



RAUTATIERUMMUN RAKENTAMIS- SUUNNITELMAN LAATIMINEN

Ohje suunnitteluun

Pasi Kvist

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

KVIST, PASI:

Rautatierummun rakentamissuunnitelman laatiminen
Ohje suunnitteluun

Opinnäytetyö 45 sivua
Toukokuu 2014

Tämä opinnäytetyö käsitteli uusien rumpurakenteiden rakentamissuunnittelua kuivatuk-
sen osa-alueena Suomen rautatieympäristössä. Rautatierumpu on vapaalta aukoltaan
maksimissaan kaksimetrisen rakenne, jolla vesiuoma alittaa rautatien.

Raportissa esitellään rumpujen rakentamissuunnittelun eteneminen, erilaisia rakenta-
mismenetelmiä ja rumpumateriaaleja suunnittelijan näkökulmasta rumpuja uusittaessa
sekä rakentamissuunnitelmat konkreettisena kokonaisuutena. Tavoitteena oli yhtenäis-
tää olemassa olevia ohjeita ja asetettuja vaatimuksia sekä laatia aiheesta suunnittelua
aloittelevalle tai muuten kiinnostuneelle mahdollisimman kattava ohje.

Suunnittelua aloitettaessa kuivatusta on ajateltava kokonaisuutena yksittäisen rumpu-
kohteen sijasta. Tämän vuoksi ohjeessakin lähdetään siitä, että rautatierummut ovat osa
kokonaisuutta. Kun kokonaisuus on hahmotettu, voidaan siirtyä konkreettisempiin va-
lintoihin sopivan rakentamismenetelmän ja valittavan materiaalin suhteen. Vasta lopuk-
si päästään varsinaisten suunnitelmien laatimiseen, mikä on enää tekninen suoritus koko
prosessin toteutusta ajatellen.

Vaikka itse työ tehtiin oikean suunnitteluprojektin yhteydessä yhteistyössä ammattitai-
toisten ja kokeneiden suunnittelijoiden kanssa, ohje tehtiin yleiseen muotoon jatkokäy-
tön sujuvuutta ajatellen. Näin sitä voidaan käyttää suunnittelun tukena rautatierumpujen
rakentamissuunnitelmia laadittaessa vähintään siihen asti, kun työssä viitatut ohjeet ja
vaatimukset ovat voimassa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Option of Civil Engineering

KVIST, PASI:
Construction Plan for a Railway Culvert
Instructions for Planning

Bachelor's thesis 45 pages
May 2014

The purpose of this thesis was to present the construction planning of new railway culverts as a part of a drainage system in Finnish railway environment. A railway culvert is a structure with a clearance width of two meters or under with which a drainage ditch is derived to undercut a railway.

This thesis outlines the process of producing the construction plans, shows different construction methods and culvert materials from the designer's point of view and introduces the actual construction plans. The goal was to unify the existing guidelines and requirements and compile a comprehensive guide for new designers and others commonly interested of the subject.

In the beginning of drainage planning process instead of focusing on a single item designer must be familiar with the entity. As a result this thesis aims to follow the principle that railway culvert is a part of an entity as well. After outlining the former designer can proceed to focus on more practical matters as considering alternatives for a working construction method or a suitable material for the culvert. The actual production of the plans comes last but considering the whole process it is not more than a technical accomplishment in the end.

The process of this thesis was related to an actual designing project collaborated with skilled and experienced designers. Instead of presenting the actual project it was decided that the thesis is made to a general form for further more fluent use. In this manner it can be used as a common guidebook when designing a railway culvert as long as the referenced guidelines and requirements are valid.

Key words: railway culvert, construction plan, planning, drainage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	RADAN KUIVATUS	6
2.1	Tavoitteet	6
2.2	Pinta- ja syväkuivatus	7
3	RUMMUT RATAYMPÄRISTÖSSÄ.....	9
3.1	Yleistä	9
3.2	Noudatettavat ohjeet	11
3.3	Betoniputkirummut.....	12
3.4	Teräspuutkirummut.....	14
3.5	Sijoittaminen.....	15
3.6	Perustaminen ja täyttö.....	16
3.7	Valmis rakenne ja kelpoisuuden osoittaminen	19
3.8	Sivuoja- ja huoltotierummut	20
4	RAKENTAMIS- JA UUSIMISMENETELMÄT	22
4.1	Aukikaivu.....	22
4.2	Tunkkaus ja poraus	24
5	KORJAUSMENETELMÄT	27
5.1	Putken asentaminen vanhan rummun sisään	27
5.2	Nykyisen rummun jatkaminen.....	28
6	SUUNNITTELUSSA KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT	30
6.1	3D-Win	30
6.2	AutoCAD Map 3D.....	30
6.3	Novapoint.....	31
6.4	MathCAD.....	32
7	RAKENTAMISSUUNNITTELUN VAIHEET.....	33
7.1	Esitiedot yleisesti	33
7.2	Aukkolausunnot	34
7.3	Maaperätutkimukset.....	35
7.4	Suunnitelmien laatiminen	36
8	RAKENTAMISSUUNNITELMAT	39
8.1	Piirustukset.....	39
8.2	Työselostus	41
8.3	Määrälaskenta ja kustannusarvio	42
8.4	Tarkemittaus ja toteumapiirustukset.....	42
9	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET.....	45

1 JOHDANTO

Kuivatusasiat jäävät yhdyskuntasuunnittelussa helposti vähälle huomiolle ja monesti niiden ajatellaan toteutuvan muun suunnittelun ohessa. Kuivatussuunnittelu kokonaisuutena on kuitenkin merkitykseltään suuri osa rakenteen pitkäaikaista kestävyyttä ja huoltovapautta ajateltaessa.

Rataympäristöä suunniteltaessa rakenteen kuivatuksen merkitys on todella suuri ja tulevaisuudessa vielä korostuu sallittua akselipainoa ja nopeutta nostettaessa. Nykyisistä rakenteista vanhat kivirummut alkavat olla käyttöikänsä tiensä päässä ja monet niistä lisäksi toiminnallisten puutteidensa vuoksi välittömän uusimistarpeen alla.

Radan kuivatuksen osana käytettävät rummut tehdään nykyisin vain betoni- ja teräsputkista. Vanhoja kivrumpuja on kuitenkin käytössä vielä paljon ja osa on jopa suhteellisen hyvässä kunnossa, joten ne ovat konkreettinen osa myös uusien rumpujen suunnittelua. Vanha rumpu tulee ottaa huomioon aina sitä uusittaessa tai uutta erikseen rakennettaessa.

Uusimismenetelmistä työssä esitellään aukikaivu sekä tunkkaus ja poraus ja korjausrakentamiseen liittyen uuden putken asentaminen nykyisen rummun sisään ja betoni- sekä teräsputkirumpujen jatkaminen. Korjausmenetelmiä käytetään loppujen lopuksi melko harvoin, sillä uusimalla koko rakenne siitä saadaan varmemmin yhtenäinen ja toimiva. Ne on kuitenkin hyvä esitellä vaihtoehtoina uusimiselle, sillä pienissä yksittäisissä ja vähäliikenteisissä kohteissa menetelmät voivat olla jopa uusimista parempi ratkaisu kokonaisuuden kannalta, varsinkin kustannusmielessä. Vanhoja kivrumpuja ei enää pääsääntöisesti korjata tai jatketa, joten korjaustoimenpiteet ja -menetelmät on niiltä osin rajattu pois työstä.

Suunnittelutyössä tehdään asiakkaalle tuotetta ja se toimii periaatteena tässä työssä julkaistavan materiaalin osalta. Tämän vuoksi varsinaiset rakentamissuunnitelma-asiakirjat esitellään vain periaatteellisina. Esimerkit ja kuvat pyrkivät olemaan mahdollisimman neutraaleja ja niiden on tarkoitus vain havainnollistaa esiteltävää asiaa.

2 RADAN KUIVATUS

2.1 Tavoitteet

Ympäristöä rakennettaessa huonosti suunniteltu vedenkulun hallinta kostautuisi jo rakennusvaiheessa ja tulisi varmasti vastaan käyttöaikana ylimääräisinä rakenteen huolto-
toinä. Suomen olosuhteissa tähän on kiinnitettävä erityistä huomiota sääolosuhteiden vaihtelevuuden vuoksi. Ratarakenteessa vakavuus ja muuttumattomuus ovat avaintekijöitä suuren nopeuden ja kuormien vallitessa, ja vesi elementtinä vaikuttaa edellä mainittuihin ominaisuuksiin merkittävästi. Kuivatuksen periaatteena pidetäänkin, että rata-
rakenne ei missään olosuhteissa saa padottaa eli kerryttää vettä penkereeseen tai sen välittömään läheisyyteen.

Radan alusrakenteeseen päässyt vesi heikentää rakenteen kantavuutta ja mahdollistaa routimisen. Radan toiminnalle haitallinen vesi on poistettava sekä rakennekerroksista että radan lähiympäristöstä ja mahdollinen rakenteen läpi virtaava haitallinen veden virtaus on estettävä tai ohjattava läpi hallitusti. (InfraRYL 2012 Kuivatusrakenne, 1.)

