeissa eri vaiheita voidaan yhdistellä tarpeen mukaan. Tiensuunnittelua ohjaa maankäyttö- ja rakennuslain mukainen voimassaoleva kaava, johon eri suunnitteluvaiheet suunnittelutarkkuudeltaan ja päätöksenteoltaan perustuvat. Suunnitteluvaiheet ja niiden kytkeytyminen maankäytön kaavoitukseen on esitetty seuraavissa kuvioissa (2 ja 3) ja taulukossa 1:



Kuvio 2: Tiensuunnittelun ja maankäytön suunnittelun yhteensovittaminen (Lähde: Tiehallinto)

Taulukko 1. Tien suunnittelutasot ja liittyminen kaavoitukseen

Suunnitteluvaihe	Kaavataso	
Esiselvitys	Maakunta- tai seutukaava	Tutkitaan tiehankkeen tarve, toteutusvaihtoehdot ja aikataulus
Yleissuunnitelma	Yleiskaava (joissain tapauksissa asemakaava)	Määritellään tien likimääräinen sijainti ja tilan tarve, selvitetään sen suhde maankäyttöön ja lähiympäristöön
Tiesuunnitelma	Asemakaava	Tien yksityiskohtainen liikenne- ja tietekninen suunnitelma
Rakennussuunnitelma		Varsinaisen rakentamisen suunnitelma, tehdään vasta kun hankkeen toteutumisajankohta ja rahoitus on selvillä



Kuvio 3: Tiesuunnittelun vaiheet (Lähde: Tiehallinto)

2.3.2 Esiselvitys

Esiselvitysvaiheessa hanketta tutkitaan maakuntakaavan (tai seutukaavan) ja yleiskaavan periaatteiden mukaisesti. Erityisesti hankkeen tarvetta, toteutusvaihtoehtoja ja aikataulua pohditaan tarkkaan. Suunnittelua ja ohjelmointia varten tehdään hyvin erilaisia ja eritasoisia selvityksiä. Selvitysten sisältö ja laajuus määräytyvät niiden käyttötarkoitusten mukaan. Erilaisia selvityksiä ovat esimerkiksi (Tiehallinto, 2006):

- Tarveselvitys, jolla pyritään tutkimaan millainen ongelmatilanne on kyseessä ja minkälaisia vaihtoehtoisia keinoja on olemassa sen poistamiseksi tai lieventämiseksi.
- Yhteysväliselvitys, joka käsittelee pitkäköiden tiejaksojen parantamistarvetta ja kehittämistoimenpiteitä alustavasti.
- Teemakohtaiset selvitykset, jotka ovat luonteeltaan tapauskohtaisia tilanne- ja tarvetarkasteluja jostakin erityisteemasta (esim. liikenneturvallisuusselvitys, tievalaistuksen tarveselvitys).

2.3.3 Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelmassa määritellään tiehankkeen liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut, likimääräinen tilantarve sekä suhde ympäröivään maankäyttöön. Sillä vastataan kysymyksiin, mikä on ongelma, sekä miten ja millä ratkaisumallilla se ratkaistaan. Eli käytännössä tarkoitetaan, missä ympäristössä toimitaan ja millä vakavuudella, ratkaisumallien periaatteelliset kuvailut, alustavat vaikutusarviointit mukaan lukien kustannukset, ehdotuksen yleispiirteinen fyysinen kuvaus, tarkennetut vaikutusarviointit, kustannusten suuruusluokka ja jatkotoimenpide-ehdotukset (Tiehallinto, 2006).

Maantielain 18 §:n mukaan yleissuunnitelma on laadittava, kun:

- Hankkeen vaikutukset eivät ole vähäiset.
- Maantien sijaintia ja sen vaikutuksia ei ole jo riittävässä määrin ratkaistu asemakaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa.
- Aina tiehankkeissa, joihin sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä annetun lain (468/1994) 2 luvun mukaista arviointimenettelyä eli ns. YVA-menettelyä.

Maantielain pykälän 17 § mukaiset yleissuunnitelman lähtökohdat ovat tiivistetysti seuraavanlaiset:

- Yleissuunnitelman tulee perustua Maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen oikeusvaikutteiseen kaavaan, jossa maantien sijainti ja suhde muuhun alueiden käyttöön on selvitetty.
- Jos alueella on laadittavana tai muutettavana oikeusvaikutteinen kaava, voidaan kaavan tavoitteisiin perustuvan yleissuunnitelman laatiminen aloittaa.
- Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, maakunta- ja yleiskaavat on otettava huomioon MRL:ssa säädetysti.
- Yleissuunnitelmaa ei saa hyväksyä vastoin maakuntakaavaa tai oikeusvaikutteista yleiskaavaa. Yleissuunnitelma voidaan hyväksyä vastoin voimassa olevaa asemakaavaa, jos kunta ja alueellinen ympäristökeskus sitä puoltavat.
- Maantie voidaan suunnitella, jos tien sijainti ja suhde muuhun alueiden käyttöön voidaan ilman kaavaakin riittävästi selvittää yhteistyössä kunnan, maakunnan liiton ja alueellisen ympäristökeskuksen kanssa.
- Tiensuunnittelun tulee tarpeen mukaan perustua liikennejärjestelmän kehittämistä koskevaan suunnitteluun.

Lisäksi MTL 19 §: Yleissuunnitelmassa on esitettävä:

- Selvitys maantien tarpeellisuudesta ja tutkituista vaihtoehdoista
- Tien liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut (esimerkiksi moottori- tai moottoriliikennetie tai muu 2-ajoratainen tie, keskikaiteellinen tie, eritasoliittymät, tien leveys ja korkeus)
- Likimääräinen sijainti

- Arvioidut vaikutukset (tie- ja liikenneoloihin, liikenneturvallisuuteen, maankäyttöön, kiinteistö rakenteeseen ja ympäristöön, ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen)
- Mahdollisuudet haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi sekä
- Alustava kustannusarvio.

Yleissuunnitelmaa laadittaessa on kiinteistön omistajille, muille asianosaisille ja niille, joiden asumiseen, työntekoon tai muihin oloihin suunnitelma saattaa vaikuttaa, varattava mahdollisuus osallistua siihen. Ennen suunnitelman hyväksymistä on edellä mainituille tahoille varattava tilaisuus muistutuksen tekemiseen yleissuunnitelmasta. Yleissuunnitelmasta on myös pyydettävä lausunto paikalliselta ympäristökeskukselta, maakunnan liitoilta ja kunnilta. Muulta viranomaiselta pyydetään lausunto, mikäli se on päätöksen harkinnassa tarpeen (MTL 27§).

2.3.4 Tiesuunnitelma

Maantielaki edellyttää, että ennen maantien rakentamista on laadittava ja hyväksyttävä tiesuunnitelma. Aivan pienimmissä parantamishankkeissa, jos vaikutukset ovat vähäiset ja jos hanketta varten ei oteta haltuun lisäaluetta tai jos kiinteistön omistaja tai haltija on antanut kirjallisen suostumuksen alueen haltuunottamiseen, ei tiesuunnitelmaa välttämättä tarvita. Tällöin suunnitelmaa kutsutaan parantamissuunnitelmaksi. Tiesuunnitelma on hankkeen toteutukseen tähtäävää tien yksityiskohtaista suunnittelua. Tiesuunnitelmassa esitetään tarkemmin yleissuunnitelmassa hankkeelle asetettujen parametrien ja teknisten vaatimusten toteutusta asemakaavatasolla (Tiehallinto, 2006).

Maantielaki edellyttää tiesuunnitelmalta seuraavaa (MTL 17 §):

- Tiesuunnitelman tulee perustua oikeusvaikutteiseen kaavaan, jossa maantien sijainti ja suhde muuhun alueen käyttöön on esitetty.
- Maantie voidaan suunnitella ilman kaavaakin, jos tien luonne huomioon ottaen tien sijainti ja suhde alueiden käyttöön voidaan riittävästi selvittää yhteistyössä kunnan, alueellisen ympäristökeskuksen ja maakunnan liiton kanssa.
- Luonnonsuojelulaki on otettava huomioon.

Tiesuunnitelmasta tulee ilmetä (MTL 22 §):

- tien sijainti ja korkeusasema sekä poikkileikkaus niin, että tiealue voidaan merkitä maastoon
- arvio tien vaikutuksista sekä toimenpiteet, jotka ovat tarpeen tien haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi
- maanomistusolot on otettava huomioon mahdollisuuksien mukaan
- tien suoja- ja näkemäalueet
- kustannusarvio

- yksityistieliittymät ja -järjestelyt, maatalousliittymät, liittymien käyttörajoitukset ja liittymäkiellot (MTL 24 §)
- laskuoja-alueet osoitetaan tiesuunnitelmassa, lähtökohtaisesti laskuojat ja -johdot esitetään myös asemakaava-alueilla. (MTL 24 §).

Laissa on myös määrittelyjä liitännäisalueita, tietöitä, maantien lakkaamista ja lakkauttamista, oikeusvaikutuksia, suoja- ja näkemäalueita, poikkeamisia sekä laitteiden ja rakenteiden sijoittamista koskevista asioista (Tiehallinto, 2006).

Päätöksen tiesuunnitelman hyväksymisestä tekee Tiehallinnon keskushallinto tai liikenne- ja viestintäministeriö. Päätöksestä on mahdollisuus valittaa hallinto-oikeuteen ja/tai korkeimpaan hallinto-oikeuteen sen yhteydessä kerrotulla tavalla. Hyväksymispäätös on voimassa neljä vuotta. Lainvoimainen tiesuunnitelma antaa oikeuden tiealueen haltuunottoon ja tien tekemiseen. Tietyissä tapauksissa (kuten rahoituksen puute) voidaan voimassaoloaikaa joutua jatkamaan (Tiehallinto, 2006).

2.3.5 Rakennussuunnitelma

Rakennussuunnitelma laaditaan hyväksytyin tiesuunnitelman ja rahoituksen varmistumisen jälkeen. Se sisältää yksityiskohtaiset suunnitelmat koko hankkeen rakentamiselle ja muille teknisille ratkaisuille. Tyypillisesti rakennussuunnitelma sisältää mm. sopimuskohtaiset urakkaehdot, työkohtaiset laatuvaatimukset ja muut hankeasiakirjat, suunnitelmakartan, pituusleikkaukset, paalukohtaiset poikkileikkaukset ja tyypipoikkileikkaukset, kuivatuskartat, rumpuluettelot, siltojen rakennepiirustukset ynnä muut sellaiset asiakirjat ja suunnitelmat, joiden perusteella rakennosat ja koko hanke rakennetaan (Tiehallinto, 2006).

3 Tien suunnitteluperiaatteet

3.1 Yleistä

Luvun 3 tiedot perustuvat Tie- ja vesirakennushallituksen vuosina 1960–1990 laatimiin voimassaoleviin teiden suunnitteluohjeisiin (TVL:n ohjeet, kansio A) sekä joihinkin Tiehallinnon julkaisemiin teknisiin ohjeisiin (lähteet merkitty). Ohjeista on poimittu ja jäsennelty tämän työn kannalta oleellimmat asiat, joten yksityiskohtaisempaa tietoa aihealueista löytyy ko. julkaisuista. Kuviot ovat opinnäytetyön tekijän laatimia, ellei toisin ole mainittu.

3.2 Tien suuntaus

Tien suuntauksen suunnittelussa pyritään sijoittamaan tie niin, että taloudellisuus-, turvallisuus- ja visuaalisuustavoitteet saavutetaan kokonaistaloudellisesti mahdollisimman edullisesti. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi suunnitteluprosessissa pyritään kiinnittämään huomiota niin ympäristöolosuhteisiin (tien sovittaminen maastoon) kuin sille asetettuihin liikenneteknillisiin (tien geometria) vaatimuksiin. Tämä tapahtuu yleensä samanaikaisesti, joten varsinaisia erillisiä työvaiheita ei ole, mutta edellä mainitut pääkohdat ohjaavat suunnittelua sen edetessä (TVL).

3.3 Tien sovittaminen maastoon

3.3.1 Yleistä

Tien sijainnin määrittämistä ympäristöolosuhteiden perusteella kutsutaan tien sovittamiseksi maastoon. Siinä suuntaukseen vaikuttavat näkökohdat voidaan karkeasti jakaa kolmeen pääryhmään:

- *Teknillistaloudelliset näkökohdat*, joiden kannalta kiinnitetään huomiota tiehen kuuluvien rakenteiden (esimerkiksi penkereet, leikkaukset, sillat, rummut yms) kustannuksiin ja niiden riippuvuuteen ympäristöolosuhteista
- *Maankäyttotaloudelliset näkökohdat*, joiden tarkastelussa kiinnitetään huomiota kaavoitukseen ja maankäytön muihin suunnitelmiin, sekä tiestä ympäristölle aiheutuviin rajoitteisiin ja haittoihin ja toisaalta liikenneyhteyksien parantamisella saatuihin hyötyihin
- *Ympäristönsuojelunäkökohdat*, jotka otetaan huomioon, kun tarkastellaan tiestä aiheutuvia vaikutuksia, jotka ovat vahingollisia alueen ihmisille, kasvi- ja eläinkunnalle, pohjavedelle, kulttuurihistorialle ja –maisemalle (TVL).

3.3.2 Teknillistaloudelliset näkökohdat

Tien rakennuskustannukset ja teknilliset toteuttamismahdollisuudet riippuvat oleellisesti maaston topografiasta ja maaperäolosuhteista. Nämä tarkoituksenmukaisella tavalla huomioon ottaen voidaan saavuttaa huomattavia rakennus-, ajo- ja kunnossapitokustannusten säästöjä. Nämä tavoitteet saavutetaan yleensä valitsemalla topografisesti ja maaperäolosuhteiden mukaisesti edullisia maastokohtia tien ja suuria kustannuksia vaativien rakenteiden, mm. siltojen, sijoittamiselle. Pyrkimällä penger-, päällysrakenne- ja leikkausmassoissa tarkoituksenmukaiseen massataloudelliseen tasapainoon tien korkeussuhteet, toiminnallinen luokka, mitoitusnopeus, maksimipituuskaltevuus ja näkemäolosuhteet huomioon ottaen saavutetaan myös mittavia säästöjä. Maasto-olosuhteiltaan tasainen alue on hyötysuhteeltaan paras, suuret leikkaukset ja penkereet voidaan välttää, ajokustannukset ovat pienet ja liikenteenvälityskyky on hyvä. Myös pehmeikköjen välttäminen edesauttaa, koska tällöin vältetään kustannuksiltaan suuremmilta perustamistoimenpiteiltä. (TVL)

Rakennusainetaloudellisesti tie pyritään sijoittamaan siten, että massatyöt muodostuisivat sekä määrältään että kustannuksiltaan mahdollisimman pieniksi. Penger materiaaliksi kelpaamattomien maa-ainesten leikkauksia vältetään. (TVL)

3.3.3 Maankäyttotaloudelliset näkökohdat

Tien rakentamisen yhteydessä varataan tietty alue tietarkoituksiin. Osa alueesta käytetään tiealueena ja osa varataan tien suoja- ja näkemäalueiksi. Tien toiminnallisesta luokasta ja suuntauksesta riippuu, miten tehokkaasti tie palvelee liikennettä ja maankäyttöä ja toisaalta, mitä rajoituksia tie-, suoja- ja näkemäalueet asettavat nykyiselle ja tulevalle maankäytölle ja kulkuyhteyksille. Maankäyttotaloudellisia näkökohtia ajatellen on oleellista, että kiinnitetään huomiota erityisesti maankäyttösuunnitelmiin, nykyiseen maankäyttöön sekä maanomistussuhteisiin. Tie pyritään sijoittamaan siten, ettei se estäisi kiinteistöjen alkuperäisen käyttötarkoituksen toteuttamista. (TVL)

3.3.4 Ympäristönsuojelunäkökohdat

Tietä käyttävä liikenne ja etenkin rakentaminen aiheuttavat ympäristölleen häiriötä ja haitallisia seurauksia, joiden suuruus riippuu tien sijainnista sekä liikenteen määrästä ja nopeudesta. Rakennusaikainen pöly, melu, liikennejärjestelyt ja etenkin louhintatöistä aiheutuva tärinä vaativat erityistä huomioonottamista etenkin, jos työmaan lähistöllä sijaitsee asutusta. (TVL)

Liikenne aiheuttaa aina melua ja ympäristön likaantumista pakokaasujen ja pölyn vaikutuksesta. Paikalliset pakokaasuhaitat riippuvat liikenteen määrästä ja nopeudesta. Tien rakentaminen muuttaa yleensä luonnon alkuperäisiä olosuhteita ja maisemaa. (TVL)

Liikennemelun aiheuttamien haittojen takia tie pyritään sijoittamaan riittävän kauas asuin-, koulu-, sairaala-, ja muista melulle alttiista rakennuksista ja alueista, jotta äänenvoimakkuus pieneneisi välimatkan lisääntyessä. Melun vähentämiseksi voidaan käyttää hyödyksi olemassa olevia maan muotoja, mutta vaimennusta voidaan tehostaa myös viemällä tie leikkaukseen tai rakentamalla meluvalleja. Riippuen käytettävissä olevasta tilasta meluvalli voidaan toteuttaa pengerrakenteena tai ahtaissa olosuhteissa elementtivalmisteisilla betoni- tai puurakenteilla. (TVL)

Maaperän ja pohjaveden pilaantumista aiheuttavat rakennusaikana tai käytön aikana liikenneonnettomuuden sattuessa maaperään valuvat öljyt ja muut saastuttavat aineet. Alueilla, jotka on määritelty pohjavedenottamiseen tai -muodostumiseen, tulee ryhtyä tarvittaviin suojaustoimenpiteisiin. Pohjavedensuojaus voidaan toteuttaa Tiehallinnon määrittelemällä kloridisuojaus- tai vaativa kloridisuojausrakenteella käyttäen bentoniittimattoa, -maata tai maatiivistettä. Saastu- neet nesteet johdetaan suojauksen avulla pohjavesialueen ulkopuolelle (Tiehallinto, Pohjaveden suojaus tien kohdalla, 2004).

Tietä sovitettaessa maastoon tulee pyrkiä minimoimaan sen vaikutukset ympäröiviin geologisiin maamerkkeihin, luonnonkasvien ja eliöiden elinympäristöjen muutoksiin ja muihin ympäristöä haittaaviin tekijöihin. Geologisista maamerkeistä etenkin jääkauden muovaamat soraharjut, erikoiset kalliomuodostelmat ja siirtolohkareet tulee säilyttää, mutta suositeltavaa on, että näiden ohi linjattavilta teiltä mahdollisuuksien mukaan voisi myös hyvin nähdä nämä paikalliset maamerkit. Vesistöjen ylitysten kohdalla tulee kiinnittää huomiota veden vaihtumisen säilyttämiseen. Liian pienet tien ja rannan väliin jäävät vesistöalueet soistuvat helposti ja haittaavat niiden paikallista kasvi- ja eliökuntaa. (TVL)

3.4 Tien geometrian suunnittelu

3.4.1 Geometria

Tien geometrisen muodon määrää kolme päämitoitustekijää:

- *Mittalinja*, antaa tielle vaakageometrian ja sijainnin kartalla x-, ja y-tasolla
- *Tasausviiva*, antaa tielle pystygeometrian ja sijainnin z-tasolla, eli korkeustason
- *Poikkileikkaus*, joka antaa tien pituussuuntaa (paalutusta) vastaan kohtisuoran poikkileikkausmuodon. (TVL)

Kukin näistä tekijöistä muodostuu useista mitoitustekijöistä eli elementeistä. Geometrinen suunnittelu käsittää elementtien valinnan, niiden arvojen määrittämisen ja niiden yhteensovittamisen tien toiminnallisen luokan, ajo- ja rakennuskustannuksien, liikenteenvälityskyvyn, mitoitusnopeuden, näkemäolosuhteiden, ajodynamiikan, ulkonäön ja kuivatuksen toimiessa lähtökohtina suunnittelulle, jonka lopputuloksena on tielle tarkoituksenmukainen sijainti ja muoto. (TVL)

Vaakageometria

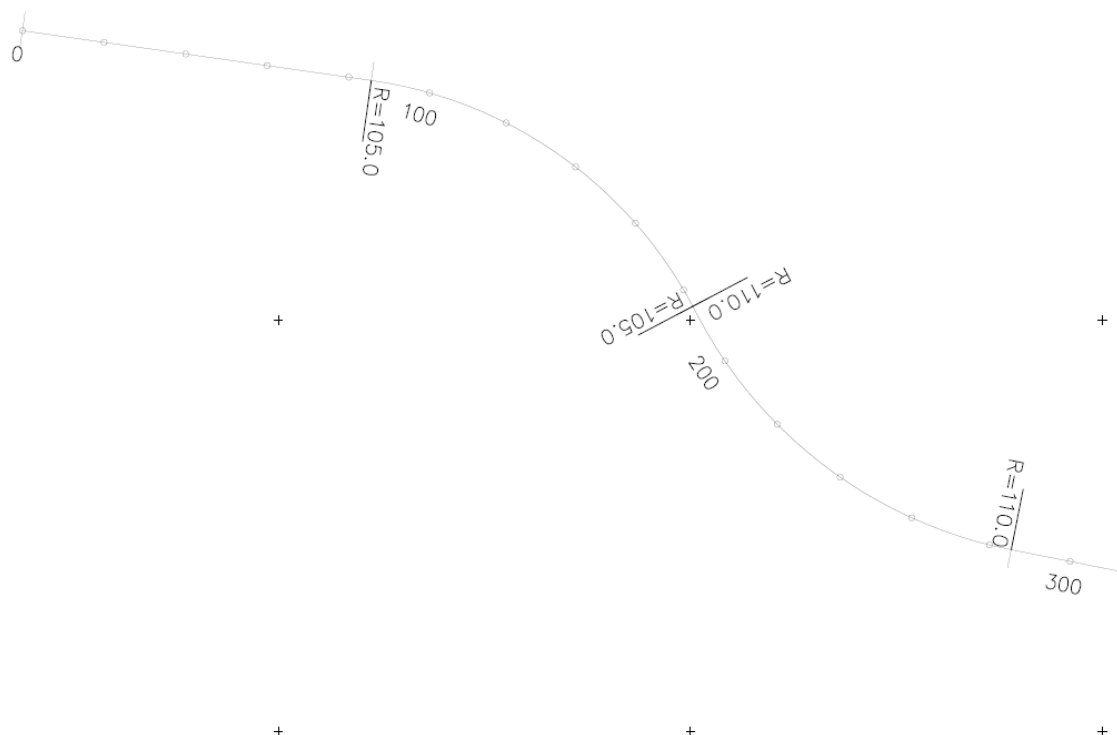
Vaakageometrialla tarkoitetaan geometrisista elementeistä muodostettua mittalinjaa, joka määrittää tien sijainnin suunnitelmakartalla ja maastossa. Yksiajorataisella tiellä mittalinja sijaitsee tavallisesti ajoradan keskikohdassa ja kaksiajorataisella joko keskikaistalla, tai vakioetäisyydellä toisen ajoradan keskiviivasta. (TVL)

Mittalinjan suunnittelussa käytetään tavallisesti kolmea elementtiä:

- suoraa
- ympyräkaarta ja
- siirtymäkaarta. (TVL)

Kukin elementti on omanlaisensa geometrinen muoto, jolla on tietty vaikutus ajodynamiikkaan, näkemäolosuhteisiin ja tien visuaalisuuteen.

Kuviossa 4 on esitetty esimerkki erään mittalinjan vaakageometriasta, joka sisältää kaksi suoraa ja kaksi ympyräkaarta. Poikkiviivat kuvaavat elementtien vaihtumakohtia ja R-arvot elementtien säteitä (tässä tapauksessa ympyräkaarten). Kuvassa on esitettyä myös paalutus 20 metrin välein.



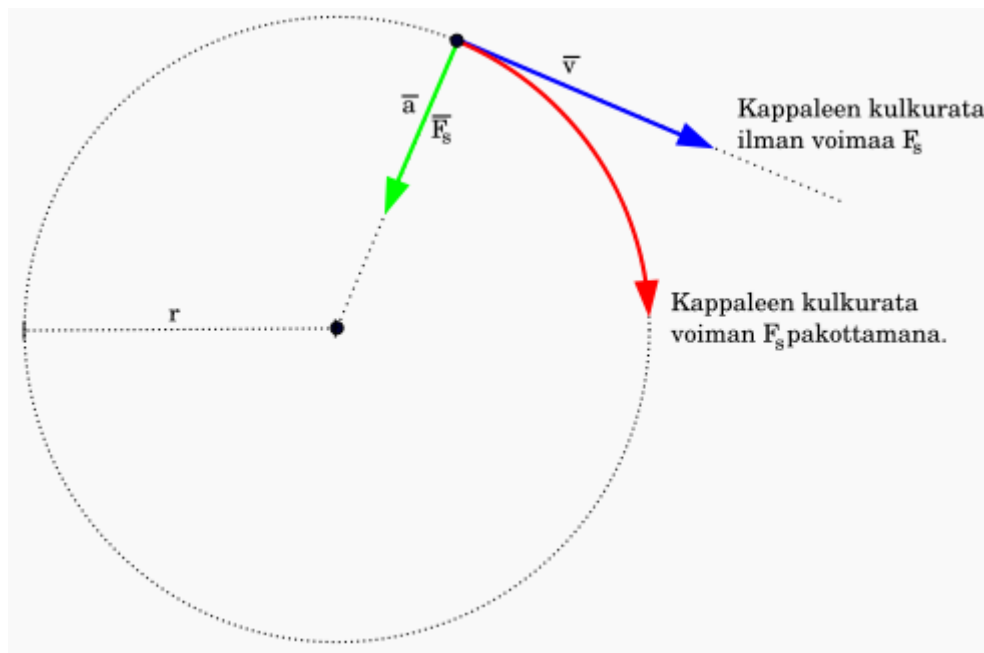
Kuvio 4: Esimerkki vaakageometriasta

Suora ei ajodynaamisesti aseta fyysisiä rajoituksia nopeuden valinnalle. Ajomukavuutta suoralla tieosuudella haittaa lähinnä tien pinnan kuivatuksen kannalta oleellinen sivukaltevuus. Se on

kuitenkin suhteellisen pieni eikä yleensä vaikuta ratkaisevasti ajotapaan. Näkemäolosuhteiden kannalta suora tie on edullinen ratkaisu, koska välittömässä tiealueen läheisyydessä olevat rakenteet ja esteet eivät rajoita näkemää tiensuuntaisesti. Tasaisessa maastossa suoralla tieosalla saavutetaan ohitusta varten edullisesti riittävät näkemäolosuhteet, mutta on kuitenkin huomioitavaa, että vastaantulevan liikenteen nopeuden ja etäisyyden arviointi on suoralla osuudella huomattavasti haasteellisempaa kuin esimerkiksi kaarteessa, koska vastaantulevat ajoneuvot näkyvät suoraan edestäpäin. Samoin pimeissä olosuhteissa vastaantulevan liikenteen ajovalojen aiheuttama häikäisy saattaa olla merkittävä etenkin äkillisissä vaaratilanteissa. (TVL)

Visuaalisuudeltaan suora tie sopii yleensä parhaiten tasaiseen maastoon. Mäkisessä maastossa suoralla osuudella on hankala myötäillä maaston muotoja, mikä vaikuttaa ulkonäköön negatiivisesti. Suora on ärsykeiltään matalatasoinen, eli yksitoikkoinen, ja siksi se voi vaikuttaa kuljettajaan väsyttävästi ja saada huomion kiinnittymään ajoneuvon ohjaamisen kannalta epäoleelliseen. Hyvien näkemäolosuhteiden vuoksi ja virikkeiden puuttuessa se voi ei-toivotusti kannustaa myös nopeustason kohtuuttomaan nostamiseen. Suoran tielinjan käyttö geometrisesti on edellä mainittujen kohtien mukaisesti välttämätöntä, mutta samalla liiallisessa käytössä epäedullista. (TVL)

Ympyräkaaren muotoisella radalla ollessaan ajoneuvo pyrkii jatkamaan suoraviivaista liikettään mekaniikan peruslakien mukaisesti. Kaarella ajoneuvoon vaikuttaa sen oman nopeuden lisäksi keskeiskiihtyvyyden kuvion 5 mukaisesti (TVL).



Kuvio 5: Keskeiskiihtyvyyden suuruus (Lähde: wikipedia.org)

Keskeiskiihtyvyyden suuruus voidaan laskea kaavalla:

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

jossa,

a = keskeiskiihtyvyys (m/s^2)

v = ajoneuvon nopeus (m/s)

r = ympyräkaaren säde (m)

Jotta ajoneuvo ei suistuisi kaarteessa pois ajoradalta, on edellä mainitusta keskeiskiihtyvyydestä aiheutuva voima kumottava ajoradan sivukaltevuudella sekä tien pinnan ja ajoneuvon renkaiden välisellä kitkalla. Näkemäolosuhteisiin ympyräkaareissa vaikuttavat lähinnä kaarteiden sisäpuolelle jäävät esteet. Tästä syystä ympyräkaari, kuten kaarre yleensäkin, ei ole yhtä edullinen ratkaisu näkemäolosuhteiden muodostumisen kannalta kuin suora. Tielinjan leikkauksissa tai muissa sellaisissa tien kohdissa, joissa näkemäesteitä syntyy, on riittävän näkemän saavuttamiseksi joko käytettävä tarvittavan suurta kaarresädettä tai raivattava näkemäalue esteistä. Visuaalisesti ympyräkaari antaa tielinjalle joustavan ja vapaasti virtaavan muodon, mikäli se on sopusoinnussa tielinjan muihin elementteihin nähden. (TVL)

Koska ympyräkaari vaikuttaa suuresti ajoneuvojen nopeuksiin, on liikenneturvallisesti perusteltua valita säteen arvot kussakin tapauksessa tien mitoitusnopeuden mukaisesti siten, että tielinja muodostuisi ajodynaamisesti mahdollisimman tasalaatuiseksi ja yllätyksettömäksi. (TVL)

Siirtymäkaareksi nimitetään kaarta, jonka säde muuttuu vähitellen. Sitä käytetään siirryttäessä tielinjalla elementiltä toiselle (kuvio 7). Esimerkiksi siirryttäessä suoralta ympyräkaarelle ja vastaavasti ympyräkaarelta suoralle siirtymäkaari on oleellinen, koska tällöin ajoneuvon renkaiden voidaan kääntää asteittain kaarteiden voimistuessa ja näin ollen vältetään etenkin suurissa nopeuksissa matkustusmukavuuteen negatiivisesti vaikuttavat sivusuuntaiset nykäisyt. Yleisin Suomessa käytetty siirtymäkaarityyppi on klotoidi (kuviossa 6), mutta joissain tapauksissa (esimerkiksi kaduilla ja muilla matalanopeuksisilla teillä) voidaan sen sijaan käyttää yhtä tai useampaa ympyräkaarta (TVL). Klotoidin perusyhtälö on:

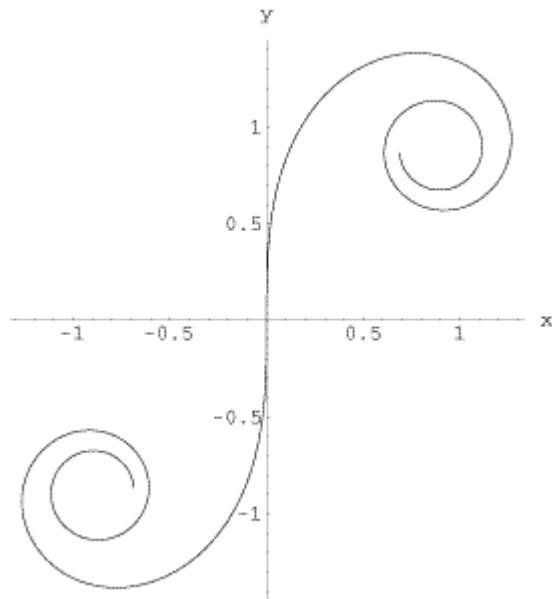
$$A^2 = RL \quad (2)$$

, jossa

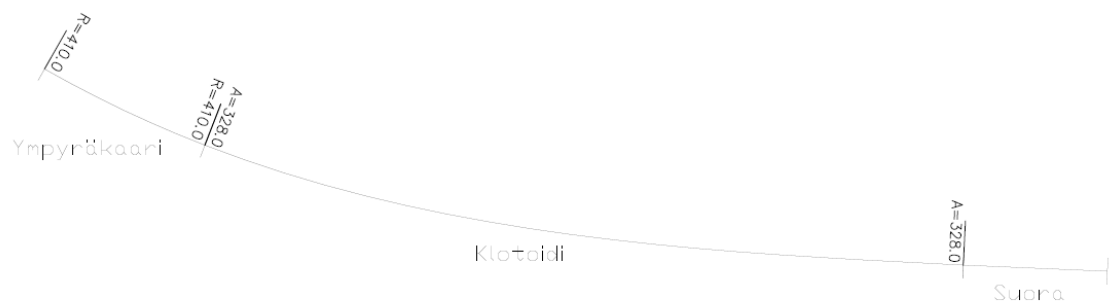
A = klotoidin parametri

L = klotoidin kaaren pituus alkupisteestä lähtien

R = kaaren säde kohdassa, johon asti kaaren pituutta klotoidin alkupisteestä lähtien mitataan



Kuvio 6: Esimerkki klotoidista



Kuvio 7: Esimerkki siirtymäkaaren (tässä tapauksessa klotoidi) käytöstä ympyräkaaren ja suoran välissä