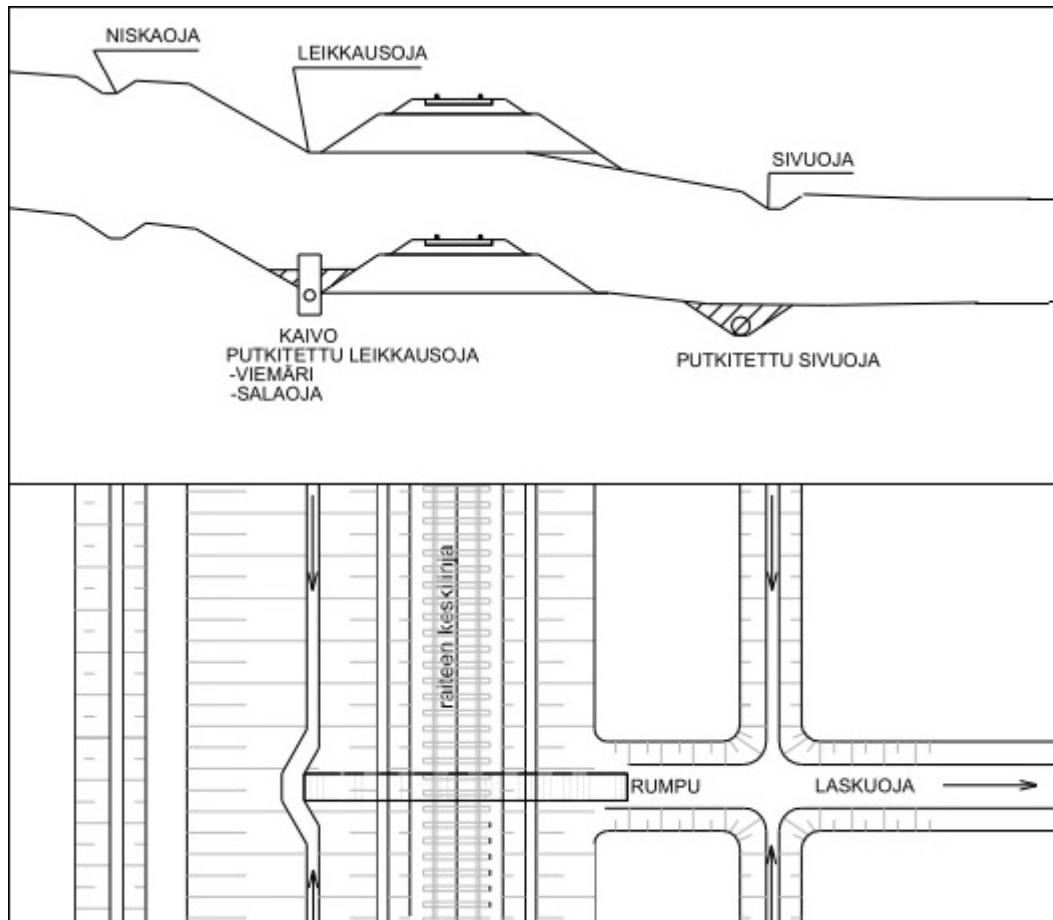
Kuivatusjärjestelmä on toteutettava niin, että sekä rakennettavalla alueella että sen vaikutuspiirissä kuivatus toimii vähintään samalla tehokkuudella kuin ennen rakentamista. Edellä mainittujen alueiden kuivatuksen toimivuuteen mahdollisia vaikutuksia on seurattava katselmuksin ennen töiden aloittamista, tarvittaessa töiden aikana sekä työn valmistumisen jälkeen. (InfraRYL 2012 Kuivatusrakenne, 1.)

Kuivatussuunnittelu on osa ratarakenteen suunnittelua. Kuivatusta suunniteltaessa onkin jo alkuvaiheesta asti ajateltava kokonaisuutena, jotta mahdolliset risteävyydet suunnitelmissa tulevat selvitettyä riittävän ajoissa. Kokonaisuuden hahmottaminen on myös tärkeää koko vaikutusalueen kuivatuksen toimivuuden varmistamiseksi. Rummun tehtävä ei ole vain johtaa vesiä rautatien puolelta toiselle vaan taata, että koko alueella vedet kulkevat luontevasti eivätkä haittaa siinä ohessa ratarakenteen toimivuutta.

Rata-alueen kuivatuksen suunnittelun olennaisia elementtejä ovat pintakuivatus eli pintamateriaalien valinta sekä erilaiset avo-ojat ja niiden kaatojen hallinta, ja syväkuivatus eli rakennekerros-
materiaalien valinta sekä sala- ja suoto-ojat.

2.2 Pinta- ja syväkuivatus

Rataympäristössä pintakuivatuksella tarkoitetaan radan ja rata-alueen pintavesien keräämistä ja poisjohtamista. Käytännössä kerääminen ja poisjohtaminen pyritään hoitamaan sivu-, leikkaus-, niska- ja laskuojilla sekä rummuilla (kuva 1), joiden avulla vesi johdetaan ratarakenteen ali tarvittaessa.

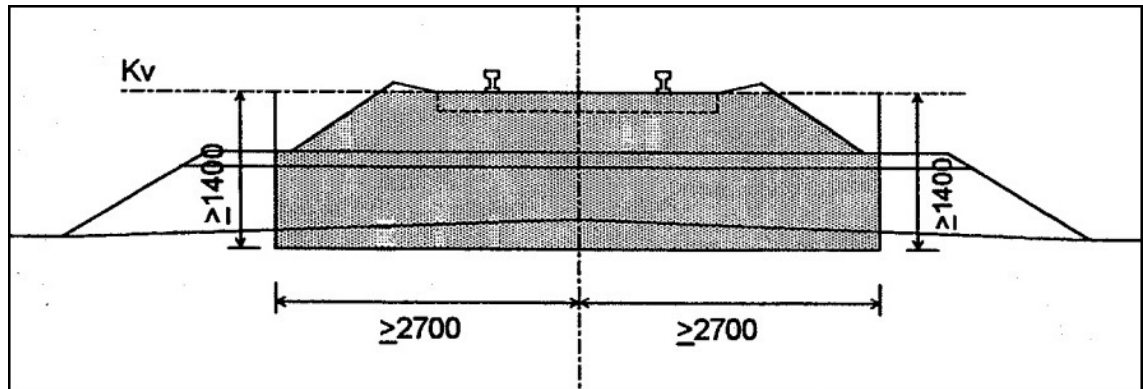


KUVA 1. Periaatepiirros pintakuivatuksen menetelmistä

Pintakuivatuksen avulla saadaan rakenteen ja maan pintaan kertyvä vesi poistettua sivu- ja leikkauksiin ja näin estetään veden kulkeutuminen haitallisesti rakenteen läpi (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 10).

Syväkuivatuksella rataympäristössä tarkoitetaan radan rakennekerroksen kuivatusta. Suunnitteluvalinnoilla on tarkoitus pitää rakenne mahdollisimman kuivana, jotta vesi ei pääse heikentämään rakenteen kantavuutta eikä haitallista routimista pääse syntymään. Syväkuivatuksen menetelmiä mietittäessä on muistettava, että ratarakenteille on määritetty ns. kuivatusrakenteista vapaa alue, joka on havainnollistettu kuvassa 2. Rakenteet

on sijoitettava alueen ulkopuolelle, mikä tulee ottaa huomioon myös tietysti rummun sijoittamista pohdittaessa.



KUVA 2. Kuivatusrakenteista vapaa alue ratarakenteessa (Kuivatustyöt 1999, 18)

Alueella tarkoitetaan sitä osaa rakenteesta, mihin ei saa sijoittaa mitään kuivatusrakenteita. Vähemmällä peittosyvyydellä rakenteet voisivat vaurioitua tai kokonaisuutta ajatellen jopa penkereen ominaisuudet heikentyä.

Syväkuivatuksen ongelma ei suoraan ole veden pääseminen rakenteeseen, vaan että veden on päästävä sieltä pois. Tämä hoidetaan yleensä salaojien tai radan poikkisuuntaisten suoto-ojien avulla. ”Syvät avo-ojat ovat riittävä menetelmä syväkuivatukseseen ainoastaan kun maalaji on karkearakeista – – ” (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 10). Veden luontaiseen siirtymiseen ja avo-ojien hyödyntämiseen syväkuivatuksessa yleensä pyritään, mutta tästä joudutaan joskus tinkimään esimerkiksi maisemallisten ja ympäristöllisten syiden takia.

Suunniteltaessa ratarakennetta yleensä päädytään kustannustehokkaaseen kokonaisratkaisuun, joten rakennemateriaalit eivät aina ole parhaita tarkoitukseen sopivia vaihtoehtoja syväkuivatuksen kannalta. Varsinkin hienorakeisilla maalajeilla ojien luiskat joudutaan usein rakentamaan niin loiviksi, että niiden käyttö rajoittuu ahtailla paikoilla.

3 RUMMUT RATAYMPÄRISTÖSSÄ

3.1 Yleistä

Radan alitukseen vesiuomien yhteydessä käytetään rautatierumpuja. ”Rautatierummulla tarkoitetaan rautatien alittavaa silta- tai putkimaista rakennetta, jonka vapaa aukko on ≤ 2 m.” (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 9). Rakenteen avulla rata ylittää vesiuoman, joka useimmissa tapauksissa on laskuoja.

Kivirumpuja on rakennettu radan rakentamisen yhteydessä jo 1800-luvun lopulla ja useimmat näistä ovat kivistä ladottuja holvirakenteita (Wuorenjuuri 2012, 6), kuten esimerkkirakenne kuvassa 3.