Siirtymäkaarta käyttäen tie pyritään suunnittelemaan sekä ajodynaamisessa että visuaalisessa mielessä mahdollisimman joustavaksi. Ajodynaaminen joustavuus saavutetaan mitoittamalla siirtymäkaari sivukiihtyvyyden muutoksen nopeus huomioon ottaen riittävän pitkäksi ja toteuttamalla ajoradan sivukaltevuuden muutos mahdollisimman tasaisesti siirtymäkaaren matkalla. Kokemusperäisesti on todettu, että sivukiihtyvyyden muutos ei häiritse ajajaa, mikäli se on korkeintaan $0,5 \text{ m/s}^2$. Tämän lähtökohdan perusteella on saatu vähimmäisarvot siirtymäkaaren pituudelle ja klotoidin parametreille seuraavasti (TVL):

$$L_{\min} = 0,043 \times V^3 \times \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) - 5,45 \times v \times (q_2 - q_1) \quad (3)$$

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{L_{\min}}{\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)}} = \sqrt{\frac{L_{\min} \times R_1 \times R_2}{R_1 - R_2}} \quad (4)$$

, joissa

L_{\min} = siirtymäkaaren vähimmäispituus (m)

A_{\min} = klotoidin parametrin vähimmäisarvo (m)

v = mitoitusnopeus (km/h)

R_1 = sen ympyräkaaren säde, josta siirrytään klotoidille (suoralla ääretön) (m)

R_2 = sen ympyräkaaren säde, jolle klotoidilta siirrytään (m)

q_1 = sivukaltevuus R_1 -säteisessä kaarteessa

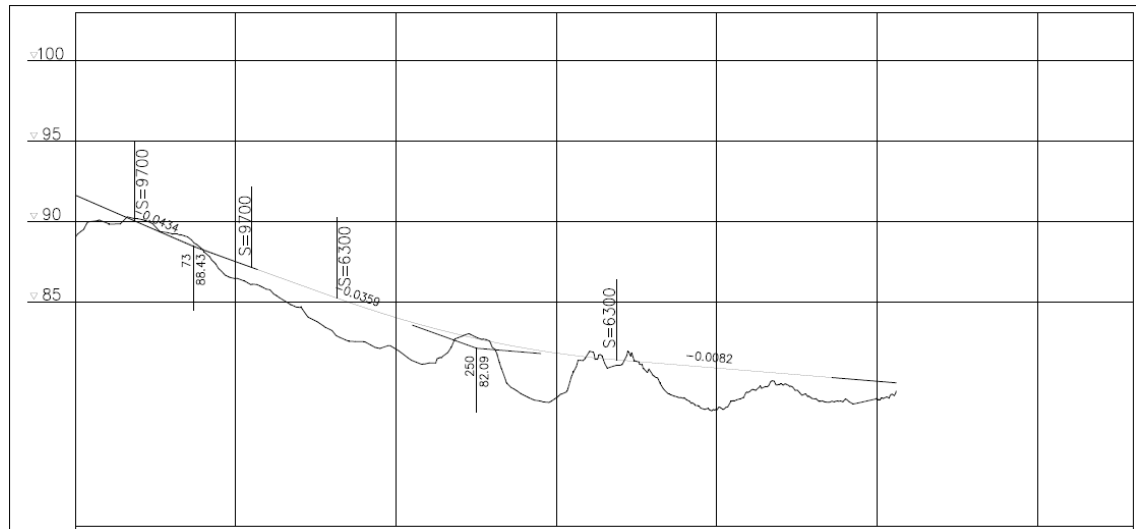
q_2 = sivukaltevuus R_2 -säteisessä kaarteessa.

Siirtymäkaaren avulla tie saadaan visuaalisesti joustavaksi, mikäli siirtymäkaari määrätään riittävän pitkäksi ottaen huomioon kaaren perspektiivinen lyheneminen maastossa. Siirtymäkaaren pituuden määrittämisessä tulee ottaa huomioon myös tasausviivan muoto, koska perspektiivisen lyhenemisen voimakkuus riippuu väylän tasauksesta, eli korkeussuhteista. (TVL)

Pystygeometria

Pystygeometrialla tarkoitetaan tielinjan tasausta, eli tien pinnan korkeusvaihtelua sen pituussuunnassa osoittavaa kuvaajaa. Tasauksen suunnittelussa käytetään yleensä kahta elementtiä: suoraa ja pyörästyskaarta. (TVL)

Nämä molemmat vaikuttavat omalla tavallaan ajodynamiikkaan, näkemäolosuhteisiin ja tien visuaalisuuteen. Kuviossa 8 on esitetty esimerkki erään tielinjan tasauksesta, joka sisältää niin suoria kuin kaariakin. Pystyviivat ja luvut kuvaavat elementtien vaihtumakohtia ja niiden arvoja. (TVL)



Kuvio 8: Esimerkki tielinjan tasauksesta

Suora tasaus tarkoittaa suoraviivaisesti nousevaa, laskevaa tai vaakasuoraa tasausta. Se on ajodynaamisesti edullinen ratkaisu, koska sen matkalla ei esiinny ajomukavuutta heikentäviä pystysuuntaisia kiihtyvyyden muutoksia ja sen matkalla on hyvät mahdollisuudet riittävien näkemäolosuhteiden muodostamiseen. Tien pinta saattaa tällöin näkyä tien suuntaisesti hyvin pitkällä matkalla, mikäli tielinjan kaarevuus ja tien vierellä olevat esteet eivät rajoita näkemää. Suoran tasauksen haittana ovat niin ikään vastaantulevan liikenteen häikäisyongelmat, etenkin silloin, kun suora tasaus esiintyy yhdessä suoran vaakageometrian kanssa. Suora tasaus ei liiallisissa määrin vääristä perspektiiviä, joten tielinjan kaarevuus näkyy todellisena ajoneuvon kuljettajalle. (TVL)

Pyöristyskaareksi nimitetään elementtiä, joka pyöristää tasausviivan suorista osista ja niiden jatkeista muodostuneet murtoviivan taitekohdat tavallisesti ympyrän kaarilla. Edellä esitetyssä kuvassa ilmenevää pyöristyskaarta nimitetään koveraksi taitteeksi. Mikäli pyöristettävän kulman kärki suuntautuu ylöspäin, nimitetään pyöristystä kuperaksi taitteeksi. (TVL)

Pyöristyskaaren kohdalla ajoneuvon vaikuttaa pystysuunnassa keskeiskiihtyvyys, jonka suuruus riippuu pyöristyskaaren säteestä ja ajoneuvon nopeudesta. Matkustajaa häiritsevää kiihtyvyyttä on sen ylittäessä $0,5\text{m/s}^2$ arvon. Tästä arvosta johtaen voidaan pyöristyskaaren säteen ajodynamiikkaan perustuva vähimmäisarvo määrittää kaavasta (TVL):

$$s_{\min} = 0,154 \times v^2 \quad (5)$$

, jossa

s_{\min} = pyöristyskaaren säteen vähimmäisarvo (m)

v = mitoitusnopeus (km/h)

Tämä ajodynamiikkaan perustuva vähimmäisarvo on vain harvoissa tapauksissa määräävä tekijä, koska näkemäolosuhteiden johdosta joudutaan usein käyttämään huomattavasti suurempia pyörityssäteitä. Kuperan taitteen kohdalla tien pinta muodostaa näkemäesteen, joka rajoittaa huomattavasti näkemää tien suuntaisesti. Näkemän pituus riippuu pyörityssäteestä ja taitekulmasta. Kuperien taitteiden aiheuttamia näkemäesteitä tulee huomioida etenkin ohitus-, kohtaamis- ja pysähtymisnäkemisiä suunniteltaessa. (TVL)

Kaltevuus

Tien pinnan sivukaltevuudella tarkoitetaan ajoradan ja pientareen kaltevuutta tien suuntaan kohtisuorassa tasossa. Tien viettokaltevuudella sen sijaan tarkoitetaan pituuskaltevuuden ja sivukaltevuuden geometrista summaa, eli vektorisummaa. (TVL)

Ajoradan sivukaltevuutta muutetaan yleensä ajodynaamisista syistä tielinjan kaarevuuden muuttuessa. Ajoradan sivukaltevuus voi muuttua suunnaltaan ja suuruudeltaan esimerkiksi, kun kaltevuus muuttuu kaksipuolisesta yksipuoliseksi (suoralta kaarteeseen), yksipuolisen sivukaltevuuden suuruus muuttuu tai yksipuolinen kaltevuus muuttuu toiseen suuntaan yksipuoliseksi (peräkkäiset erisuuntaiset kaarteet). Jos tielinjan elementtiyhdistelmä on suora-ympyräkaari, toteutetaan sivukaltevuuden muutos yleensä siten, että kaksi kolmasosaa muutoksesta tapahtuu suoran lopussa ja yksi kolmasosa ympyräkaaren matkalla. Mikäli käytetään siirtymäkaarta, kaltevuuden muutos suoritetaan suurin piirtein sen matkalla. (TVL)

Sivukaltevuus

Tien pinta suunnitellaan sivukaltevaksi pääasiassa kahdesta syystä. Suoralla tiellä yksinomaan kuivatusteknisistä syistä, mutta kaarteiden kohdalla myös ajodynaamisista syistä keskeiskiihtyvyyden vaikutuksen kumoamiseksi. Sivu- ja viettokaltevuuksien minimiarvot määräytyvät eri päällystetyyppien kuivatusteknisten näkökohtien mukaisesti. Pintavesien tulee poistua rakenteen pinnalta mahdollisimman nopeasti, jotteivat ne pääsisi tunkeutumaan rakenteeseen ja mahdollisesti heikentämään sen kantavuutta. Tyypillisesti esimerkiksi asfalttibetonisilla päällysteillä suoralla tieosuudella tulee käyttää sivukaltevuuden arvoa 3 %. Nyrkkisääntönä voidaan todeta, että mitä karkeampaa päällyste on, sitä suurempi kaltevuus tarvitaan veden johtamiseksi. Yksiajorataisilla teillä käytetään suoralla osuudella normaalisti kaksipuolista harjakaltevuutta ja kaarteissa yksipuolista kaltevuutta. Kaksiajorataisilla teillä suunnitellaan kumpikin ajorata yksipuolisesti kaltevaksi joko keskikaistasta poispäin tai keskikaistalle, josta ne johdetaan sadevesiputkistolla eteenpäin. (TVL)

Kaarteiden kohdalla kaltevuus suunnitellaan yleensä yksipuoliseksi. Yksipuolisen sivukaltevuuden arvo valitaan yleensä kaarresäteen ja mitoitusnopeuden perusteella, jotta se toimii sekä kuivausteknisesti että ajodynaamisesti. Mitoitukseen käytetään seuraavanlaista kaavaa (TVL):

$$q + f = \frac{v^2}{127 \times R} \quad (6)$$

, jossa

q = sivukaltevuus
 f = kitkakerroin
 v = mitoitusnopeus (km/h)
 R = kaarresäde (m)

Ajorata voidaan poikkeuksellisesti suunnitella myös kaksipuolisesti sivukaltevaksi kaarteiden kohdalla, mikäli säde on tien mitoitusnopeuteen tai sallittuun nopeuteen nähden suuri ja jos kaksipuolista sivukaltevuutta käyttämällä voidaan esim. yksinkertaistaa kuivatusjärjestelyjä. Tällöin sivukaltevuus mitoitetaan samalla periaatteella kuin suoran tieosan kaltevuuden mitoittaminen. (TVL)

Viettokaltevuus

Ajoradan viettokaltevuus saadaan pituus- ja sivukaltevuuden avulla kaavasta (TVL):

$$b = \sqrt{s^2 + q^2} \quad (7)$$

, jossa

b = viettokaltevuus
 s = tien pituuskaltevuus
 q = tien sivukaltevuus

Kuivatusteknisistä syistä tie pyritään suunnittelemaan siten, että viettokaltevuus olisi normaalisti vähintään 2 % ja erityistilanteissa vähintään 0,5 %. (TVL)

3.4.2 Poikkileikkaus

Tien poikkileikkaus pyritään liikenneteknisesti suunnittelemaan siten, että sille asetetut ohjeliikenteen määrää, koostumusta, laatua ja nopeutta vastaavat mitat täyttyvät ja riittävä ajoturvallisuus, ajomukavuus ja liikenteenvälityskyky saavutetaan ottaen huomioon taloudelliset seikat ja tien liikenteellinen merkitys. Ohjeliikenteellä tarkoitetaan yleensä ohjevuoden (yleensä 20 vuoden kuluttua tien valmistumisajankohdasta) kesän keskimääräistä vuorokausiliikennettä (KVL). Tien rakentaminen saattaa tapahtua myös poikkileikkauksen osalta vaiheittain, 20 vuoden aika-

na tapahtuvaa tien liikennemäärää ja koostumusta seuraten, tällöin rakennusvaiheen ohjenopeutena voidaan käyttää huomattavasti lyhyemmän jakson ennustetta. (TVL)

Liikenteessä erotellaan yleensä seuraavat liikenneyksikköryhmät (TVL):

- auto-, traktori- ja moottoripyöräliikenne
- moottoripolkupyörä- ja polkupyöräliikenne
- jalankulkuliikenne.

Auto-, traktori- ja moottoripyöräliikenne ilmaistaan poikkileikkausta mitoitettaessa henkilöautoyksikköinä. Yksikön vaikutusta (yleensä massan mukaan) tehostetaan kertoimella (TVL):

- | | | |
|------------------------------------|---------|-----|
| • henkilö- ja pakettiauto | 1 | hay |
| • moottoripyörä | 0,5 | hay |
| • linja-auto ja 2-aks. kuorma-auto | n * 2,0 | hay |
| • traktori ja us.aks. | n * 3,0 | hay |

n-kertoimen arvo on tasaisessa maastossa 1, mäkisessä maastossa 1,5 ja erittäin mäkisessä 2.

Liikennetila

Tiellä liikkuvat liikenneyksiköt vaativat vaihtelevissa määrin liikennetilaa voidakseen riittävän suurella nopeudella edetä turvallisesti tien suunnassa. Autojen liikennetilan leveyden oletetaan kasvavan ajonopeuden kasvaessa. Sen sijaan liikennetilan korkeus on ajonopeudesta riippumaton. Liikennetilan leveys muodostetaan yleensä mitoitettavan liikenneyksikön leveyden, liikkumisvaran ja ajovaruuksien summana. Kevyttä liikennettä varten ei kuitenkaan tarvita ajovaruuksia. (TVL)

Liikenteenvälityskyky

Liikenteenvälityskyvyllä tarkoitetaan liikenneyksiköiden maksimilukumäärää, joka voi tietyssä aikayksikössä tietyllä nopeudella sivuuttaa tiellä määrätyn pisteen. Poikkileikkaus mitoitetaan yleensä siten, että tie pystyisi välittämään ohjehuipputuntiliikenteen, mikäli sitä ei ole tutkittu, oletetaan sen suuruudeksi 10 % ohjevuoden kesän KVL:stä. (TVL)

Nopealiikenteisten pääliikenneväylien välityskykyä määriteltäessä käytetään ajoneuvojen keskinopeutena 65 km/h. Hidasliikenteisillä teillä, joiden ohjenopeus on alle 80 km/h, oletetaan ajoneuvojen keskinopeudeksi 40 ... 65 km/h, ei kuitenkaan suuremmaksi kuin 85 % tien ohjenopeudesta. (TVL)

3.4.3 Päällysrakenne

Tien päällysrakenne käsittää pohjamaan ja tien yläpinnan väliset rakennekerrokset. Sen mitoituksen lähtökohtana toimii niin ikään ennustetut liikennemäärät ja maaperäolosuhteet. Päällysrakenteen tehtävänä on muodostaa riittävän tasainen pinta liikenteelle, jota varten sen pitää kestää (TVL):

- kuormitusta
- routaa ja
- kulutusta.

Tierakenteen sitomattomien kantavan ja jakavan kerroksen tehtävinä on muodostaa päällysteelle niin kantava alusta, ettei sen muoto liikenteen paineen vaikutuksesta rikkoudu. Lisäksi niiden tehtävänä on jakaa liikenteen aiheuttama kuorma niin laajalle alueelle, ettei alusrakenteen sallittuja puristusjännityksiä ylitetä. (TVL)

Routakestävyys varmistetaan routamitoituksella ja käyttämällä, siirryttäessä alusrakenteelta toiselle lyhyehköillä matkoilla, siirtymäkiiloja. Routimista ei joka paikassa voida kokonaan estää, vaan edullisempaa on pyrkiä sen vaikutusten hallittuun kontrolloimiseen. (TVL)

Kulutuskestävyys saavutetaan liikennemääriin sopivalla päällysteellä. Päällysteet jaetaan kolmeen luokkaan (TVL):

- Kestopäällysteet, kuten asfalttibetoni, valuasfaltti.
- Kevytpäällysteet, kuten öljysora, kevytasfalttibetoni, soratien pintausta.
- Ei päällystettä eikä pintausta, kuten soratiet.