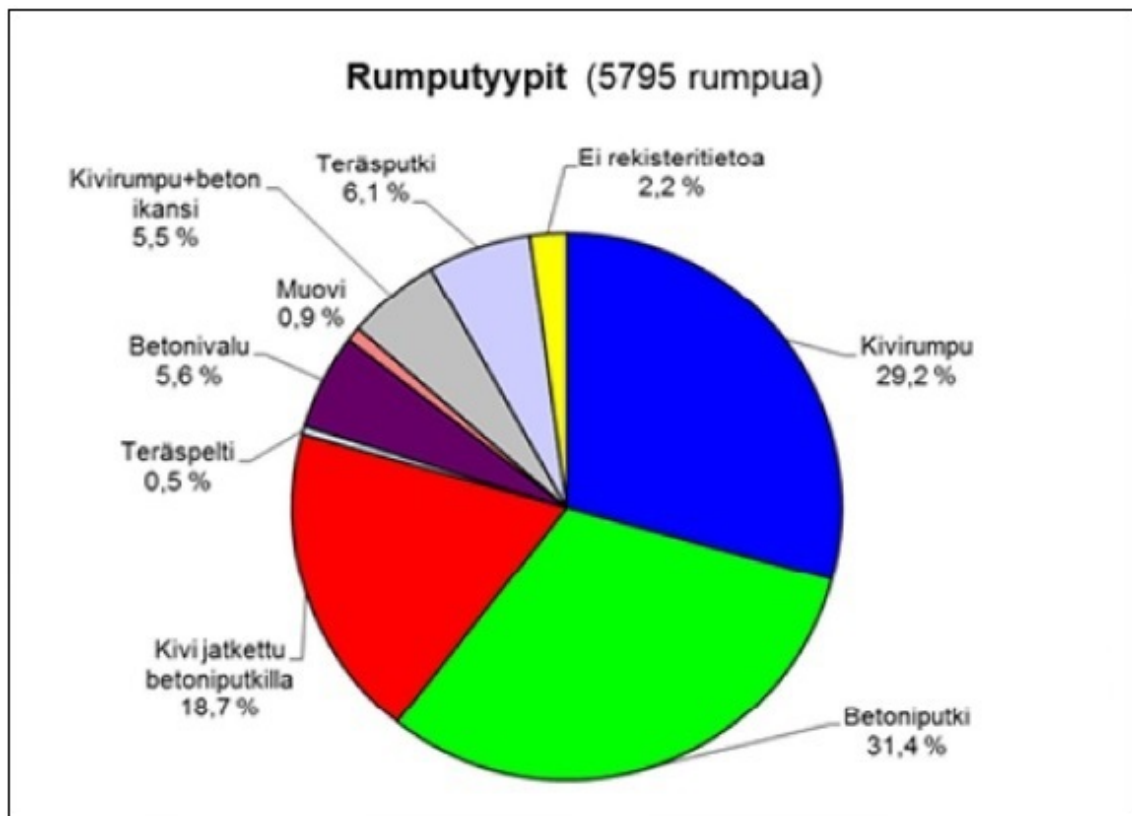
KUVA 3. Holvirakenteinen kivirumpu toiminnassa (Kuva: Tuomo Passi 2011)

Kivirumpu ei ole kovin tiivis rakenne, joten jos vanhoja saumoja ei ole korjattu, vesi pääsee tunkeutumaan kivien saumakohtiin. Kivien puristuslujuus eli kantavuus on kuitenkin hyvä, minkä takia rakenteet ovat kestäneet monilta osin tähän asti. Joissain tilan-

teissa kivet ovat liikkuneet routimisen ja liikenteen aiheuttaman värinän vaikutuksesta ja pahimmassa tapauksessa päässeet sortumaan. Rumpujen tämän hetkiseen yli sadan vuoden käytön jälkeiseen kuntoon vaikuttavat olennaisesti rakennustapa ja -aika, maasto-olosuhteet ja liikenteen aiheuttaman rasituksen määrä. (Wuorenjuuri 2012, 6.)

Betonirakenteiseksi rumpuja rakennettiin vasta 1920-luvulta lähtien. Putkirakenteita on aloitettu käyttämään 1960-luvulta lähtien ensin betonisina ja 1980-luvulta myös teräksinä. (Wuorenjuuri 2012, 6.) Huomioitavaa on, että 1950-luvulle tultaessa Suomen nykyisen rataverkon pituudesta oli jo rakennettu n. 80 %, joten pääosin rummut tähän mennessä olivat kivirakenteisia (Suomen rautatietilasto 2013, 51).

Rummuista on olemassa tietokantapohjainen rekisteri, jossa vuonna 2012 oli tiedot noin 5800 rummusta. Rummut voidaan jakaa erityyppisiksi mm. materiaalin mukaan. Kuvassa 4 näkyy rumputyyppien jakauma valtakunnallisesti. (Wuorenjuuri 2012, 5.)



KUVA 4. Rumputyyppijakauma Suomessa (Wuorenjuuri 2012, 5)

Yli puolet rummuista on siis edelleen pelkistä kivistä, betoniputkilla jatkettuja - tai betonikannellisia kivirumpuja. Rummut ovat kuitenkin pääosin vanhoja ja ne tullaankin uusimaan tulevaisuudessa betoni- tai teräsputkiksi.

2000-luvun alusta lähtien rumpuja on uusittu tai rakennettu noin 500. Rumpujen ikään-
tymisellä on suuri merkitys, kun rataa perusparannetaan ja liikenteen asettamat vaati-
mukset muuttuvat. Vanhoja rumpuja ei ole mitoitettu kestäämään nykyisiä nopeuksia tai
akselipainoja. Suurin osa vanhoista kivirummuista on itse asiassa rakennettu ilman min-
käänlaisia suunnitelmia ja näin ollen niiden kantavuudesta ei voida olla varmoja. Myös
osa tuoreemmista betonirummuista on alimitoitettu joko kantavuutensa tai pituutensa
puolesta, jolloin niitä joudutaan jatkamaan tai yleensä uusimaan yhtä lailla. (Wuoren-
juuri 2012, 4–6.)

Radan rakenteet suunnitellaan nykyään sadan vuoden käyttöiälle, ellei hankkeen suun-
nitteluperusteissa muuta esitetä (Ratatekniset ohjeet 2008, 22). Rumpua suunnitellessa
tämä tulee huomioida materiaalia ja kokoa valittaessa, sillä rummun tulisi kestää sama
aika kuin ratarakenteen. Jos materiaalivalinta ei täytä sadan vuoden vaatimusta, rumpu
on suunniteltava aukkokooltaan isommaksi niin, että se on myöhemmin uusittavissa
pengertä purkamatta (Passi 2014).

Suunnittelun kannalta merkityksellisiä materiaaleja ovat kivi, betoni sekä teräs. Kivi-
rumpuja ei enää rakenneta ja kivi onkin materiaalina merkityksellinen lähinnä purku- ja
korjaustoimenpiteitä ajatellen sekä tietysti nostalgisessa mielessä. Muutoin materiaaleis-
ta esim. muovia saa käyttää vain radan sivuoja- ja huoltotierummuissa, joista kerrotaan
tarkemmin kappaleessa *3.8 Sivuoja- ja huoltotierummut*.

3.2 Noudatettavat ohjeet

Kappaleissa 3.3–3.8 esitettävät ohjeet ja arvot ovat Suomessa rakennettavia ja uusittavia
rumpuja varten asetettuja vähimmäisvaatimuksia. Kohdekohtainen suunnittelu on
yleensä vaativampaa ja tarkempaa, joten edellä mainittavat vaatimukset tulee ottaa
huomioon aina. Seuraavassa luettelo julkaistuista ohjeista, jotka tulee olla läpikäytynä
ainakin rumpujen osalta sekä hyvä huomioida suunnittelussa:

- Liikenneviraston ohjeita
 - 5/2013: Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu
 - 14/2012: Ratatekniset piirustusohjeet
 - 18/2011: Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohjeet
- Rakennustiedon InfraRYL 2012 -laatuvaatimusjärjestelmä

- Ratahallintokeskuksen julkaisuja:
 - 2008 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne
 - 2008 Radan suunnitteluohje B 20
 - 2006 Rumpujen korjausohje (RUMKO)
 - 1999 Rautatien maanrakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL) osa 4 Kuivatustyöt

Lisäykset ja tarkennukset ohjeistuksiin esitetään erikseen hankekohtaisissa suunnitteluperusteissa sekä tarvittaessa kohdekohtaisissa tuotevaatimuksissa.

Tilaaaja määrittää suunnittelua aloitettaessa kohteelle suunnitteluperusteet riittävällä tarkkuudella. Suunnitteluperusteet ohittavat edellä luetteloidut ohjeet ja niillä myös tarkennetaan ohjeissa annettuja vaatimuksia. Suunnitteluperusteita päivitetään tarvittaessa rakentamissuunnittelun aikana (Radan suunnitteluohje 2008, 65).

Tuotevaatimukset ovat myös tilaajan määrittämiä ja ne yhtäläisillä ohittavat edellä luetteloidut ohjeet. Tuotevaatimuksilla vielä rajataan ja tarkennetaan rakennettavan kohteen vaihtoehtoja. Esimerkkinä voidaan mainita rummuille asetettavat tuotevaatimukset, joissa esitetään tarkennukset toimenpiteille, junaliikenteen vaatimuksille, käyttöiälle, materiaaleille sekä asentamistavalle. Tuotevaatimusten lisäksi kohdekohtaisesti on otettava huomioon rumpu- tai aukkolausunto, joka esitellään tarkemmin kohdassa *7.2 Aukkolausunnot*.