4 Suunnitteluohjelmisto

4.1 Tekla Xstreet

Destia Oy käyttää väyläsuunnitteluun suomalaisen Tekla Oyj:n kehittämää Xstreet –ohjelmistoa. Xstreet on tietojärjestelmä, jolla voidaan suunnitella rata-, tie- ja katuverkostoja ja niihin liittyviä varusteita, laitteita ja ympäristöä. Se koostuu tietokannasta sekä muunneltavasta sovellusten ja toiminnallisuuksien yhdistelmästä (kuvio 9). Järjestelmä sisältää erilaisia työkaluja seuraavanlaisten kohteiden suunnitteluun (Tekla 2009):

- kaikenlaiset väylät
- maaston mallinnus
- pohjatutkimukset
- vesi- ja viemäriverkostot
- katualueet ja niihin liittyvät laitteet ja varusteet
- puistot ja viheralueet.

Xstreet tukee myös rakennustyöprosessia ja siihen liittyvää laadunvarmistusta. Järjestelmä on usean käyttäjän käytettävissä samanaikaisesti, mikä mahdollistaa saman tiedon käytön eri toimintoihin rinnakkaisesti. Se nopeuttaa projektien valmistumista ja vähentää virheitä. (Tekla 2009)

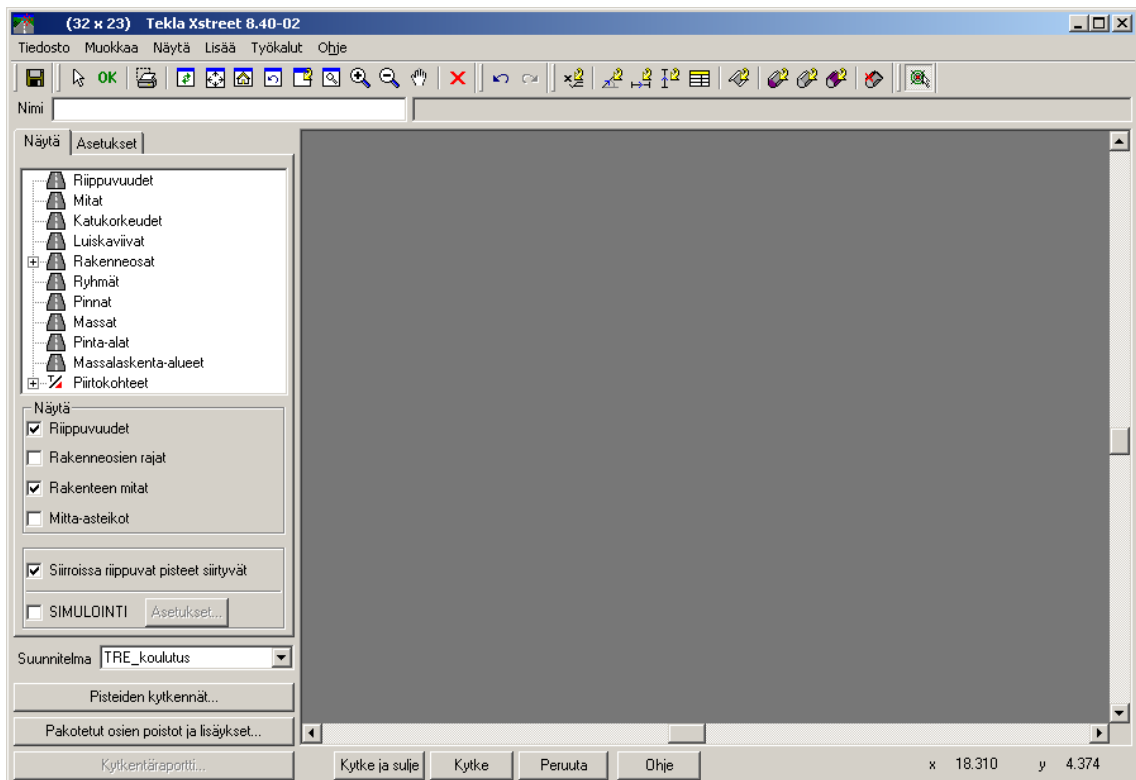


Kuvio 9: Tekla Xstreetin toimintarakenne (Tekla 2009)

4.2 Rakenteen suunnittelu

4.2.1 Yleistä rakenteen suunnittelusta

Rakenteen poikkileikkauksen suunnittelu ja mallintaminen tapahtuu Xstreetin rakennetyyppi-ikkunassa (kuvio 10) luomalla pisteitä ja niiden välisiä riippuvuuksia sekä koostamalla niistä eri tilanteisiin sopivia rakenneosia. Jokaisella pisteellä, pois lukien pääkytkentäpiste, tulee olla kaksi riippuvuutta: etäisyys-, korkeusero- tai kaltevuusriippuvuus. Yhden riippuvuusvaatimuksen voi korvata kytkemällä pisteen seuraamaan esimerkiksi maanpintaa. Kuitenkin, haluttaessa voidaan pisteen etäisyysriippuvuus korvata kytkemällä piste vaakageometriaan, korkeuseroriippuvuus pystygeometriaan tai kaltevuusriippuvuus joko vaaka- tai pystygeometriaan. Pääkytkentäpiste on piste, joka seuraa maastoon sovitettua mittalinjaa. Mittalinjalle on määritelty taseus, joten pääkytkentäpiste ei näin ollen tarvitse muita riippuvuuksia, vaan sen sijainti on mittalinjan avulla määritelty niin vaaka- kuin pystysuunnassa. Muut pisteet asetetaan riippuvaisiksi pääkytkentäpisteestä, joten niiden sijainti on täysin määritelty pääkytkentäpisteen avulla.

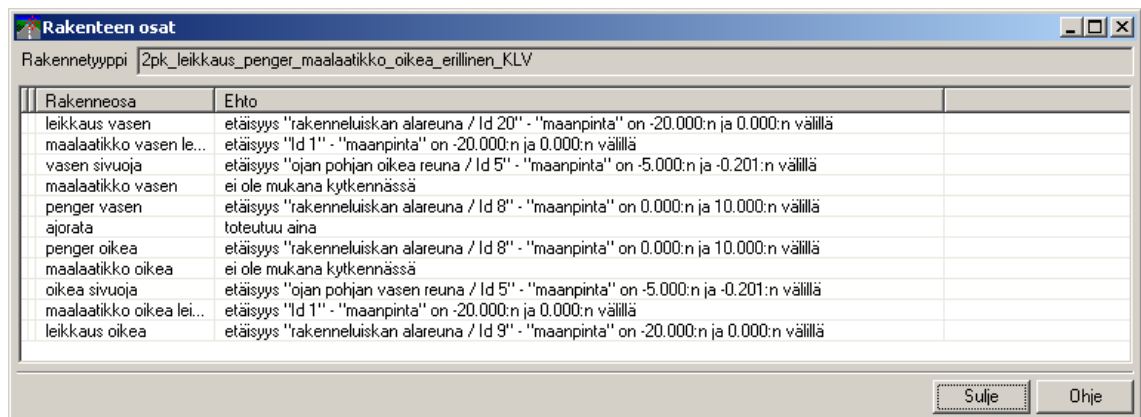


Kuvio 10: Xstreetin rakennetyyppi-ikkuna

4.2.2 Rakenneosat

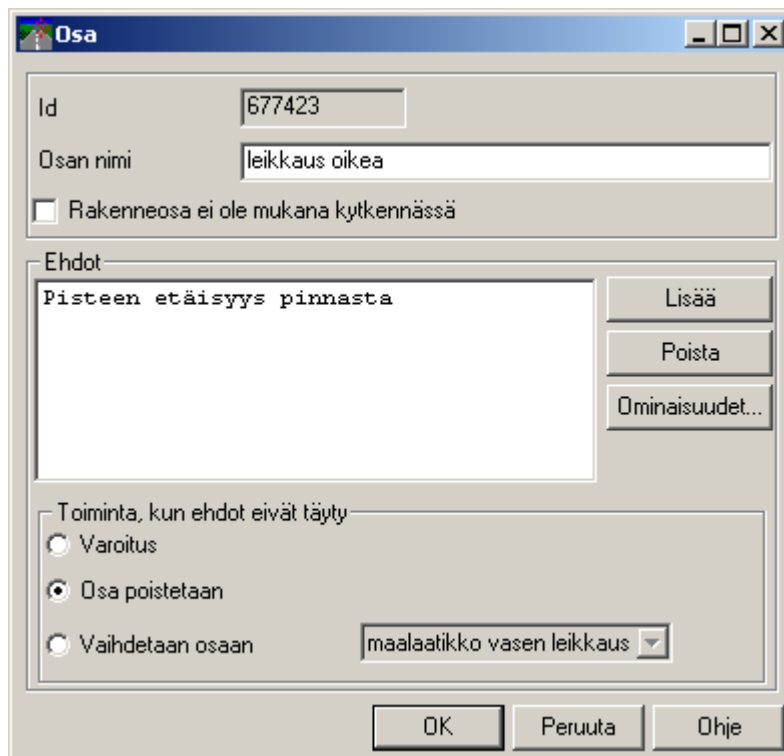
Poikkeuksen pisteiden kytkennässä muodostavat eri rakenneosien kytkentäpisteet. Xstreetin rakenteen mallinnus mahdollistaa rakenteen jakamisen rakenneosiin, joista sopivinta käytetään tietyssä tilanteessa niille määriteltyjen ehtojen mukaisesti (kuvio 13). Esimerkiksi penger- ja leikkausrakenteet jaetaan usein omiin rakenneosiin, jotka toteutuvat riippuen maanpinnan ja

rakenteen välisestä korkeuserosta (pisteen etäisyys pinnasta -ehto). Kuviossa 11 on esitetty Rakenneosaluettelo, josta ilmenee jokaisen osan toteutumaehto. Kuviossa 12 on yksittäisen osan ominaisuudet, josta osan ehtoja saadaan muokattua kuviossa 13 esitetyn toteutumaehdon ominaisuudet -ikkunassa. Rakenneosien (esimerkiksi oikean puolen pengeri) kytkentäpisteet kytketään runkorakenteeseen (esimerkiksi ajorata) Osien kytkentä -toiminnon avulla ja ne eivät näin ollen tarvitse muita riippuvuuksia. Mutta sen pisteen, johon ne runkorakenteessa kytketään, tulee olla edellä mainitulla tavalla määritelty. Kuviossa 14 on esitetty kolmen rakenneosan kytkennät.



Rakenneosa	Ehto
leikkaus vasen	etäisyys "rakenneluiskan alareuna / Id 20" - "maapinta" on -20.000:n ja 0.000:n välillä
maalaatikko vasen le...	etäisyys "Id 1" - "maapinta" on -20.000:n ja 0.000:n välillä
vasen sivuoja	etäisyys "ojan pohjan oikea reuna / Id 5" - "maapinta" on -5.000:n ja -0.201:n välillä
maalaatikko vasen	ei ole mukana kytkennässä
pengeri vasen	etäisyys "rakenneluiskan alareuna / Id 8" - "maapinta" on 0.000:n ja 10.000:n välillä
ajorata	toteutuu aina
pengeri oikea	etäisyys "rakenneluiskan alareuna / Id 8" - "maapinta" on 0.000:n ja 10.000:n välillä
maalaatikko oikea	ei ole mukana kytkennässä
oikea sivuoja	etäisyys "ojan pohjan vasen reuna / Id 5" - "maapinta" on -5.000:n ja -0.201:n välillä
maalaatikko oikea lei...	etäisyys "Id 1" - "maapinta" on -20.000:n ja 0.000:n välillä
leikkaus oikea	etäisyys "rakenneluiskan alareuna / Id 9" - "maapinta" on -20.000:n ja 0.000:n välillä

Kuvio 11: Rakenneosaluettelo



Id: 677423

Osan nimi: leikkaus oikea

Rakenneosa ei ole mukana kytkennässä

Ehdot

Pisteen etäisyys pinnasta

Lisää

Poista

Ominaisuudet...

Toiminta, kun ehdot eivät täyty

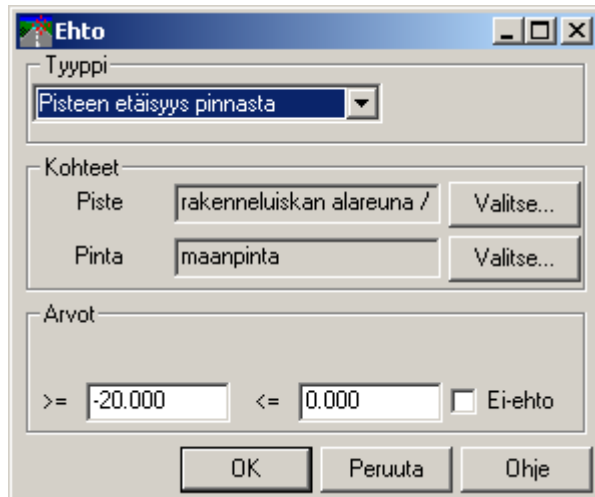
Varoitus

Osa poistetaan

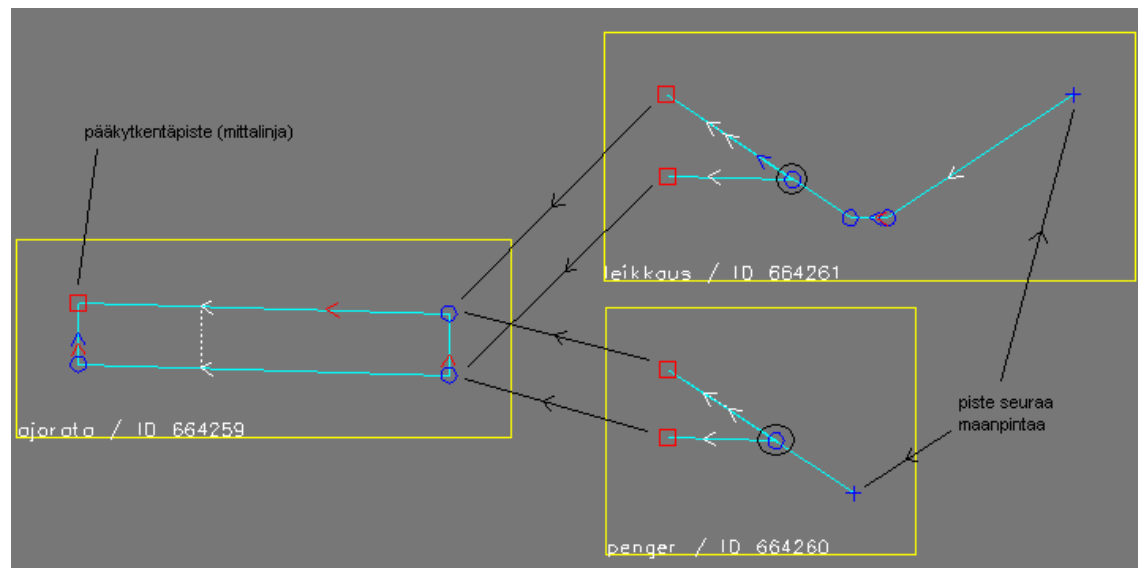
Vaihdetaan osaan: maalaatikko vasen leikkaus

OK Peruuta Ohje

Kuvio 12: Rakenneosan ominaisuudet -valintaikkuna



Kuvio 13: Rakenneosan toteutumisehdon ominaisuudet



Kuvio 14: Rakenneosat ajorata, penger ja leikkaus. Pengerrakenne toteutuu, kun ympärällä merkitty piste on maanpinnan yläpuolella. Leikkausrakenne vastaavasti kyseisen pisteen ollessa maanpinnan alapuolella.

4.2.3 Riippuvuudet

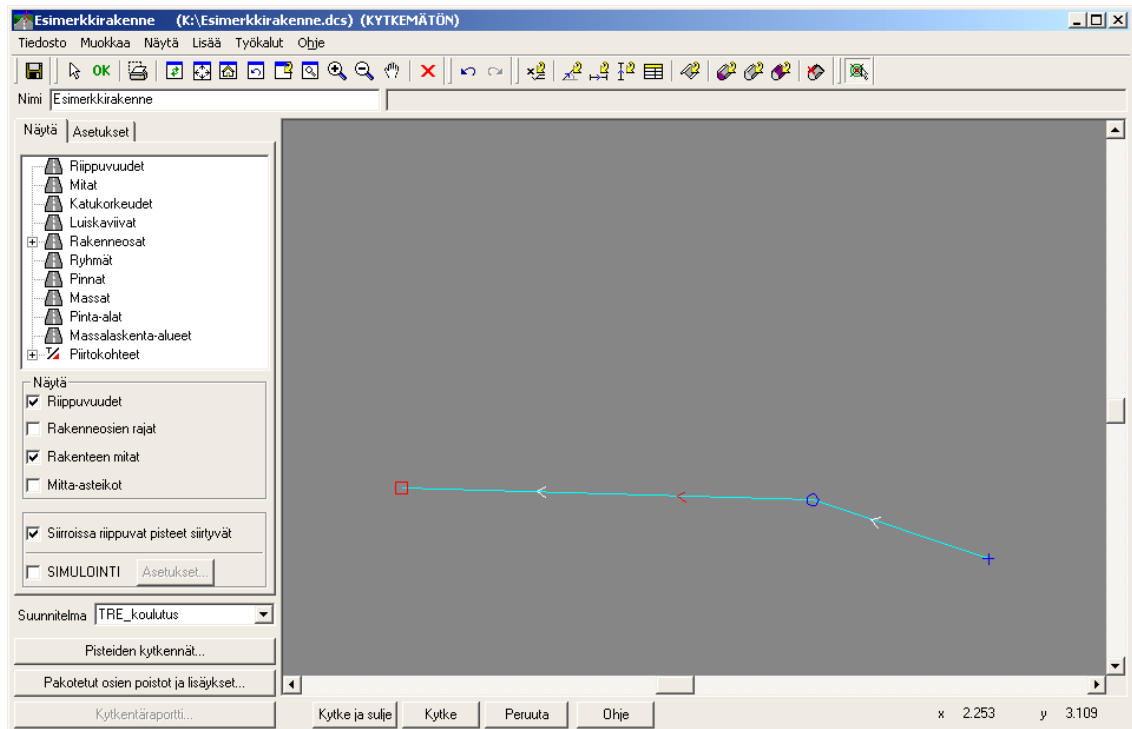
Kuviossa 16 on esitetty yksinkertainen kolmen pisteen rakennetyyppi Xstreetin *rakennetyyppi*-ikkunassa. Pisteiden kuvaustapa *rakennetyyppi*-ikkunassa on riippuvuuksien mukainen. Pistettä, jonka sijaintia ei ole sidottu (pääkytkentäpistettä) kuvataan punareunaisella neliöllä. Sinireunainen ympyrä kuvaa pistettä, jonka sijainti on määritelty riittäväillä (kahdella) riippuvuuksilla. Ulkoista pintaa seuraavaa pistettä, jolla on lisäksi yksi korkeusero-, kaltevuus- tai etäisyysriippuvuus, kuvastaa sininen risti.

Pisteiden väliset turkoosit viivat kuvaavat riippuvuutta. Sen päällä oleva nuoli kuvaa riippuvuuden määrittämissuuntaa ja tyyppiä. Valkoinen väri edustaa kaltevuusriippuvuutta (kaltevuuden

ominaisuudet kuviossa 15), punainen etäisyysriippuvuutta ja sininen korkeuseriippuvuutta (ei kuvassa). Riippuvuuksia voi asettaa myös keskenään samanarvoiseksi, käyttämällä ”Sama kuin” -toimintoa. Tällöin riippuvuus hakee saman arvon sille osoitetusta riippuvuudesta ja tätä pääriippuvuutta muutettaessa myös siitä riippuvat riippuvuudet muuttuvat samanarvoiseksi.

Kuvio 15: Riippuvuuden ominaisuudet

Kuvion 16 esimerkissä on luotu erittäin yksinkertainen pengerrakenteen oikea puoli. Pääkytkentäpiste kytketään seuraamaan väylän mittalinjaa ja se sitä kautta sijaintitiedot kartalla. Keskimäinen piste kuvaa tien reunaa. Se on riippuvuuksien avulla määritelty seuraamaan pääkytkentäpistettä kaltevuuden (3 %) sekä etäisyyden (3,5 m) mukaan. Oikeassa reunassa oleva piste saa sijaintinsa kaltevuusriippuvuuden (1:3) sekä maanpinnan avulla. Tällä pisteellä on siis yksi riippuvuus (1:3 luiskakaltevuudella tien reunapisteestä alaspäin), jonka lisäksi se on kytketty seuraamaan maanpintaa. Pisteiden sijainti kytkennässä muodostuu näiden molempien ehtojen toteutuessa.



Kuvio 16: Esimerkki yksinkertaisesta yhden rakenneosan rakenteesta, joka sisältää kolme pistettä

4.2.4 Pisteiden nimet ja lajit

Pisteille määritellään sekä nimi että laji. Nimi on yksilöllinen määre, jota voidaan käyttää hyväksi muun muassa rakenteiden yhteensovittamisessa sekä yleisessä hahmottamisessa. Lajia käytetään määrittelemään tarkemmin pisteen roolia rakennetyypissä (esimerkiksi pääkytkentäpisteen laji on yleensä ”mittalinja”). Myös riippuvuuksille voidaan antaa nimiä, ja usein se on hyödyllistä. Nimen perusteella voidaan automaattisesti määrittellä riippuvuudelle kuvaaja, jonka mukaan sen arvo muuttuu paaluvälillä (esimerkiksi luiskakaltevuus tai ojan pohjan leveys).

Myös ilman nimeä voidaan määrittellä kuvaaja, mutta kokonaisuuden hallitsemiseksi huomattavasti selkeämpi ja kontrolloitavampi tapa on antaa esimerkiksi jokaisen rakenneosan vastaavalle riippuvuudelle sama nimi, jota ohjataan yhdellä kuvaajalla koko paaluvälin pituudella. Kuviossa 17 ilmenee pisteen ominaisuudet -valintaikkunan sisältö, josta voidaan määrittellä pisteen toiminnallisia ominaisuuksia. Jokaisella pisteellä on määritelty pistekohtainen Id-tunnus. Nimi –kenttä sisältää pisteen nimen, Osa –kenttä sen rakenneosan, johon piste kuuluu ja Laji –kenttä määrittelee pisteen lajin, joka valitaan lajiluettelosta (kuvio 18). Kyseessä on leikkausrakenteen ojan pohjan vasen reunapiste, joten sitä ei ole kytketty seuraamaan mitään pintaa.

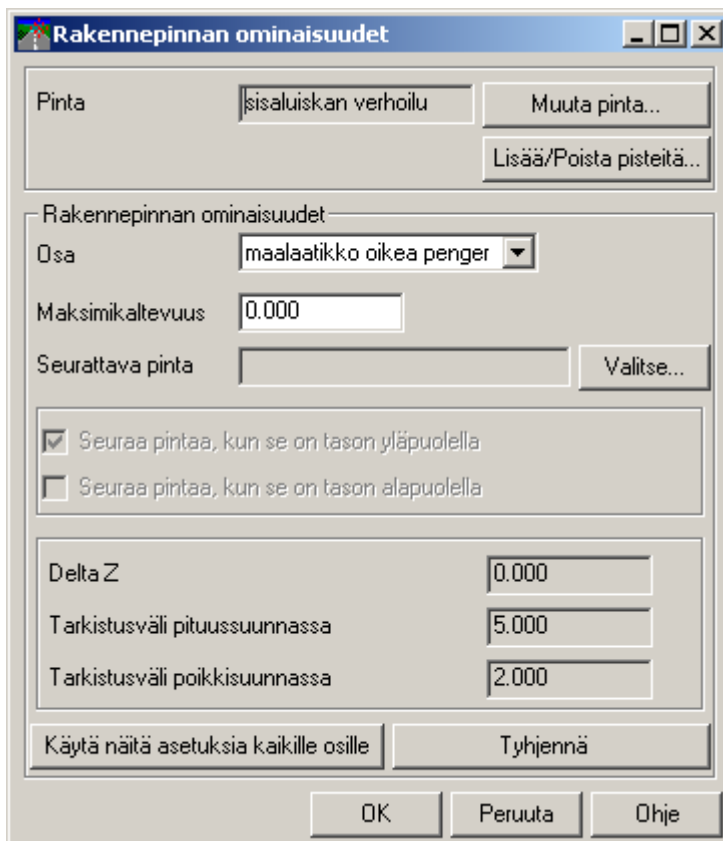
Kuvio 17: Pisteen ominaisuudet

Kuvio 18: Pisteen lajit -luettelo

4.2.5 Pinnat, pinta-alat ja tilavuudet

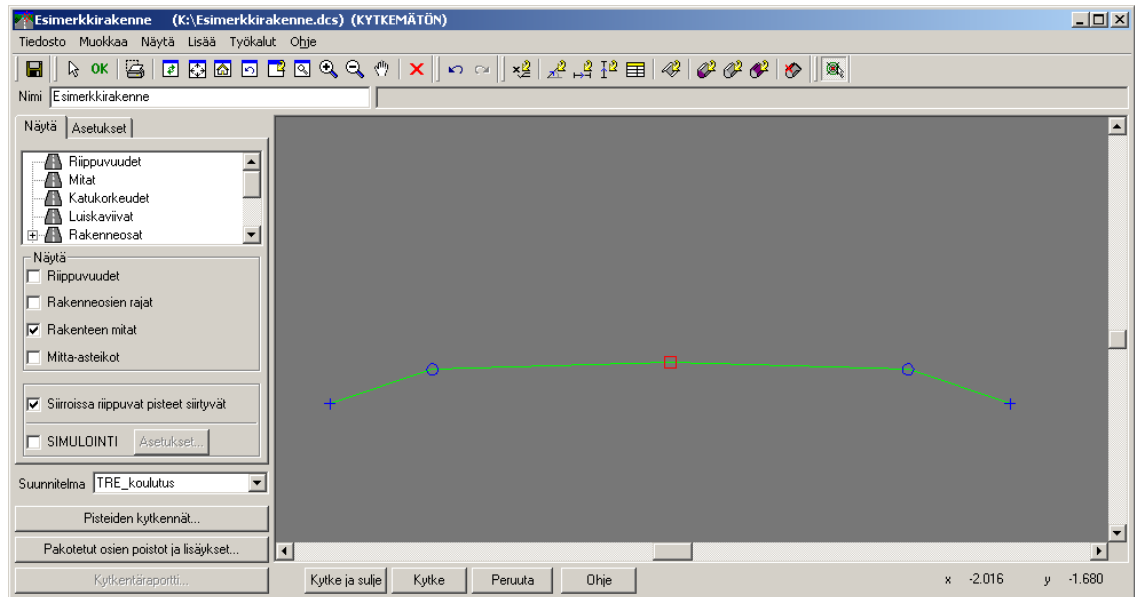
Pisteet antavat rakenteelle sen perusmuodon. Niiden avulla määritellään erilaiset rakenteen pinnat, niiden taitepisteet ja massalaskennassa käytettävät monikulmiot sekä pinta-alat. Raken-

teessa pintoja käytetään kuvaamaan jokaista massamääriin ja rakenteen muotoon vaikuttavaa pintaa (kuvio 19), esimerkiksi päällysrakenteen alapinta määrittää tarvittavan leikkaustason. Pisteiden väliset riippuvuudet ovat usein pintojen suuntaisia, mutta mikään edellytys se ei ole. Pinnat ovat kahden tai useamman pisteen välisiä riippumatta siitä, onko pisteillä niiden välistä riippuvuutta. Myös massamonikulmiot määritellään pisteiden ja pintojen avulla. Monikulmioiden avulla lasketaan leikkaus-, penger-, louhinta- yms tilavuudet. Pinta-alamääryksiä voidaan käyttää esimerkiksi päällysteen tai nurmiverhouksen kokonaispinta-alan määrittämiseen ja yleisesti ottaen niihin tilanteisiin, joissa materiaalien menekki lasketaan pinta-alayksiköiden mukaisesti.



Kuvio 19: Pinnan ominaisuudet

Seuraavassa esimerkissä (kuvio 20) edellä kuvattu pengerrakenne on jatkettu vasemmalle puolelle peilaamalla pisteet pääkytkentäpisteen suhteen. Lisäksi pisteiden väliset riippuvuudet ovat piilotetut ja tilalle on määritelty pinta ”päällysrakenteen yläpinta” (vihreä viiva).

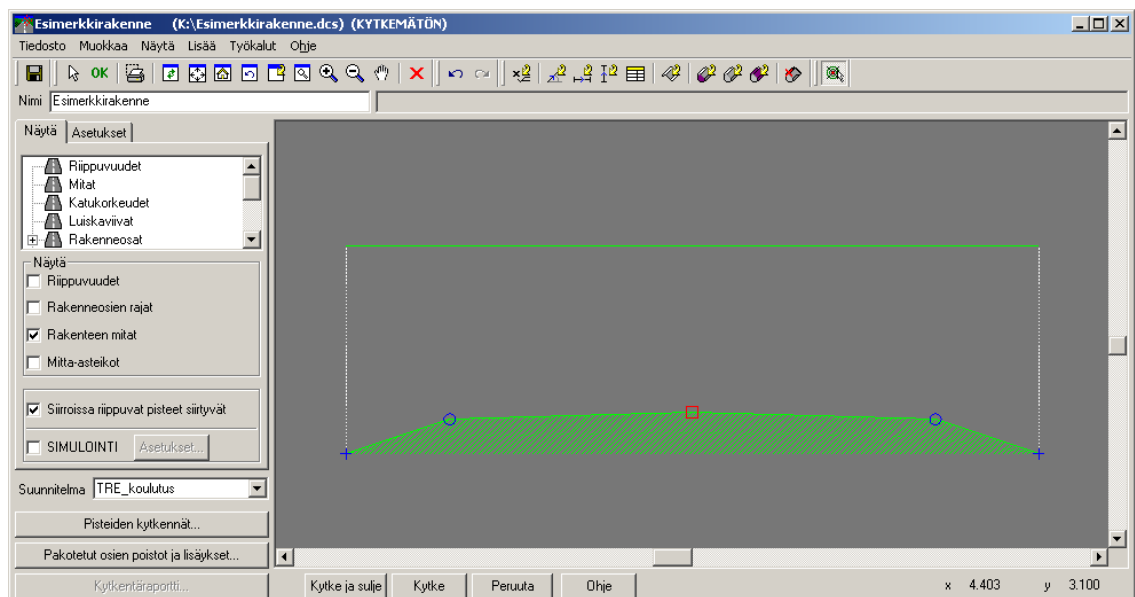


Kuvio 20: molemminpuoleinen esimerkkirakenne

Tässä esimerkissä käsitellään selkeyden vuoksi vain maanpinnan yläpuolista pengerrakennetta.

Täydennettynä rakenne kuvion 16 osoittamalla tavalla myös vasemmalle puolelle saadaan yhtenäinen maan pinnalle sijoitettavan yksinkertaisen pengerrakenteen malli. Seuraavaksi määritellään pisteiden avulla rakenteen massalaskennassa käytettävät määreet, eli rakenteen tilavuus ja pinta-ala.

Lisätty massamonikulmio (laji: "maapenger") näkyy rakenteessa poikkiviivoitettuna. X- ja y-avaruuden projektiopinta-alaa kuvastaa vihreä viiva, pinta-ala on määritetty laskettavaksi kahden reunapisteen sijainnin perusteella, joihin viittaavat katkonaiset viiteviivat (kuvio 21).

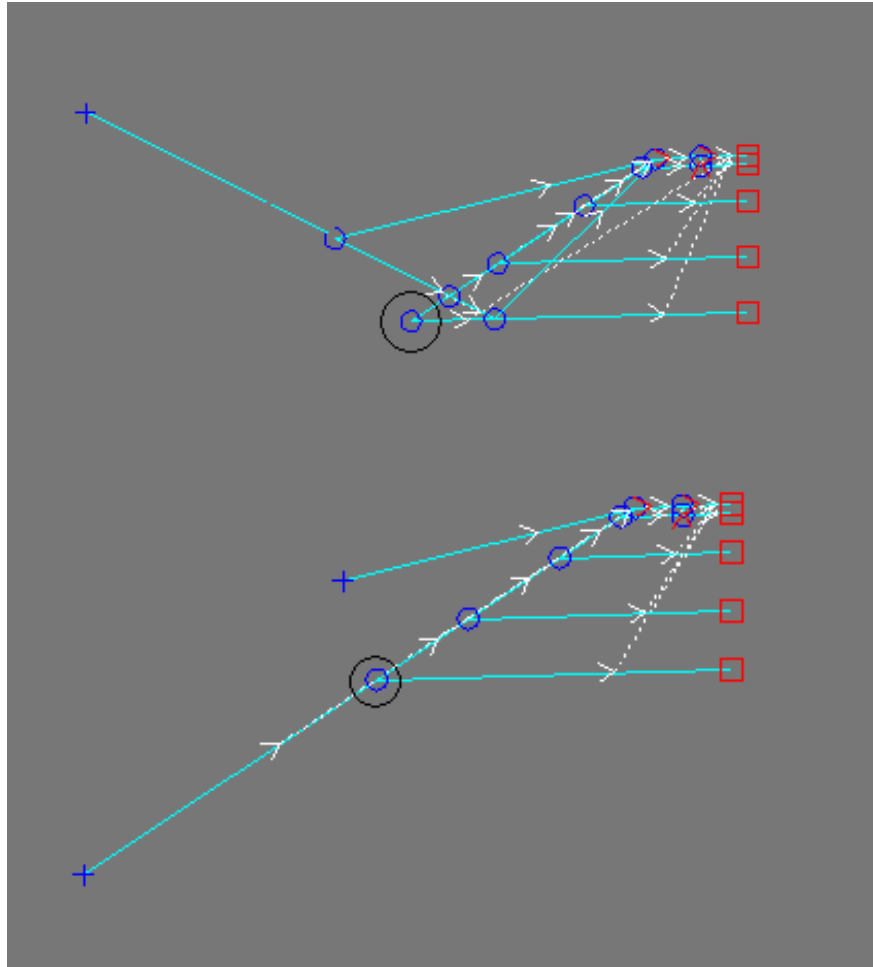


Kuvio 21: Massamonikulmio ja pinta-ala

4.2.6 Kirjastorakenteiden yhteensovittaminen

Yksi tämän työn kehityskohteista liittyy nimenomaan pisteiden ja niiden lajien yhteensovittamiseen. Eri rakenneosissa saattaa tulla tilanteita, joissa vastaavaa pistettä ei aikaisemmin löytynyt. Tämä vaikutti muun muassa rakenteiden jatkuvuuteen pitkällä paaluvälillä, etenkin jos käytössä oli useita eri rakennetyyppejä. Yksi kehityksen lähtökohdista oli, että rakennetyypit oli saatava yksiselitteisesti jatkuviksi, jotta rakenteen jatkuvuus erityisesti massalaskennan ja maanrakennusautomaation kanssa olisi mahdollisimman optimaalinen. Epäjatkuvuuskohtat esimerkiksi rakenteen pinnoissa tai monikulmioissa aiheuttavat ongelmia laitteille ja koneelliselle laskennalle, joista ne eivät itsenäisesti selviä. Tämä vääristää tuloksia ja aiheuttaa poikkeamia, jotka heijastuvat niin kustannusarvioihin kuin hankkeen kokonaislaatuunkin.