3.3 Betoniputkirummut

Betoniputkirummut ovat elementteinä valettuja renkaita tai pidempiä putkia, jotka asennetaan rakennuskohteessa. Betoniputkia on saatavana erimuotoisina, mutta rataympäristössä käytetään pyöreitä (kuva 5).



KUVA 5. Pyöreä betoniputkirumpu asennettuna (Kuva: Tuomo Passi 2012)

Betoniputkielementtejä valmistetaan eri halkaisijoilla 200 mm:n ja 2000 mm:n väliltä, mutta käytännössä alle 800 mm:n putkea ei käytetä radan alitukseen. Pituudeltaan putkielementit ovat 500–2250 mm putken halkaisijasta riippuen.

”Betoniputkina käytetään julkaisun *Betoniputkinormit* mukaisia, pyöreitä tai jalallisia kumitiivisteputkia.” (InfraRYL 2012 Rummut, 17). Käytännössä jalallisia ei kuitenkaan nykyään käytetä. Ratarakenteissa noudatetaan lisäksi oheisen taulukon 1 ohjearvoja betonisen rummun ominaisuuksista.

TAULUKKO 1. Betonisen rautatierummun ominaisuudet (InfraRYL 2012 Rummut, 18)

	Ratarumpu	Sivuojarumpu
Materiaali	EK-järjestelmä	EK-järjestelmä
Lujuusluokka	Dr	Br, Dr
Sisähalkaisija	≥ 800 mm	≥ 600 mm
EK = esiasennettu kiintotiiviste		

Betoniputkien lujuusluokkia on kolme; *B*, *Br* ja *Dr*. *Br*- ja *Dr*-luokan putket ovat raudoitettuja ja *B*-luokan ilman raudoitusta. *Dr* on luokista lujin vaihtoehto, minkä vuoksi sitä vaaditaan käytettäväksi rautatierummuissa. Sivuojarummulle voidaan valita myös luo-

kan *Br* putki, mutta rataympäristössä raudoittamattomia putkia ei käytetä. ”EK” tarkoittaa esiasennettua kumitiivistettä, jolla taataan liitoksen tiiviys.

Betoniputkielementissä toinen pää on uros- ja toinen naarasmuhvilla, joten putkien liittäminen onnistuu tiiviillä liitoksella. Betoniputket asennetaan urosmuhvi alajuoksun suuntaan, josta asennus myös aloitetaan (InfraRYL 2012 Rummut, 18).

3.4 Teräspuokirummut

Teräspuokirummut ovat vaativiin olosuhteisiin otollisempi valinta. Esimerkiksi pehmeiköillä, joilla pohjamaan muodonmuutokset ovat suuria, yhtenäisenä asennettava teräspuoki on varmempi vaihtoehto.

Nykyrakennusmenetelmin teräspuokit voidaan tunkata tai porata penkerein läpi pysäyttämättä junaliikennettä ollenkaan. Ne ovat myös aukikaivussa (kuva 6) nopeampi asentaa, minkä vuoksi junaliikenteelle koituva haitta saadaan niiden kanssa minimoitua.



KUVA 6. Teräspuokirumpu pengeri aukikaivaen asennettuna (Kuva: Tuomo Passi 2012)

Ratarakentamisessa teräsrummun putken seinämäpaksuus on vähintään 8 mm niin, että se on myös vähintään sadasosan putken halkaisijasta. Materiaalin tulee olla standardin SFS-EN 10025 mukaista ja täytettävä julkaisun *Ratatekniset ohjeet (RATO)* osassa 3 *Radan rakenne* esitetyt yleiset radan pohjarakenteiden käyttöikävaatimukset. (InfraRYL 2012 Rummut, 20–21.) Muutoin ominaisuuksia arvioitaessa on huomioitava oheisen taulukon 2 vaatimukset.

TAULUKKO 2. Teräksisen rautatierummun ominaisuudet (InfraRYL 2012 Rummut, 21)

	Ratarumpu	Sivuojarumpu
Materiaali	teräsputki	ohutlevyteräs
Lujuusluokka	S355J2G4 (Fe510D2)	C1, C3
Sisähalkaisija DN/ID	≥ 800 mm	≥ 600 mm

Teräsputket tulee kuljettaa, käsitellä ja varastoida siten, että ne eivät vaurioidu tai naarmuunnu eikä niitä kuormiteta enempää, kuin putkivalmistaja on materiaalille sallinut (InfraRYL 2012 Rummut, 22).

3.5 Sijoittaminen

Maantieteellisesti rautatierumpu sijoitetaan yleensä laskuojan suuntaisesti radan kannalta valuma-alueen alimpaan kohtaan yläjuoksun puolella. Edellä mainitusta voi joutua tilannekohtaisesti joustamaan erityisesti hankalissa paikoissa. Joskus ojia voi jopa joutua järjestelemään uusiksi, jos radan rakenteet tai alueen muu kuivatus näin vaatii. Rumpu suunnataan aina kohtisuoraan rataa kohden (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 69).

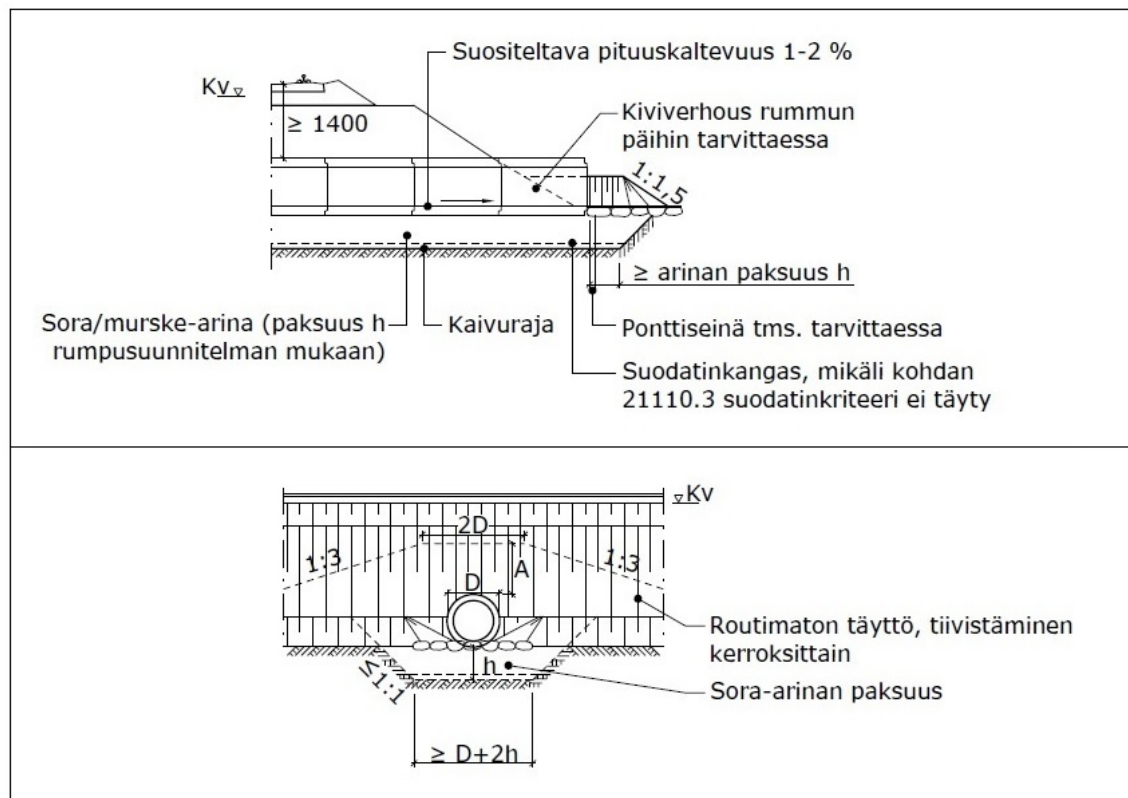
Rautatierummun korkeussijainti ilmaistaan kummastakin päästä sisäpohjan korkeuskemana, jota kutsutaan myös vesijuoksun koroksi. Rautatierummun pituuskaltevuudeksi suositellaan 1–2 %, mutta poikkeustilanteissa vähintään 0,5 %. (Kuivatustyöt 1999, 30.) Puolen prosentin kaltevuuden poikkeustilanteeksi voidaan lukea esim. alajuoksun puolella ojan korkea nykytilanne, jolloin rummun pään syvemmälle asentaminen aiheuttaisi mittavia ojajärjestelyjä tai veden padottumisen rummun pään alueelle. Riittävän pituuskaltevuuden varmistamisen lisäksi rautatierummun korkeussijaintiin vaikuttavat tarvittava peitesyvyys sekä yläpuolisen maaston kuivatustarve (Kuivatustyöt 1999, 30).

Rautatierumpu sijoitetaan virtaussuunnan yläpäässä laskuojan tulevan pohjan tasoon tai tarpeen vaatiessa enintään 0,5 m alemmaksi. Purkupäässä rumpu sijoitetaan laskuojan pohjan tasoon. Tarpeen vaatiessa rumpu voidaan sijoittaa enintään 0,5 m ylempäs, mutta tällöin pengeri tulee suojata eroosiota vastaan. (Kuivatustyöt 1999, 30.)

Ratapenger rakennetaan kaltevuuteen 1:1,5. Rumpuja suunniteltaessa käytetään varmuuden vuoksi kaltevuuden arvoa 1:1,6, jolloin rummun on lisäksi jätävä näkyviin sisäpohjan korkeudella vähintään 300 mm (Kuivatustyöt 1999, 32–34, 37). Etäisyydellä halutaan varmistaa, ettei putkea suunnitella liian lyhyeksi ja pengermateriaali pääse valumaan rumpuun heikentämään tai jopa estämään veden kulkua.

3.6 Perustaminen ja täyttö

Rautatierummut perustetaan useimmiten sora-arinalle (kuva 7), teräsbetonilaatalle tai tasausbetonilla tasatulle kalliolle. Massanvaihdon yhteydessä ei tarvita sora-arinaa, jos uuden materiaalin rakeisuus vastaa arinaan vaadittavaa. (Kuivatustyöt 1999, 30.)



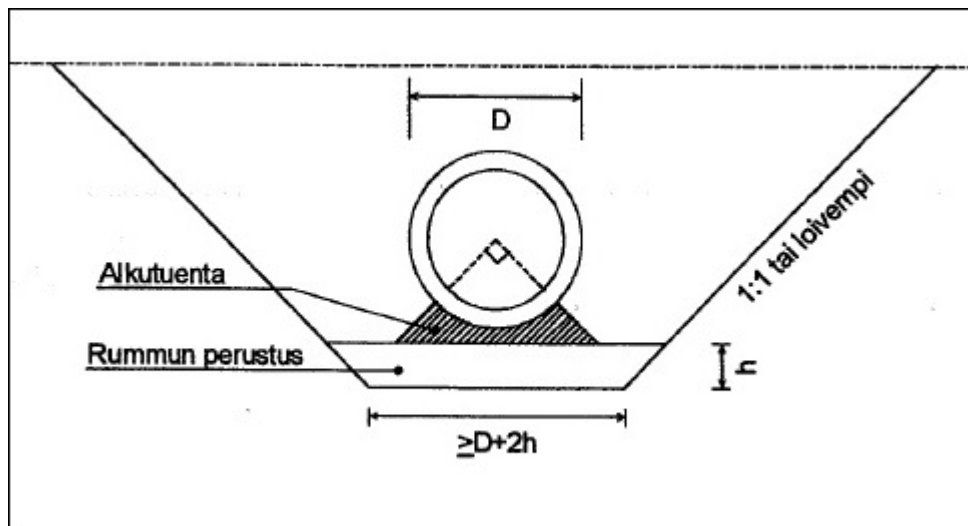
KUVA 7. Sora-arinalle perustettu rumpu ratarakenteissa (InfraRYL 2012 Arinarakenteet, 5)

Sora-arinalle perustettaessa käytettävän materiaalin tulee olla soraa, karkeaa routimantonta murskesoraa tai mursketta, jonka maksimiraekoko on 100 mm. Arinan leveys ja samalla kaivannon vähimmäisleveys on riippuvainen rumpuputken halkaisijasta D sekä arinan paksuudesta h ja on laskettavissa kuvassa 7 näkyvällä kaavalla $D+2h$. Sora-arinan paksuus valitaan niin, että routa ei pääse arinan läpi routivaan perusmaahan. Useimmiten arinan alle ja luiskiin asennetaan käyttöluokan N4 suodatinkangas estämään hienon maa-aineksen sekoittuminen arinamateriaalin kanssa. Rummun molemmissa päissä arinan alareuna ulotetaan vähintään sen paksuuden verran – ja maanpinnassa vähintään 1200 mm rummun päitä pidemmälle. (Kuivatustyöt 1999, 30.)

Teräsbetoni-laatalle perustettaessa laatan alle asennetaan edellä mainitun mukainen soraarina. Yhdistelmän paksuus määräytyy roudan ulottumissyvyydestä eli routa ei saa ulottua yhdistelmän alapuolisiin routiviin kerroksiin. Rakenne on muutoin sama kuin vain sora-arinalle perustettaessa, mutta teräsbetoni-laatta tehdään arinan ja alkutuentakerroksen väliin. Laatan pituus määräytyy putken pituuden mukaan, johon kuitenkin lisätään 20 mm. (Kuivatustyöt 1999, 31.) Betonin lujuusluokka on vähintään C25/30 ja teossa noudatetaan voimassa olevia betoninormeja. Betoniteräksenä on käytettävä kuumavalsatusta hitsattavasta teräksestä valmistettua harjatankoa tai verkkoa, jonka myötöraja on 500 N/mm^2 . (InfraRYL 2012 Arinarakenteet, 8.) Muutoin laatta mitoitetaan tapauskohtaisesti tarpeen mukaan ja rakennetekniset yksityiskohdat esitetään kohdekohtaisessa työselostuksessa.

Joskus rumpu joudutaan perustamaan kalliroleikkaukseen. Tällöin kaivannon pohja louhittava ja rusnattava niin, että tasausbetonilla tai kivimurskalla tasattuna saadaan rumpu asennettua koko pituudeltaan vaadittuun tasoon. (Kuivatustyöt 1999, 31.)

Putki asennetaan perustuksille alkutuen avulla niin, että se on tuettu vähintään alimman neljänneskaaren leveydeltä (kuva 8). Jalallisten betoniputkien kanssa alkutuenta ei tarvita. (InfraRYL 2012 Rummut, 18.)



KUVA 8. Pyöreän rummun alkutuenta (Kuivatustyöt 1999, 35)

Alkutuentamateriaaliksi on valittava hiekka, sora tai murske, jonka suurin raekoko on 32 mm tai vastaavat vaatimukset täyttävä kaivumaa (InfraRYL 2012 Rummut, 17).

Betonirummun ympärystäyttö tehdään routimattomasta kiviaineksesta, jonka maksimi-raekoko on 100 mm, kun taas teräsputki ympäröidään erikseen määriteltyjen valmistajan ohjeiden mukaisilla materiaaleilla. Hienon maa-aineksen sekoittuminen täyttöön estetään asentamalla tarvittaessa käyttöluokan N4 suodatinkangas täytön ympärille. Täytön vähimmäispaksuus (myös mitta A kuvassa 7) esitetään työkohtaisesti, mutta kuitenkin vähintään taulukossa 4 määriteltyjen arvojen mukaan. Jos taulukossa määritetty arvo ei toteudu, rumpu lämpöeristetään. (Kuivatustyöt 1999, 36.)

TAULUKKO 4. Routimattoman materiaalin minimipaksuus rummun ympärillä (InfraRYL 2012 Alkutäytöt, 9)

Rummun halkaisija	Etelä-Suomi	Keski-Suomi	Pohjois-Suomi
800 mm	800 mm	850 mm	900 mm
1200 mm	1000 mm	1050 mm	1100 mm
1500 mm	1200 mm	1250 mm	1300 mm
2000 mm	1400 mm	1450 mm	1500 mm

Täyttö suoritetaan kerroksittain samanaikaisesti molemmilta puolilta rumpua. Tiivistäminen raskaalla kalustolla sekä työmaaliikenne sallitaan vasta kun täyttöä on tehty 400 mm rummun päälle (Kuivatustyöt 1999, 36). Jos täyttö on osa ratarakenteen eristysker-

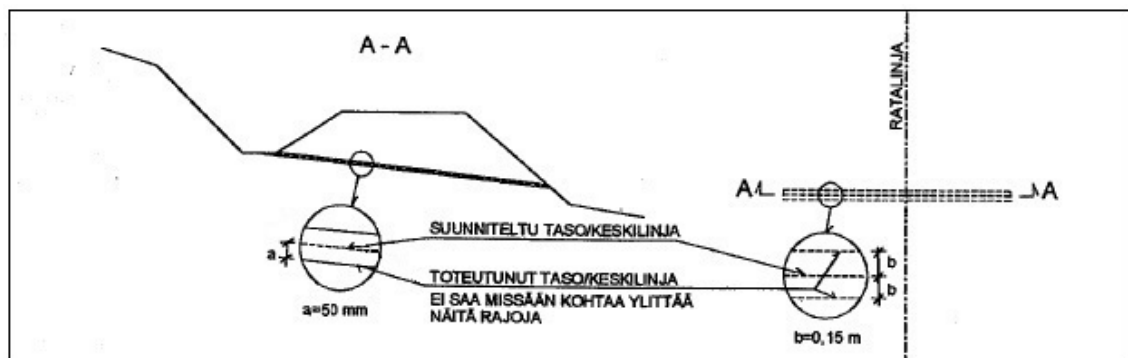
rosta tai siirtymäkiilaa, täytemateriaalin ja tiivistystöiden osalta noudatetaan näille asetettuja vaatimuksia (InfraRYL 2012 Alkutäytöt, 11).

3.7 Valmis rakenne ja kelpoisuuden osoittaminen

Ratarakenteessa kaivannon tiiviysaste mitataan vähintään kerran jokaista kaivantoa kohden, mutta kaivamalla asennettavien rumpujen tiiviysmäärittämisä tehdään vähintään kaksi jokaisesta täytöstä. Sora-arinan ja kerroksittaisen täytön tiiviysvaatimus on 95 % parannetulla Proctor -kokeella määritetystä maksimikuivatilavuuspainosta. (Kuivatustyöt 1999, 37.) Liikennekatkossa tehtävän täytön kelpoisuus voidaan käytännössä osoittaa työtapatarkkailuna. Toisin sanoen voidaan kokemukseräisesti olettaa että tiiviysvaatimus täyttyy, kun tiivistys on tehty annettuja ohjeita noudattaen.