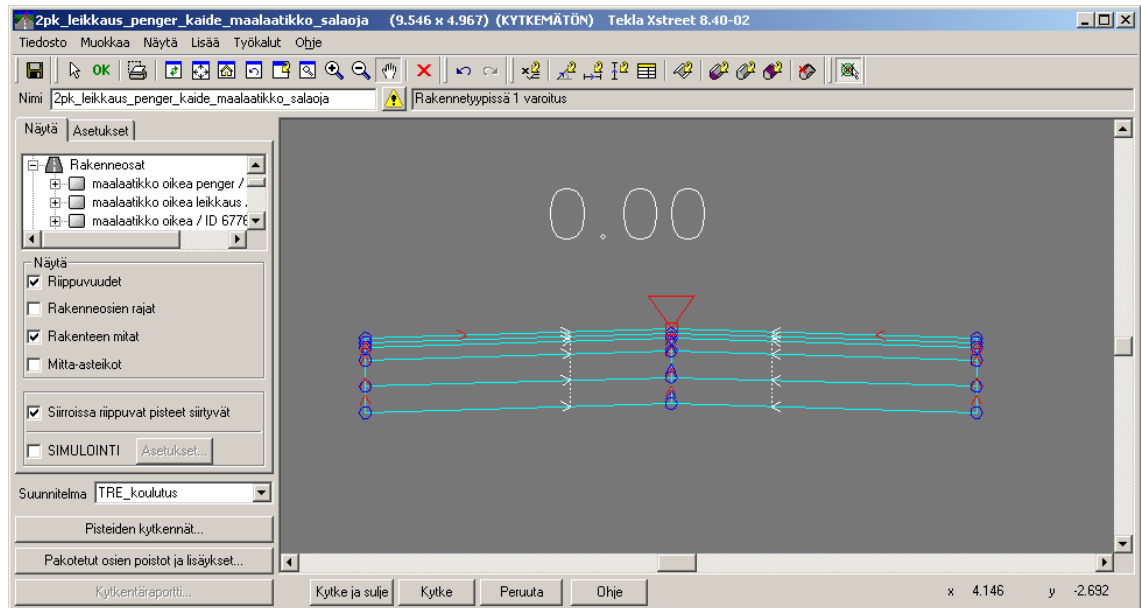
Toisaalta voi tulla vastaan tilanteita, joissa toisiaan vastaavia pisteitä eri rakenneosista ei rakenteellisesti löydy. Tällainen ongelma voidaan ratkaista lisäämällä kuvion 22 osoittamalla tavalla toiseen rakenneosista samoilla ehdoilla sijaitseva apupiste, jota ei kuvata varsinaiseen kytkettyyn rakenteeseen pintojen avulla. Näin saadaan rakenneosien toteutumisehdot riippuvaisiksi yhdestä pisteestä, jolloin ristiriitatilanteita ei pääse syntymään, mutta samalla kyseinen piste ei aiheuta toimenpiteitä itse rakenteeseen eikä vaikuta massalaskentaan.



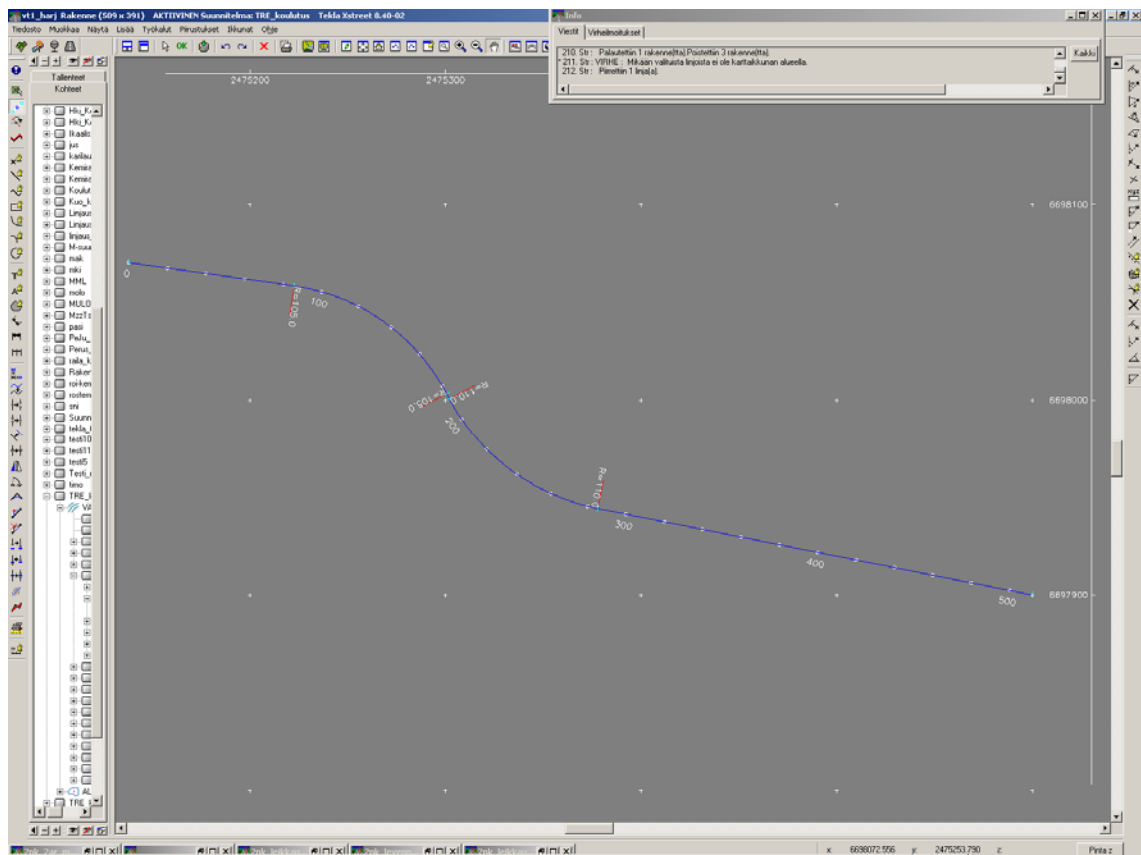
Kuvio 22: Esimerkki. Maalaatikko-rakenneosaan on lisätty apupiste joka vastaa samaa kohtaa penkereessä (ympyröidyt pisteet). Tämän apupisteen kautta ei kulje pintoja tai monikulmioita.

4.3 Rakenteen kytkeminen geometriaan

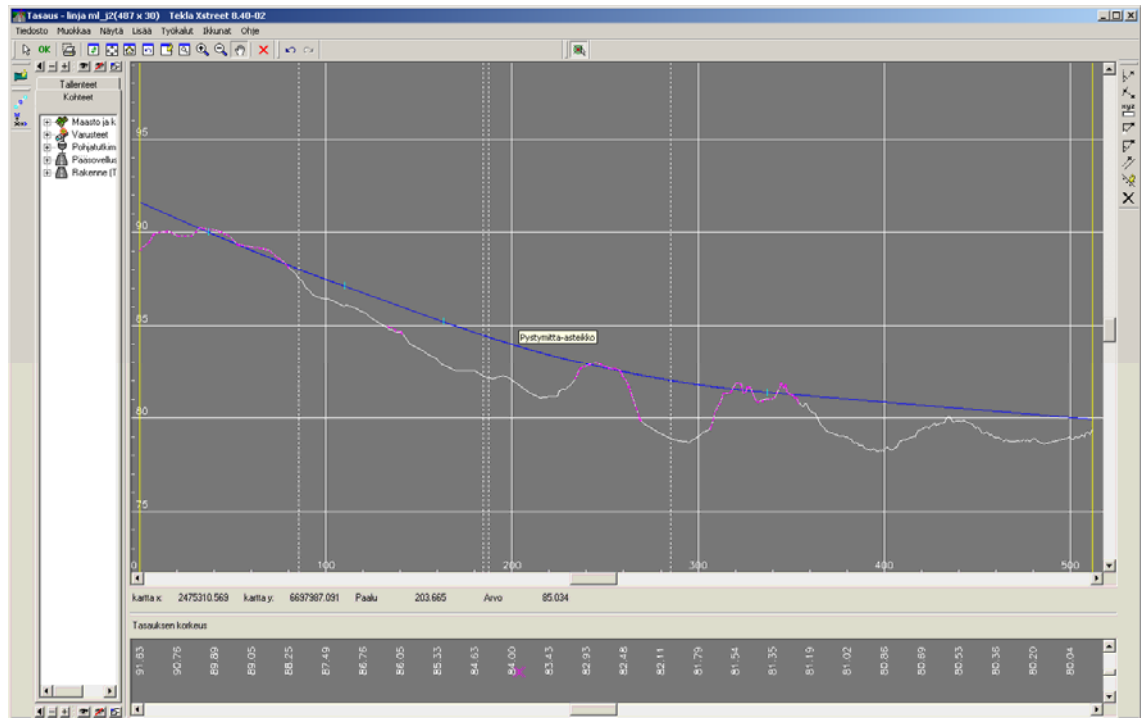
Luotu rakenne siis kytketään suunniteltuun vaaka- (kuvio 24) ja pystygeometriaan (kuvio 25) pääkytkentäpisteen avulla. Tällöin runkorakenne (sisältää yleensä pelkät rakennekerrokset, kuvio 23) saa tarkkaan määritellyn asemansa maastomallissa, muut rakenneosat puolestaan kytketään runkorakenteeseen niiden omien kytkentäpisteiden avulla ja näin ollen seuraavat kiinteästi runkorakenteen sijaintia. Myös muita rakenteen pisteitä voidaan kytkeä seuraamaan vaaka- ja/tai pystygeometriaa. Esimerkiksi ojan pohjalle voidaan suunnitella erillinen tasaus tai tien reunaa voidaan levittää erillisellä linjalla.



Kuvio 23: Rakennetyypin runkona toimii ajorata. Leikkaus- tai pengerrakenteet kytketään ajoradan reunoihin tilanteen mukaan. Pääkytkentäpiste (punainen neliö) sijaitsee rakenteen keskiviivalla.

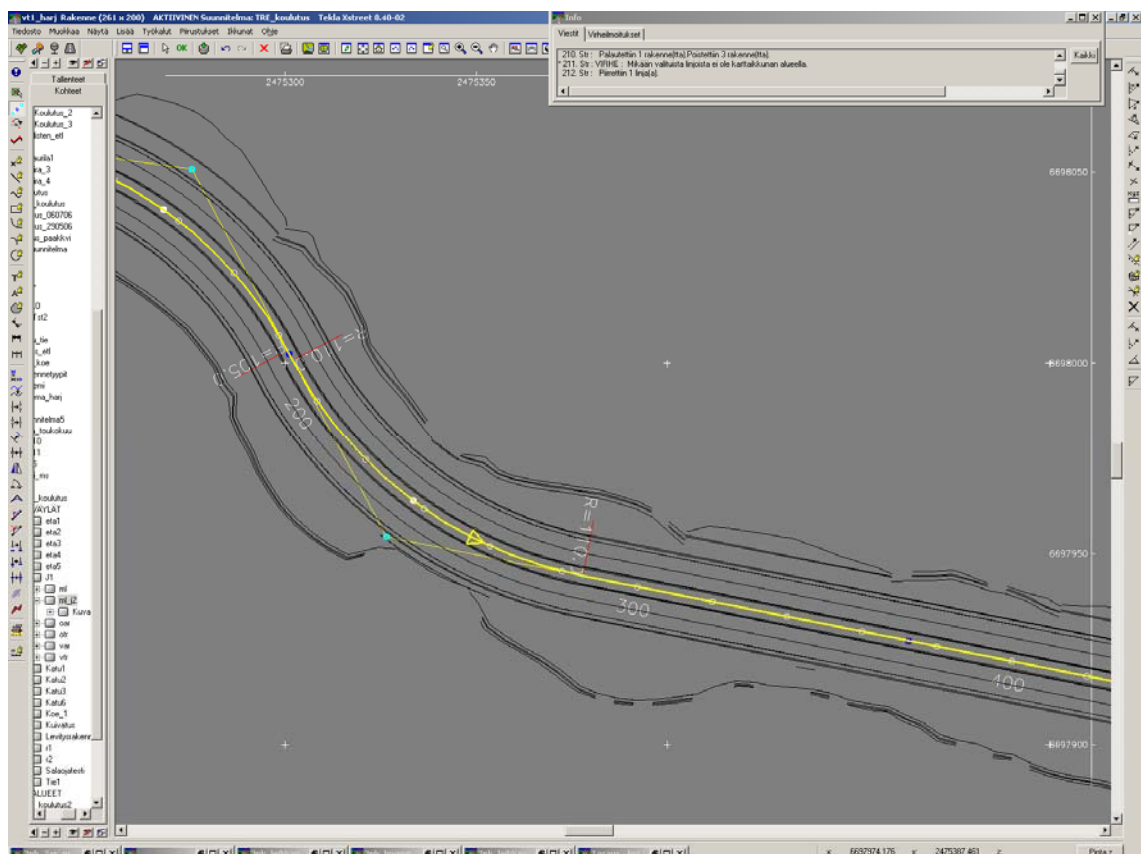


Kuvio 24: Tielinjan mittalinja, johon pääkytkentäpiste kytketään.



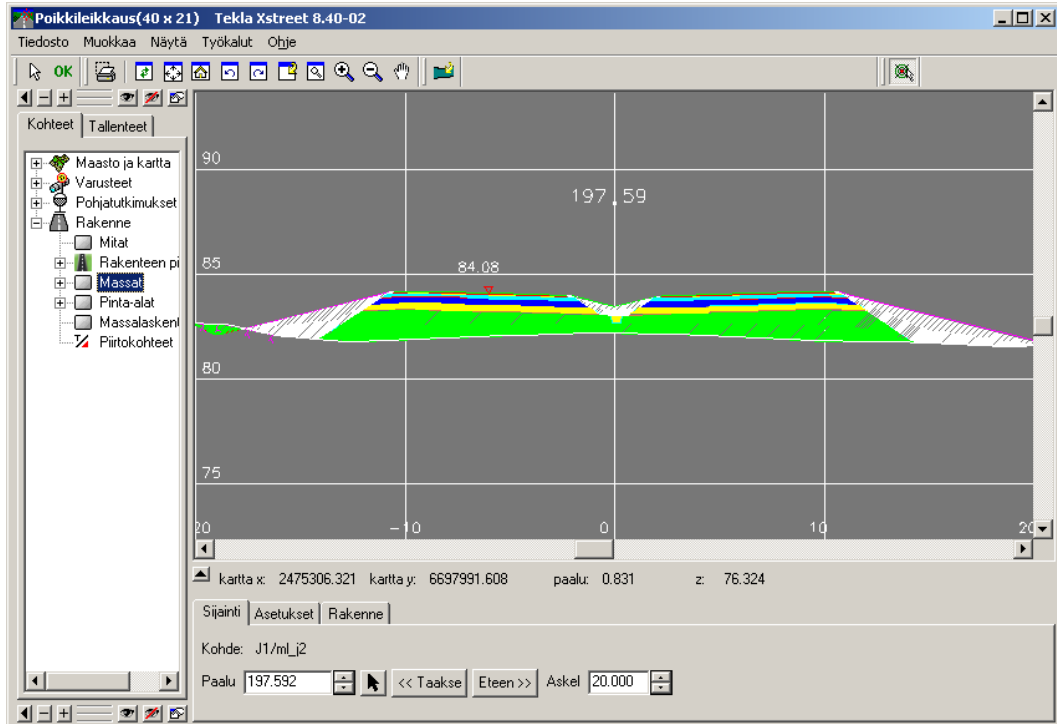
Kuvio 25: Mittalinjan tasaus, josta rakenne saa korkeusasemansa

Rakenteen rajat saadaan piirrettyä kartalle, kun rakenne on kytketty (kuvio 26). Tällöin nähdään esimerkiksi leikkaus- ja pengerluiskien ulottumat ja tilantarpeet. Tasausikkunassa voidaan tarkastella pintojen sijoittumista, esimerkiksi rakennekerroksien paksuuksia ja ojan pohjaa.



Kuvio 26: Kytetty 2-ajoratainen rakenne

Kun rakenne on kytketty voidaan myös tarkastella paalukohtaisia poikkileikkauksia (kuvio 27). Koska rakenne on koko paaluvälillä jatkuva, poikkileikkaus voidaan ottaa miltä paalulta tahansa ja tarvittaessa tulosteet millä paaluvälillä tahansa.



Kuvio 27: Poikkileikkaus paalulta 197,59. Massalaskenta-alueet näkyvissä rasteroituina.

5 Rakennetyyppikirjasto

5.1 Yleistä

Rakennetyyppikirjasto on kokoelma eri tilanteisiin soveltuvia rakennetyyppejä. Se on suunnittelijan käyttöön luotu suunnittelutyötä avustava työkalu. Tyypit ovat itsenäisiä yhden tai useamman rakenneosan käsittäviä rakenteita, jotka on rakennettu ohjearvojen mukaisilla riippuvuuksilla. Yksi rakennetyyppien keskeisimmistä ominaisuuksista on muokkautuvuus ja muunneltavuus. Jokainen tyyppi voidaan muokata laajasti suunnittelutilanteeseen sopivaksi riippuvuuksien ja toteutumisehtojen mukaisesti.

Kokonaisuuden ja eri tyyppien yhteensovittamisen vuoksi tarvitaan tiettyjä sovittuja toimintamalleja myös rakenteiden laadinnassa. Toisiaan vastaavat pisteet ja riippuvuudet nimetään sovitun järjestelmän mukaisesti niin, että eri rakennetyypeistä löydetään selkeämmin vastaavat elementit ja useita eri rakennetyyppejä sisältävän rakenteen hallinta helpottuu. Kirjasto on myös joustava kokonaisuus, joka tehostaa rakenteen suunnittelua. Toimiva kirjastokokonaisuus tuo tehokkuutta suunnitteluun: se säästää aikaa ja edesauttaa suunnittelijan olennaiseen keskittymistä.

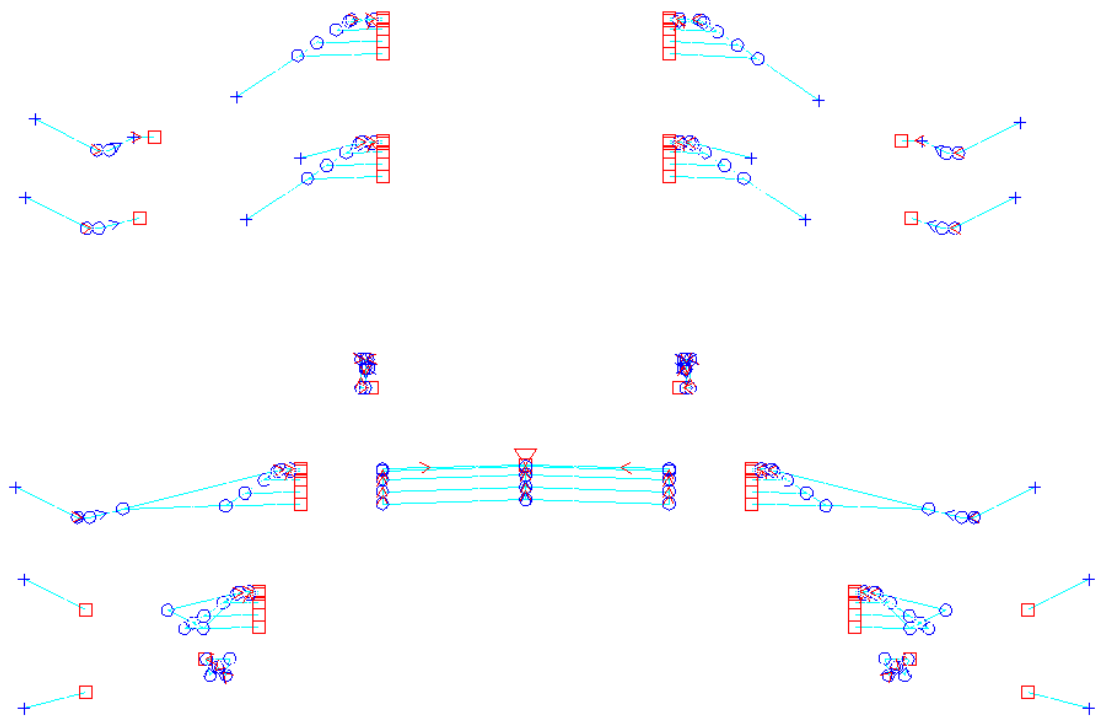
Rakennetyypit on jaoteltu sellaisiksi kokonaisuuksiksi, että tyyppillisesti yhdessä käytettävät rakenneosat ovat samassa tyypissä, mutta erikoistapauksissa rakenneosien siirtely tyyppien välillä onnistuu kuitenkin vaivattomasti. Selkeyden vuoksi esimerkiksi perusrakenne penger/leikkaus/maalaatikko on sijoitettu samaan rakennetyyppiin, josta lisäksi löytyvät myös kaide- ja salaojarakenneosat. Levennysrakenteessa on mukana sekä vasen että oikea puoli, näistä tarvittavat osat voidaan kytkeä rakenteen ketjuihin tarpeen mukaan. Yhdistelemällä saadaan tiedostojen määrä pysymään kohtuullisena ja tiedon jäsentely on selkeämpää, mutta tyyppien muunneltavuus säilyy.

Tällaisessa kirjastossa, jossa rakenneosien yhdistelyn tulee olla mahdollisimman joustavaa, pisteiden ja riippuvuuksien nimeäminen on tärkeässä osassa. Otetaan esimerkiksi vasemman sisäluiskan kaltevuus. Kaltevuus-, etäisyys- ja korkeuseroriippuvuuksia voidaan ohjata kytke-mällä ne kuvaajaan. Kuvaajat voivat olla manuaalisesti määriteltyjä, tai nimen perusteella automaattisia. Useita rakennetyyppejä ja -osia sisältävällä linjalla näiden kuvaajien hallinta voi olla sekavaa etenkin suunnittelijan – syystä tai toisesta – välillä vaihtuessa. Kun kaikkien rakenneosien vastaavat riippuvuudet on määritelty saman kaavan mukaan, kokonaisuuden hallinta helpottuu ja selkeytyy. Tällöin myös uusien rakenneosien lisääminen on vaivatonta, koska ne automaattisesti löytävät kuvaajat, joita seurata. Sama pätee pisteisiin ja niiden lajeihin, mikäli asemapiiirustukseen on valittu geometrialinjoja kuvautuvaksi niiden perusteella.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Destian käyttöön sellainen rakennetyyppikirjasto, jota on selkeää ja mielekästä käyttää suunnittelun lähtökohtana. Toki jokaista rakennetta luultavasti joutuu muokkaamaan kyseiseen tilanteeseen sopivaksi, mutta kirjaston kautta säästytään turhalta työltä ja päästään helpommin kiinni varsinaisen rakenteen suunnitteluun. Painopiste on ollut rakenteiden yhteistoimivuudella ja koko kirjaston selkeydellä. Ei ole kenenkään edun mukaista, jos kirjaston rakenteet ovat hankalasti yhteen sovitettavia ja niiden käyttämiseen tarvitsee nähdä kohtuuttomasti vaivaa tai koko kirjaston sisältö on heikosti jäsennelty ja hankala hahmottaa. Rakennetyyppikirjaston edut konkretisoituvat sen myötä, kun suunnittelijat oppivat ja tottuvat käyttämään sitä.

5.2 Esimerkkirakenne

Seuraavassa on esitetty ote rakennetusta rakennetyyppikirjastosta (kuvio 28). Kyseessä on perusrakenne, joka käsittää pengerr-, korkea pengerr-, leikkaus-, salaoja-, kaide- ja maalaatikkorakenneosat.



Kuvio 28: Esimerkkirakenne: 2pk_leikkaus_penger_kaide_maalaatikko_salaoja - riippuvuudet

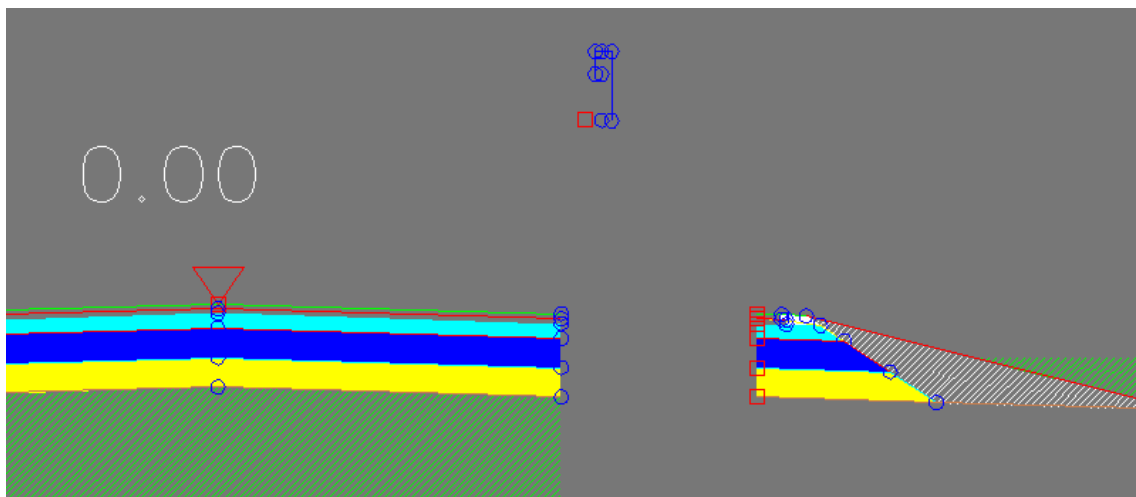
Tämä on perustilanteen rakennetyyppi, jota käyttäjä ohjaa riippuvuuksien ja kuvaajien avulla kunkin käyttötarpeen mukaan. Ajouradan runkorakenne kytketään ilman ehtoja aina. Rakenneluiskan alimman pisteen ollessa maanpinnan yläpuolella käytetään pengerrakennettä. Maanpinnan ja pisteen välin ollessa suuri käytetään korkean penkereen rakennettä. Vastaavasti pisteen ollessa maanpinnan alapuolella valittavana on joko leikkaus- tai maalaatikkorakenne.

Tarvittaessa mukaan voidaan kytkeä myös kaide ja/tai salaojakaivanto yksi- tai molemminpuolisena. Esimerkiksi kaide kytketään oletuksena ajoradan reunaviivaan, jolloin se seuraa mahdollisia päällysteen leveydenmuutoksia vakioetäisyydellä päällysteen reunasta.

Jokainen piste ja riippuvuus on nimetty käyttäen samaa nimeämisjärjestelmää, joten vastaavat elementit eri rakenneosien välillä löytyvät helpommin. Näin rakenneosien siirtely tyypeistä toiseen on pyritty tekemään mahdollisimman vaivattomaksi. Kaikkia riippuvuuksia - kuten ajoradan leveyttä, luiskien kaltevuuksia tai rakennekerrosten paksuuksia - voidaan ohjata kuvaajien avulla koko paaluvälillä. Koska nämä riippuvuudet on nimetty samoin jokaisessa rakenneosassa, myös muista tyypeistä kopioidut osat seuraavat samoja kuvaajia automaattisesti.

Kuviossa 29 on esillä rakenteen pinnat ja massamonikulmiot, joiden perusteella suoritetaan massalaskenta. Massamonikulmioita voidaan muodostaa kahden pinnan väliin tai vaihtoehtoisesti pisteiden rajaamalle alueelle. Pisteillä rajaamalla saadaan kätevimmin esimerkiksi piennarja luiskatäytteen massat määriteltyä. Pintojen välinen massa taasen näyttää vahvuutensa, kun määritellään sellaisia massoja, joita ei voi absoluuttisesti rakenteenmallintamisessa osoittaa.

Esimerkiksi päällysrakenteen ja maanpinnan välinen tilavuus – eli maapenkereen massamäärä – saadaan rajaamalla massamonikulmio päällysrakenteen alapinnan ja maanpinnan välille. Pintojen välisille monikulmioille saadaan asetettua myös rajapisteet sekä vasemmalle että oikealle puolelle, mikä on hyödyllistä, jos on tarpeen erotella esimerkiksi ajoradan ja kevyen liikenteen väylän massoja.

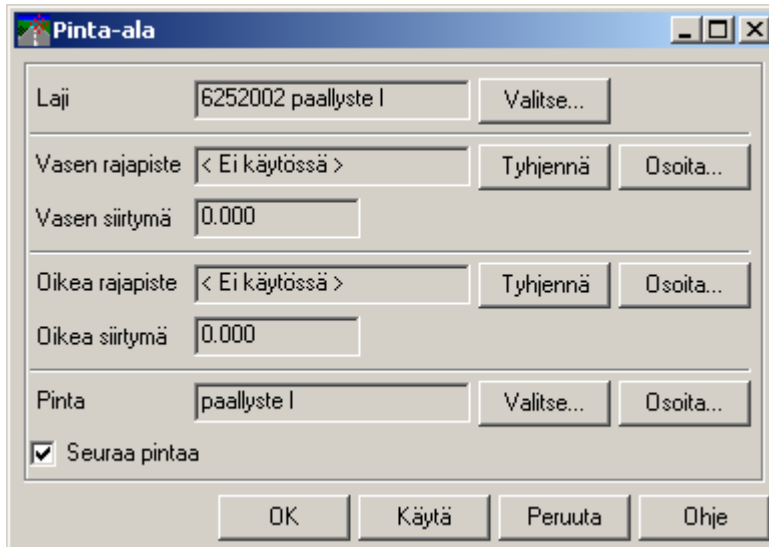


Kuvio 29: Esimerkkirakenteen pinnat ja massamonikulmiot

Myös pinta-aloja voidaan määritellä sekä pintoja seuraamaan, että pisteiden välille (kuvio 30). Tässä rakenteessa ja koko rakennetyyppikirjastossa oletusarvoisesti kahden päällystekerroksen pinta-alat on asetettu seuraamaan niille määriteltyjä pintoja. Ensimmäisen päällysteen jälkeen

jokainen uusi päällystekerros on levitetty 5 cm:n askelein molemmin puolin. Nämä levitykset on tehty jokaiseen rakenneosaan, jotta pinta-alat säilyvät realistisina.

Mikäli on tarvetta lisätä päällystyskerrosten määrää, se tehdään tapauskohtaisesti. Lisäkerrokset voidaan tehdä lisäämällä kerrosten reunapisteet ja asettamalla pinnat niiden välille, samalla kasvattaen päällysteen I paksuutta. Jokaiselle kerroslukumäärälle ei ole tässä mielekästä rakentaa omaa tyyppiä, sillä niiden määrä kasvaisi kohtuuttomasti ja kirjaston hallinta vaikeutuisi.



Kuvio 30: Pinta-alan määrittelyikkuna

5.3 Kirjaston käyttöperiaatteet

5.3.1 Kirjastorakenteet

Luodut rakennetyypit ovat perustilanteiden lähtökohtia, niitä yhdistelemällä ja muokkaamalla ne toimivat lähtötilanteeksi hankekohtaiselle suunnittelulle, mutta useisiin kohteisiin myös sellaiseen riippuvuuksia muokkaamalla tilannekohtaisesti. Tyyppejä voidaan käyttää myös yleis-suunnitelmavaiheessa eri ratkaisuvaihtoehtojen tarkastelussa, mutta pääosin tie- ja rakennus-suunnitelmavaiheen yksityiskohtaisempaan suunnitteluun. Luodut rakennetyypit ja niiden sisältämät rakenneosat ovat seuraavanlaiset:

2pk_leikkaus_penger_kaide_maalaatikko_salaoja

- Leikkausrakenne
- Pengerrakenne
- Maalaatikkorakenne
- Kaide (kytketään päällysteen reunaan)
- Salaoja (kytketään tilanteen mukaisesti).

2pk_levennys_leikkaus_penger_vasen_oikea

- Nykyisen tien leventämiseen
- Kytetään ajoradan keskiviivaan, sekä luotuun levennettyyn tien reunalinjaan
- Leikkausrakenne
- Pengerrakenne.

2pk_kalliroleikkaus_suoto-oja

- Kalliroleikkausrakenne
- Suoto-ojarakenne.

2pk_ramppi_leikkaus_penger_kaide(_vasen/oikea)

- Pääkytkentäpiste ajoradan toisessa
- Yksipuolinen kaltevuus
- Leikkausrakenne
- Pengerrakenne.

2pk_2ar_leikkaus_penger_kaide_maalaatikko_salaoja

- Kaksiajoratainen (moottoritie)rakenne keskikaistalla
- Mittalinja keskikaistan keskellä, molempien ajoratojen keskiviivan korkeudella
- Kuivatus keskikaistalle, ajoradat kallistettu yksipuoleisesti keskelle, paitsi päällystetty piennar avo-ojaan
- Leikkausrakenne
- Pengerrakenne
- Kaide (kytetään päällysteen reunaan)
- Maalaatikkorakenne
- Salaoja (tilanteen mukainen kytkentä).