Rummun sijoitustarkkuus on monesti asennustavasta riippumatta hankalaa. Asennettaessa tulisi kuitenkin noudattaa äärimmäistä tarkkuutta, sillä monesti suunnitelma on tehty rajoittavien olosuhteiden takia mittatarkaksi. Seuraavia mittatoleransseja on ainakin noudatettava asennustarkkuutta tarkistettaessa suunniteltuihin arvoihin nähden:

- Asennustason sallittu poikkeama on $+0 \dots -50$ mm (kuvassa 9 mitta a).
- Sijainnin sallittu poikkeama radan leveysuunnassa on $\pm 0,5$ m.
- Sallittu keskilinan poikkeama (suoruus) on ± 15 mm kolmen metrin matkalla (kuvassa 9 mitta b).
- Päiden välinen korkeusero saa poiketa enintään ± 20 mm. (InfraRYL 2012 Rummut, 16–17.)



KUVA 9. Rautatierummun asennustarkkuus (Kuivatustyöt 1999, 38, muokattu)

Työn aikana tehdään tarkemittauksia, joista todetaan rummun sijainti ja korkeusasema. Työn lopuksi urakoitsija tekee toteumamittaukset, joista laaditaan toteumapiirustukset. Tilaajan tulee huolehtia, että piirustukset toimitetaan Liikenneviraston arkistoon. (Passi 2014.) Halkaisijaltaan yli 1250 mm rumpujen asentamisesta otetaan valokuvia, jotka tulee kolmen päivän aikana asennuksesta toimittaa tilaajan edustajalle (InfraRYL 2012 Rummut, 17).

3.8 Sivuoja- ja huoltotierummut

Sivuojarumpu on rautatierummun tapaan vapaalta aukoltaan ≤ 2 m korkea ja/tai leveä rakenne, mutta tällä vesiuoma johdetaan rataan liittyvän esteen ali (Kuivatustyöt 1999, 39).

Sivuojarjestelyt edellä mainitun esteen ympäri ovat yleensä ensisijainen ratkaisu, mutta jos tämä ei ole mahdollista, rakennetaan sivuojarumpu. Rummun vaatimukset ovat pääosin samat kuin rautatierummulle, mutta materiaalina saa käyttää myös muovia. Muovia käytettäessä rummun tulee olla massiivi- tai monikerrosputkesta niin, että sisäpinta on sileä ja ulkopinta poimutettu (InfraRYL 2012 Rummut, 25). Sivuojarummun halkaisija tulisi olla vähintään 600 mm, kuten taulukossa 3 esitetään.

TAULUKKO 3. Sivuojarummun ominaisuudet (InfraRYL 2012 Rummut, 25)

	Sivuojarumpu
Materiaali	PE
Lujuusluokka	SN4, SN8
Sisähalkaisija DN/ID	≥ 600 mm

Sivuojarummun asennuksessa noudatetaan suurilta osin rautatierumpujen asentamiseen laadittuja ohjeita ja mittatoleransseja, mutta rummun toteutunut keskilinja saa poiketa suunnitellusta vain radasta pois päin (Kuivatustyöt 1999, 39).

Huoltotierumpu on nimensä mukaisesti huoltotien alittava rumpu, kuten kuvassa 11. Ominaisuuksiltaan sen tulee täyttää sivuojarummulle annetut vaatimukset (Passi 2014).



KUVA 10. Muovinen huoltotierumpu asennettuna (Kuva: Tuomo Passi 2012)

Huoltotierumpujen peitesyvyydet riippuvat rumpumateriaalista ja sen ominaisuuksista, mutta käytännössä kuitenkin useimmiten huoltotien osuudella tien rakennekerrospaksuus riittää peitesyvyydeksi.

Rautatierummun yhteyteen rakennettaessa huoltotierummulla jatketaan rautatierumpua tai tehdään se erikseen. Erikseen tehtäessäkin se pyritään sijoittamaan rautatierummun suuntaisesti ja molemmissa tapauksissa sen on oltava kooltaan vastaava. (Passi 2014.)

4 RAKENTAMIS- JA UUSIMISMENETELMÄT

Kun uutta rumpua suunnitellaan, helpoin lähtökohta on rakentaminen uuden radan rakentamisen yhteydessä. Näin rumpu voidaan asentaa paikalleen ennen varsinaista rata-rakennetta, jolloin luonnollisesti myöskään junaliikenne ei häiriinny.

Suomessa uutta rataosuutta ei juuri rakenneta. Lähimmäs tätä tilannetta osuu yksiraiteisen rataosuuden muuttaminen kaksiraiteiseksi, jolloin vanhan raiteen puolella nykyinen rumpurakenne on otettava huomioon uutta suunnitellessa. Tällöin myös nykyisen penkereen korkeus ja liikenteen sujuvuus täytyy ottaa huomioon uusimismenetelmää ja rummun materiaalia valittaessa.

4.1 Aukikaivu

Ratapenkereen ollessa matala, rummut uusitaan penger aukikaivamalla. Matalalla ”järkevästi aukikaivettavalla” syvyydellä tarkoitetaan tässä maksimissaan viiden metrin syvyyttä (Passi 2014). Rummun koko vaikuttaa osaltaan myös menetelmän valintaan. Halkaisijaltaan yli 1200 mm rummut asennetaan yleensä aukikaivaen kustannussyistä. (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 80.)

Rumpumateriaalina käytetään betonia tai terästä. Rumpua uusittaessa vanha rakenne pyritään poistamaan, jolloin penger olisi avattava joka tapauksessa. Aukikaivu keskeyttää kuitenkin aina junaliikenteen, joten työ on suunniteltava varsinkin vilkasliikenteisellä rataosuudella tehtäväksi kerralla ja siihen aikaan vuorokaudesta tai viikosta kun liikennettä on vähemmän.

Menetelmä etenee siten, että ensin rataakset katkaistaan kaivun edellyttämältä alueelta ja nostetaan ne ratapölkkyineen yhtenä elementtinä sivuun sekä tehdään kaivanto vähintään 1:1 luiskilla (kuva 11). Kaivantoon asennetaan arina ja tämän päälle alkutuenta kohdan 3.6 *Perustaminen ja täyttö* mukaisesti (kuvat 7, 8). Tämän jälkeen putki asennetaan paikoilleen (kuva 12) ja kaivanto täytetään ja tiivistetään kohdan 3.6 *Perustaminen ja täyttö* edellyttämällä tavalla. (Passi 2014.)



KUVA 11. Rautatiepenger aukikaivettuna (Kuva: Arttu Tuominen 2013)



KUVA 12. Teräsputki asennettuna paikoilleen (Kuva: Arttu Tuominen 2013)

Tukikerroksen asentamisen jälkeen rataiskot nostetaan paikoilleen ja kiinnitetään hitsaamalla, jonka jälkeen junaliikenne sallitaan osuudelle. Liikennekatkoa saa lyhennettyä jättämällä kiskojen hitsaustyön myöhempään, lyhyempään katkoon. (Passi 2014.)

Liikennekatkon tarve on osoitettava suunnitelmassa ja sen tarve on oltava hyvissä ajoin tiedossa. Suunnittelija sopii yhteistyössä Liikenneviraston edustajan kanssa suunnittelun alkuvaiheessa käytettävän rakentamismenetelmän ja Liikennevirasto järjestää rakentamisvaiheessa liikennekatkon urakoitsijalle. (Passi 2014.)

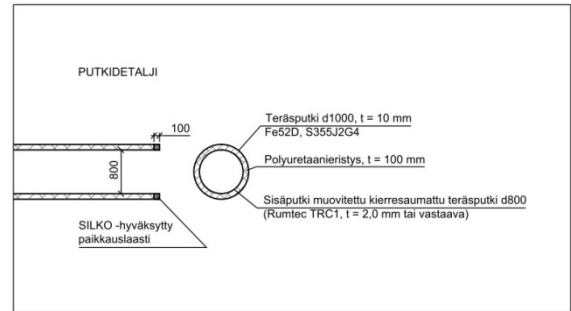
4.2 Tunkkaus ja poraus

Kun pengeri on yli kolme metriä korkea ja aukikaivu olisi vaihtoehtona työläs ja aikaa vievä, on mahdollista tehdä työ pengertä avaamalla. Rumpu voidaan asentaa nykyään asiaan kuuluvalla kalustolla tunkkaamalla tai poraamalla se suoraan penkereen läpi. Rumpumateriaalina tulee tällöin käyttää terästä. (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 80.)

Poraamalla on mahdollista asentaa n. 200–1200 mm kokoisia putkia. Menetelmä on kehitetty käytettäväksi ongelmalliseen sekamaahan, joka voi sisältää jopa louhetta ja suuria kiviä. (Lännen alituspalvelu Oy 2014.) Poraamalla asennettaessa putken päähän asennetaan porakruunu ja porataan penkereen läpi syrjäyttämällä maa-aines. Tunkattaessa putki työnnetään penkereen läpi ja maa-aines tulee samalla putken läpi. Tunkkaus on edullisempi vaihtoehto ja mahdollistaa isommatkin putkikoot, mutta soveltuu lähinnä pehmeisiin maihin (Lännen alituspalvelu Oy 2014).

Asennuksen ajaksi junaliikenteelle on asetettava 80 km/h nopeusrajoitus (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, 12). Työturvallisuuden kannalta käytännössä on kuitenkin hyvä rajoittaa nopeudeksi 50 km/h, jolloin liikenteen aiheuttama tärinää ja penkereen liikkeitä saadaan minimoitua (Passi 2014).

Useimmiten rumpu asennetaan routivaan maa-ainekseen, joten se tehdään lämpöeristetyinä kaksoisputkena (kuvat 13 ja 14).