2pk_leikkaus_penger_maalaatikko_korotettu_KLV(_oikea/vasen)

- Reunakivellä korotettu kevyenliikenteenväylä
- Oikea-/vasen-/molemminpuoleiset rakenteet omissa rakennetyypeissään
- Reunakiveyksen kiinnitys määritellään hankekohtaisesti
- Leikkausrakenne
- Pengerrakenne
- Maalaatikkorakenne.

2pk_leikkaus_penger_maalaatikko_erillinen_KLV(_oikea/vasen)

- Välikaistallinen kevyenliikenteenväylä
- Oikea-/vasen-/molemminpuoleiset rakenteet omissa rakennetyypeissään
- Leikkausrakenne

- Pengerrakenne
- Maalaatikkorakenne.

Yhteensä 12 kappaletta.

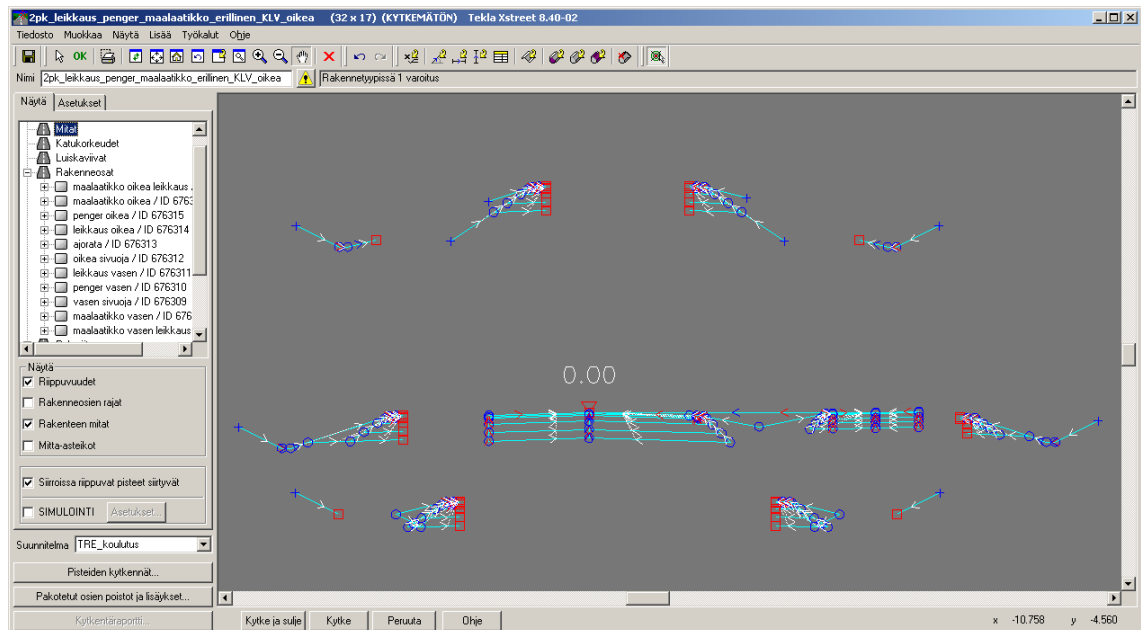
Jokaisessa rakennetyypissä on oletusrunkorakenteena ajorata-rakenne.

5.3.2 Nimeäminen

Jokainen rakennetyyppi on nimetty kuvaamaan perustilannettaan ja sitä, mitä rakenneosia siitä löytyy. Tyypillisesti nimeämisperiaate on seuraavanlainen:

2pk_leikkaus_penger_maalaatikko_erillinen_KLV_oikea (kuviossa 31)

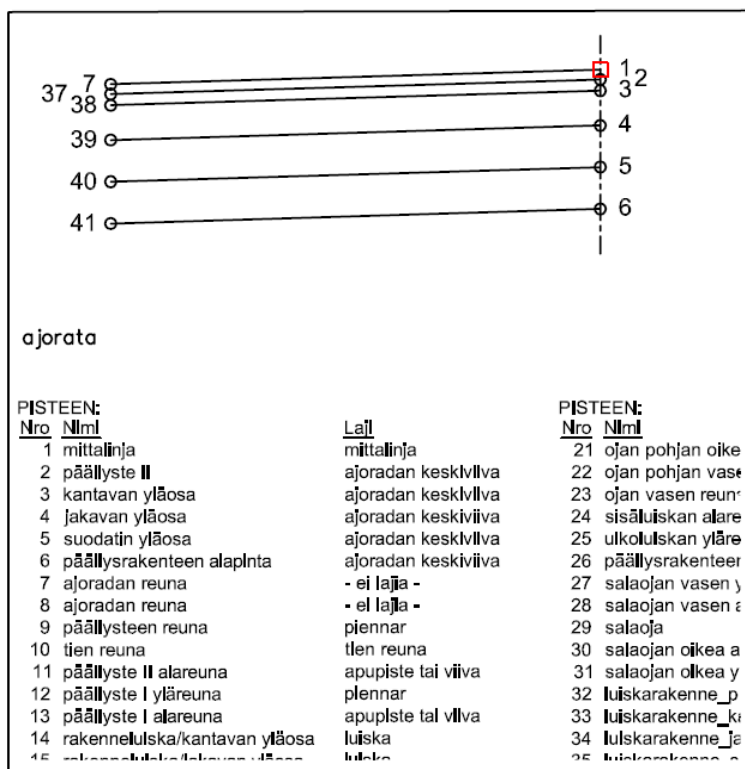
2pk	Rakenteellisten päällystekerroksien lukumäärä
leikkaus	Sisältää leikkausrakenteen
penger	Sisältää pengerrakenteen
maalaatikko	Sisältää maalaatikkorakenteen
erillinen_KLV	Sisältää erillisen kevyenliikenteenväylän rakenteen
oikea	Paalutussuunnassa oikeanpuolinen



Kuvio 31: 2pk_leikkaus_penger_maalaatikko_erillinen_KLV_oikea

5.3.3 Pisteet ja niiden nimeäminen

Pisteet ja niiden lajit on nimetty käyttäen liitteenä 1 olevaa taulukkoa. Pisteiden nimeämiselle on kehitetty perusperiaatteet (ote kuviossa 32), joiden mukaan yhtenäistetään luotavat rakennetyypit ja -osat. Näin ollen tietyn pisteen löytäminen itse rakenteesta yksinkertaistuu ja nopeutuu.



Kuvio 32: Pisteiden nimien ja lajien määrittelyperiaatteet. Katso koko taulukko liitteistä.

5.3.4 Riippuvuudet

Lähtökohtaisesti leveys- ja kaltevuusriippuvuudet on rakennettu Tiehallinnon teknisten ohjeiden mukaan, joten tapauskohtaisesti muiden muassa ajoradan ja pientareiden leveyksiä ja luiskien kaltevuutta tulee muokata tilanteen vaatimalla tavalla. Sellaisenaan rakenteet toimivat lähinnä lähtökohtana ja havainnollistavana tekijänä suunnitteluprosessin alkuvaiheessa.

Vastaavat riippuvuudet on nimetty samoin nimin, jotta rakenneosien vaihtuessa tai niitä toisista tyypeistä kopioitaessa esimerkiksi luiskien kaltevuusarvot ovat jatkuvia. Lähtökohtaisesti joidenkin kaltevuuksien ja leveyksien riippuvuusarvot on linkitetty toisiinsa molemminpuolisesti. Mikäli halutaan erikseen ohjata esimerkiksi kuvaajalla vain toispuoleista sorapientareen leveysriippuvuutta, tulee sen nimeä tarkentaa vastaamaan ko. puolta.

Rakennetyypeihin on oletuksena nimetty ne riippuvuudet, joita tavallisesti joudutaan muokkaamaan. Tällaisia arvoja ovat muiden muassa ajokaistojen leveydet, rakennekerrosten paksuudet ja luiskakaltevuudet. Muidenkin riippuvuuksien muokkaus toki onnistuu kohdassa 4.2.3

esitetyllä tavalla. Tilanteen mukaan näitä arvoja voidaan muuttaa portaittain, portaattomasti tai vaakageometrian elementtejä hyväksi käyttäen erillisten linjojen avulla.

Rakenteissa on seuraavat nimetyt oletusriippuvuudet:

- ajokaista oikea
- ajokaista vasen
- qo (oikean kaistan sivukaltevuus)
- qv (vasemman kaistan sivukaltevuus)
- päällyste I paksuus
- päällyste II paksuus
- kantavan paksuus
- jakavan paksuus
- suodatin paksuus
- rakenneluiskan kaltevuus oikea
- rakenneluiskan kaltevuus vasen
- sisäluiskan kaltevuus oikea
- sisäluiskan kaltevuus vasen
- ulkoluiskan kaltevuus oikea
- ulkoluiskan kaltevuus vasen
- ojan pohjan leveys oikea
- ojan pohjan leveys vasen
- päällystetyn pient leveys oikea¹
- päällystetyn pient leveys vasen¹
- sorapientareen leveys oikea¹
- sorapientareen leveys vasen¹
- kork sorapient leveys oikea
- kork sorapient leveys vasen
- sorapientareen kaltevuus oikea¹
- sorapientareen kaltevuus vasen¹
- kork sorapient leveys oikea.

Välikaistallisissa rakenteissa:

- v_välikaistan kaltevuus vasen
- v_välikaistan kaltevuus oikea
- o_välikaistan kaltevuus vasen
- o_välikaistan kaltevuus oikea.

Lisäksi KLV:n sisältävissä rakenteissa:

- jk+pp-tie qo
- jk+pp-tie qv
- o_pp leveys
- o_jk leveys
- v_pp leveys
- v_jk leveys
- jk+pp_päälyste I paksuus oikea
- jk+pp_kantavan paksuus oikea
- jk+pp_jakavan paksuus oikea
- jk+pp_suodatin paksuus oikea
- jk+pp_päälyste I paksuus vasen
- jk+pp_kantavan paksuus vasen
- jk+pp_jakavan paksuus vasen
- jk+pp_suodatin paksuus vasen.

1 = Koskee vain ajoradan pientareita, KLV:n pientareiden ohjaamiseksi niille tulee asettaa yksilölliset nimet

Mikäli samankaltaisia rakenteita on tyypissä useampia, kuten molemminpuolisessa KLV-rakenteessa on kaksi kevyenliikenteenväylää, erotetaan ne toisistaan etuliitteellä o_ tai v_ (pää-lutussuunnassa oikean tai vasemmanpuoleinen).

5.3.5 Rakenneosat

Rakenneosat on jaoteltu tyypeihin sen mukaan, kun niitä tyypillisesti käytetään. Niiden uudelleensijoittelu ja kopiointi toisiin rakennetyyppeihin onnistuu kuitenkin vaivattomasti, ja usein näin täytyykin toimia. Esimerkiksi, jos käytetään pääasiallisena rakenteena korotetun kevyen liikenteen väylän rakennetyyppiä, voidaan rakenteeseen kopioida vaikkapa salaoja ja kaide perus leikkaus/penger –rakenteesta.

5.3.6 Pinta-alat

Pinta-aloiksi rakenteissa on vakiona määriteltä päälystekerrokset sekä luiskien nurmetukset. Pinta-alat on määriteltä seuraamaan ko. rakenteille rakennettuja pintoja. Jos pinta-alat jatkuvat ehdollisten rakenneosien välillä, niitä ei voi määrittellä kahden pisteen välisinä, vaan on käytettävä ”seuraa pintaa” –toimintoa. Pinta-aloina määritellään kaikki ne rakenneosat, joiden hinta määräytyy pinta-alaperusteisesti, kuten esimerkiksi päälyste ja nurmiverho.

5.3.7 Massat

Rakenteiden massat on määritelty kahden pinnan tilavuudella. avulla. Tietyt massat on toisaalta määritelty massamonikulmioiden avulla (esimerkiksi piennartäyte, joka ei selkeästi muodosta kahden pinnan välistä tilavuutta). Myös mikäli pinta jatkuu ehdollisesta rakenneosasta toiselle, pintojen välistä tilavuutta ei voida käyttää. Tällöin joudutaan turvautumaan monikulmioihin, ja erityistä huomiota tulee kiinnittää niiden sijoittumiseen ja todenperäisyyteen. Leikkausmassat on määritelty erillisellä Leikkausmassa -toiminnolla, joka erottelee tarvittavat maa- ja kalliroleikkaukset päällysrakenteen alapinnan ja maanpinnan väliltä.

6 Loppupäätelmät ja jatkotoimenpiteet

Xstreet on monipuolinen alusta joustavalle rakenteiden suunnittelulle. Sen toimintamalli antaa mahdollisuudet monimutkaisempienkin rakennetyyppien toteuttamiselle ja niiden hallinnalle. Omat haasteensa tosin antaa muista alan ohjelmistoista poiketen erilainen käyttöliittymä, jonka käsittelyyn toisinaan kuuluu ehkä hieman turhankin runsaasti aikaa.

Rakennetyyppikirjaston tuottaminen helpoksi, selkeäksi ja miellyttäväksi käyttää on hankala projekti. Eri suunnittelijoilla on omat käsityksensä siitä, miten tiettyjä rakenteita kannattaa rakentaa, eikä kaikkien tottumusten miellyttäminen tässä suhteessakaan varmasti suju ongelmitta. Mikäli kirjasto on kuitenkin selkeästi jäsennelty, helppo sisäistää ja rakennetyypit toimivia, käyttäjiä varmasti löytyy. Kyseessä on kuitenkin niin suunnittelijan omaa työtä kuin koko yrityksen toimintaa helpottava tekijä, joka oikein toteutettuna tehostaa työtä ja tulosta. Sen tehtävänä ei ole poistaa työvaiheita, vaan helpottaa useita niistä, mukaan lukien niin yleissuunnitelmavaiheen karkeat luonnokset kuin rakennussuunnitelman hyvin yksityiskohtaiset suunnitelmat.

Muunneltavuutensa ansiosta se soveltuu myös lähtökohdaksi erikoisempienkin rakenteiden suunnittelulle. Suunnitteluperiaatteiden yhtenäistämisen myötä niiden muokkailtavuus ja uusien rakenteiden luonti helpottuu ja samalla suunnittelijoiden välinen toiminta selkeytyy. Samoin helpottuu eri kirjaston ja sen ulkopuolisten rakennetyyppien välinen rakenneosien yhdistely.

Kirjaston tuomat varsinaiset konkreettiset edut ilmenevät sen käyttöönoton myötä. Sen tehokas käyttö ei liene itsestäänselvyys, vaan vaatii tietynlaisen toimintatavan. Suunnittelijoiden omat tottumukset ja käsitykset rakenteiden suunnittelusta voi olla eriävät, mutta pääperiaatteiltaan kuitenkin samankaltaiset. Kirjaston joustavuus kuitenkin tuo omat etunsa erilaisille suunnittelijoille. Sitä voidaan käyttää sellaisenaan, tai siitä voidaan poimia tarpeelliset osat omaan käyttöön. Pääpainona kuitenkin tulisi pitää yhtenäisen rakenteiden suunnittelun kehittämistä, mikä tehostaa työtulosta ja minimoi ylimääräisiä ja toistuvia työvaiheita. Rakennetyyppikirjasto toimii sille edullisena lähtökohtana.

Lähteet

Liikenne- ja viestintäministeriö 2009, Liikennepolitiikka [online] [viitattu 14.4.2009].

<http://www.lvm.fi/web/fi/liikennepolitiikka>

Tiehallinto 2006, Toimintastrategia 2006 [online] [viitattu 2.4.2009].

http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=71&_dad=julia&_schema=PORTAL30&menu=4722&_pageid=71&kieli=fi&linkki=7473&julkaisu=3039

Tiehallinto 2006, Tiehankkeiden suunnitelmien käsittelyohje. Helsinki: Edita Prima Oy.

Valtion säädöstietopankki, Laki Tiehallinnosta 16.6.2000/568 [online] [viitattu 2.4.2009].

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000568>

Valtion säädöstietopankki, Maantielaki 23.6.2005/503 [online] [viitattu 8.4.2009].

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503>

Valtion säädöstietopankki, Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 [online]

[viitattu 8.4.2009]. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Tie- ja vesirakennushallitus, TVL:n ohjeet teiden suunnittelusta osat A ja B.

Pekka Kilpeläinen, Kalervo Nevala, Pirkka Tukeva, Leila Rannanjärvi, Tuomo Näyhä & Tommi Parkkila 2004. Älykäs tietyömaa: Tienrakennuskoneiden modulaarinen ohjaus. Espoo: VTT.

Tekla Oy 2009, Tuotteet: Xstreet [online]. <http://www.tekla.com/fi/products/tekla-xstreet/Pages/Default.aspx>

Liitteet

Liite 1: Pisteiden nimeäminen ja lajit (S. Snellman 2009)