KUVAT 13 ja 14. Vasemmalla tunkkaamalla asennettu lämpöeristetty teräsputki (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, 15) ja oikealla detalji kaksoisputkityypistä

Uloimman putken on oltava teräslaatua S355J2G4 ja ainevahvuudeltaan vähintään 10 mm sekä halkaisijaltaan vähintään 200 mm suurempi, kuin sisemmän putken. Sisäputkena käytetään esimerkiksi TC-kierresaumattua ainevahvuudeltaan 2 mm:n teräsputkea ja putki on keskitettävä ulompaan nähden niin, että putkien väliin saadaan asennettua tasapaksuinen polyuretaanieristys. (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, 12.)

Tällä hetkellä Suomessa alan urakoitsijoilla on työvälineitä ja resursseja maksimissaan halkaisijaltaan 1200 mm putken poraamiseen (Passi 2014). Asennus vaatii tilaa penkeen vieressä (kuva 15), mikä on huomioitava menetelmää valittaessa.



KUVA 15. Teräsputken asennus poraamalla (Kuva: Tuomo Passi 2013)

Jos poraus- tai tunkkauspeti eli asennusta varten kaivettava kaivanto joudutaan kaivamaan syvälle suhteessa olemassa olevaan maanpintaan, työnaikainen tuenta on huomioitava suunnitelmissa (Passi 2014).

Tehtiin työ sitten tunkkaamalla tai poraamalla, asennettavan rummun tulisi olla halkaisijaltaan 1200 mm tai alle, jotta työ olisi kustannustehokas (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 80). Hyvin korkeassa penkereessä aukikaivun etu halvempaan vaihtoehtona tosin tasoittuu isompaakin putkea asennettaessa, mikä on huomioitava vaihtoehtoja arvioidessa.

Tunkkaamalla voidaan siis asentaa isompiakin putkia, mutta tällöin täytyy varmistua siitä, ettei pengeri ole kivinen tai pohjamaa tiivistä moreenia. Maa-laji on kivistä, kun sen sisältämien kivien koko on halkaisijaltaan 60–600 mm ja osuus maa-aineksesta yli 10 % (Jääskeläinen 2011, 25). Käytännössä tutkimukset tehdään täry- tai painokairauksilla. Jos kairaukset päättyvät pääsääntöisesti ennen tavoitesyvyyttä, voidaan penkereen olettaa olevan kivinen.

Kairaukset tehdään tunkattavan rummun linjalta esimerkiksi kahden metrin välein ja niiden on ulotuttava metrin valmiin rummun oletetun vesijuoksun alle. Jos pengeri todetaan kiviseksi, ja rummun halkaisija on suurempi kuin 1200 mm, on putki asennettava aukikaivamalla tai poraamalla useampi putki. Kallion sijaitessa lähellä maanpintaa ei poraaminenkaan enää onnistu. Poraaminen suoraan kallioon olisi toki mahdollista, mutta kallion pinnan suuntaisesti porattaessa putken linja taipuu kallion mukaisesti eikä näin täytä asennustoleranssivaatimuksia. (Passi 2014.)

Kun rumpua uusitaan poraamalla tai tunkkaamalla, vanha poistetaan käytöstä. Käytöstä poisto voidaan tehdä betonoimalla rumpu umpeen ja järjestelemällä ojat uusiksi. Jos vanhan rummun rakenteet ulottuvat kuivatusrakenteista vapaan alueen sisään, täytyy ne kuitenkin poistaa. Vanha rumpu voidaan myös täyttää pengermateriaalia vastaavalla materiaalilla, jos sen kantava kansirakenne puretaan. (Passi 2014.)

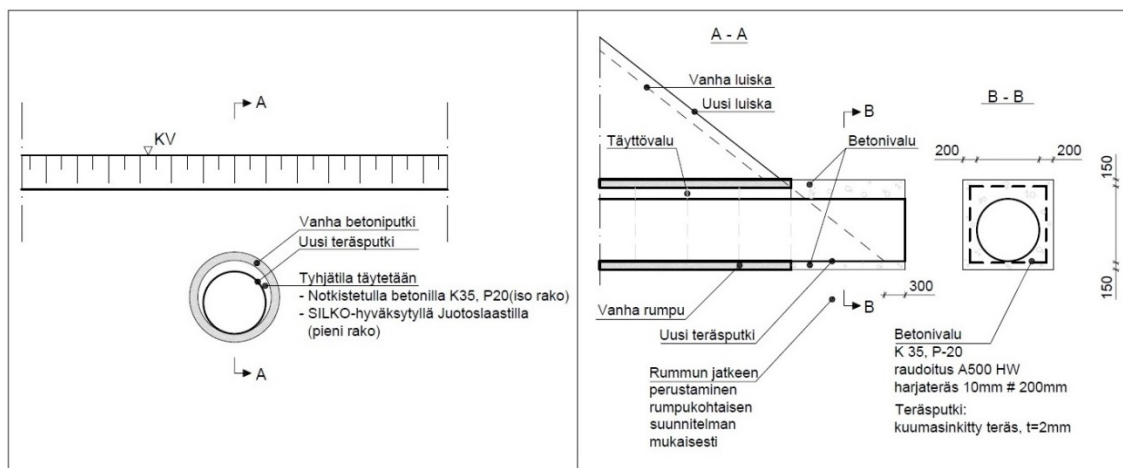
Uusi rumpu tulee sijoittaa riittävän kauas vanhasta, jotta asentaessa ei vahingossakaan osuta vanhoihin rakenteisiin. Etäisyydeksi suositellaan vähintään 10 metriä (Passi 2014).

5 KORJAUSMENETELMÄT

5.1 Putken asentaminen vanhan rummun sisään

Käytännössä menetelmää ei rataympäristössä suositella käytettäväksi, sillä siinä aukko-koko pienenee ja yleensä toive uusittaessa olisi päinvastoin. Menetelmää käytetään silloin, ” – – kun halkaisijan pienentäminen on tehtyjen selvitysten ja tarvittaessa laskentojen perusteella mahdollista.” (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 80).

Työtapa sopii kohteisiin, joissa nykyinen rumpu on syvällä ja uusimisen muutoin vaativa aukkaivu olisi työläs (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, 15). Menetelmä ja käytettävät materiaalit tarkemmin esitetään kuvassa 16.



KUVA 16. Rummun korjaus betoniputkirummun sisään työnnettävän teräsputken avulla (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, liite 4.043)

Nykyisen betoniputken ja uuden asennettavan teräsputken väliin jäävä tyhjättilä on betonoitava umpeen ja tarvittaessa nykyisen rummun ylittävä osa teräsputkesta ympäröidään paikalla valettavalla teräsbetonikauluksella (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, 15).

Menetelmää varten nykyisen putken tulee olla rakenteeltaan kunnossa ja vesijuoksun korkeuden hieman noustessa toimiva vedenkulun kannalta. Asennettava putki on hyvä olla pidempi kuin vanha putki, jolloin putken päiden uusi sijainti on myös huomioitava ojien kannalta.

Vara uuden putken asentamiseen vanhan sisään voidaan myös huomioida tulevaisuutta ajatellen. Uusi rumpu voidaan suunnitella tehtäväksi vain 50 vuoden käyttöön vaatimukset täyttävällä materiaalilla, mutta tällöin on huomioitava sujutusvara eli valittava putkesta kokoa isompi kuin aukkomitoitus vaatisi.

5.2 Nykyisen rummun jatkaminen

Nykyistä rumpua voidaan jatkaa poikkeustapauksissa uusimisen sijasta, jos se täyttää seuraavat kriteerit:

- Se on hyväkuntoinen, tiivis ja ehjä.
- Uuden osuuden materiaalina käytetään samaa kuin vanhan.
- Nykyinen vesijuoksu on toimiva.
- Uudet vesijuoksujen korot sopivat alueen muuhun kuivatukseen.
- Rakenteen peittosyvyys ($\geq 1,4$ m, kuva 17) on riittävä sekä nykyisellä, että uudella osuudella.
- Liitoskohta ($\pm 0,6$ m) ei jää ratapölkkyjen alle eikä 2:1 kallistuksella pölkkyjen päistä kuvitellulle alueelle (kuva 17).

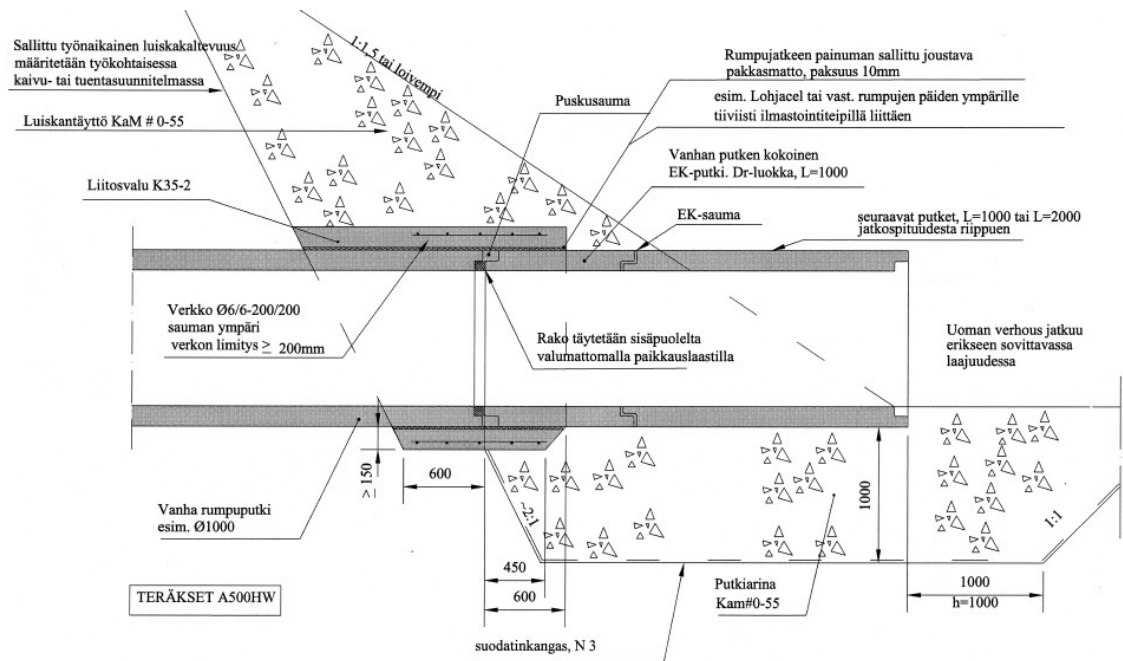


KUVA 17. Periaatepiirros suoja-alueesta jatkettavan rummun liitoskohdan kannalta

Rumpua jatketaan normaalioloissa lähinnä silloin, kun nykyinen rumpu on rakennettu liian lyhyeksi ja penkereen maa-aines tukkii rummun pään. Nykyään vastaan tulee yleisesti myös tilanne, jossa yksiraiteinen rataosuus muutetaan kaksiraiteiseksi, jolloin nykyistä rumpua tulee jatkaa uuden raiteen alle. Myös liikennepaikkoja laajennettaessa näillä sijaitsevia rumpuja on jatkettava sivuraiteen alle. Kaikissa edellä mainituissa ta-

pauksissa on varmistettava, että jatkoskohta ei sijaitse edellä mainitulla pölkkyjen alle kuvitellulla suoja-alueella.

Rumpuja jatketaan nykyään tarvittaessa kahdella tapaa, betoniputkia jatketaan betoniputkilla tai teräsputkeen hitsataan jatkoa teräsputkesta. Molemmissa tapauksissa jatkettavan osuuden alle tehdään arina kuvan 18 mukaisesti.



KUVA 18. Betoniputken jatkaminen samankokoisella EK-putkella (RUMKO 2006 Korjaustoimenpiteet, tyyppiirustus 4032 RUN 18226-1, muokattu)

Betoniputken jatkaminen aloitetaan aina metrin mittaisella puskusaumaisella liitosputkella, joka kiinnitetään liitosvalulla ja sisäpuolelta rako täytetään valumattomalla paikkauslaastilla. Tämän jälkeen voidaan asentaa täysimittaisia ominaisuuksiltaan nykyistä vastaavia EK-putkia.

Teräsputkella jatkettavan teräsputken työmenetelmä on käytännössä sama kuin betoniputkilla, mutta siitä poiketen liitokset tehdään hitsaamalla, päittäisliitoksina juurituella ja hitsausluokka on nykyään C. Hitsauksen saa tehdä ainoastaan luokkahitsaajan todistuksen omaava henkilö. Hitsauspuikkojen on oltava perusainetta vastaava ja railojen puhtaat ja kuivat. (RUMKO 2006 Tasonnostotoimenpiteet, 12.) Tarkemmat ohjeet työlle löytyy Ruukki Oyj:n 5/2008 päivitetystä julkaisusta *Teräsputkipaalujen jatkaminen hitsaamalla*.

6 SUUNNITTELUSSA KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT

Suunnittelutyössä yleisesti käytetään yritys- ja toimialakohtaisesti monia erilaisia ohjelmistoja. Tässä luvussa on tarkoitus esitellä näistä rumpusuunnittelun kannalta olennaiset ja yleisesti käytettävät ohjelmistot ja kuinka niitä pystyy hyödyntämään suunnittelutyössä. Taustaoletus tässä luvussa on, että lukija on jossain määrin tutustunut niiden käyttöön aiemmin, sillä varsinaisia ohjeita konkreettiseen ohjelmistoilla työskentelemiseen ei tulla esittelemään. Osa ohjelmista tulee osittain esille myös edellä kappaleessa 7 *Suunnitelmat*.

6.1 3D-Win

3D-Win on suomalainen maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows-pohjainen ohjelmisto (3D-system 2014).

Ohjelmalta löytyy monia ominaisuuksia moneen tarkoitukseen, mutta rumpusuunnittelun kannalta olennaisinta on maastomittauksesta saadun tiedon muuntaminen piirto-ohjelmaan sopivaksi. Mittaaja nimeää tai numeroi pisteet Liikenneviraston ohjeessa 18/2011 *Tie- ja ratahankeen maastotiedot - Mittausohje* esitetyn koodiston mukaan.

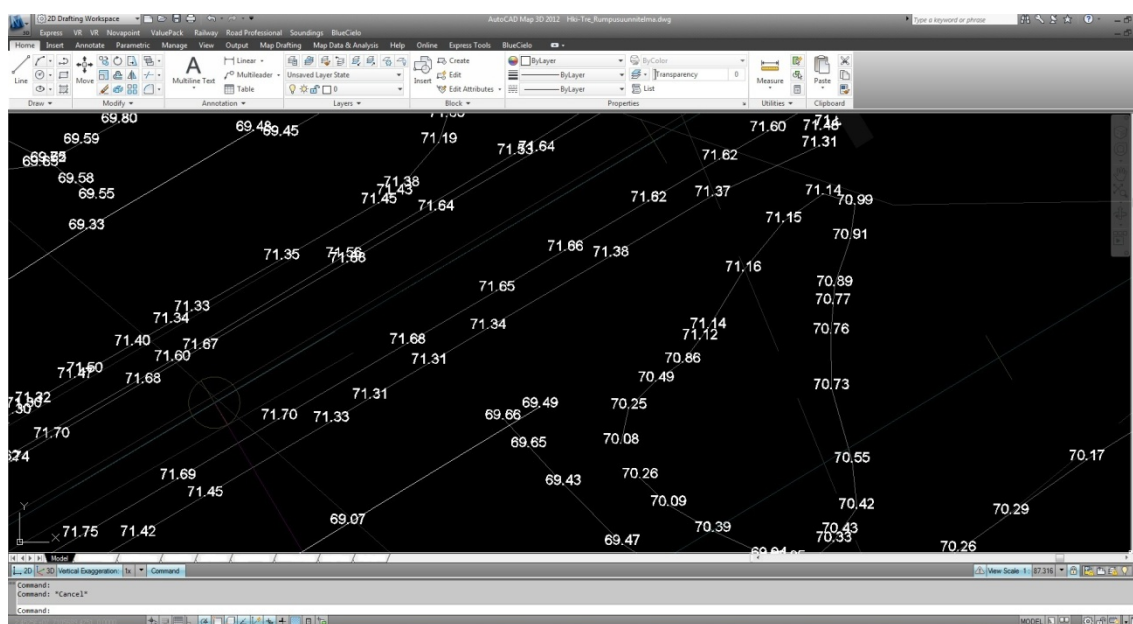
Mittaustiedosta saadaan ohjelmalla muokattavissa oleva maastomalli suunnittelun käyttöön. Maastomallista luodaan taiteviivakuva, jossa rakenteet esitetään pisteinä tai viivoina. Tiedostoa voi muokata esim. AutoCAD -ohjelmalla. Näin tiedot ovat luettavissa samasta tiedostosta, jonne on mahdollista liittää rumpusuunnittelun kannalta muuta olennaista tietoa, kuten esimerkiksi alueen karttapohja ja raiteen keskilinja. Edellä mainitut yhdistettyinä voidaan jo tehdä konkreettisia päätöksiä uuden rummun sijainnista ja vesijuoksujen koroista, jotka muutoin käytännössä määräävät rummun paikan.

6.2 AutoCAD Map 3D

AutoCAD on Autodeskin kehittänyt 2D-piirto- ja 3D-mallinnusohjelmisto suunnittelijoiden yleiseen käyttöön. Map 3D -versiossa on lisänä erikoisuus yhdyskuntateknis-

ten suunnitelmapiirustusten ja -mallien tuottamiseen. Ohjelmaversio kuuluu AutoCAD -tuoteperheeseen ja sisältää kaikki samat ominaisuudet kuin perusversio, mutta lisäksi tuotteessa on paikkatietotoimintoja hyödyntävä ominaisuus. (Autodesk 2014.)

AutoCAD -ohjelmisto pystyy hyödyntämään monenlaista tiedostoa ja tiedostomuotoa, mutta oleellisimpana tässä vaiheessa mainittakoon edellä mainitussa luvussa esitellyn mittaustiedon hyödyntäminen muokattavissa olevassa muodossa, jonka näkee oheisesta kuvasta 19 käytännöllisemmin.



KUVA 19. Rataympäristön korkolukemia ja maanpinta- ja aluetietoa mittaussaineistosta. Kuvakaappaus AutoCAD -ohjelmasta.

Kuvassa näkyvät numerot ovat korkolukuja, eli tässä tapauksessa metrulukema meren pinnasta mitattuna. Lukuja yhdistävät viivat ovat esimerkiksi maan pinnanmuotoja tai erilaisia rakenteita. Viivat ovat jokainen omalla tasollaan, jolloin niiden sisältämää tietoa pystyy tarkastelemaan ohjelman työkalujen avulla. Tasoilla on yleensä selkeät nimet ja osittain keskenään eriävät ominaisuudet, jolloin suunnittelijan on helppo tarkastella mittaustietoa ja tuoda kuvasta esiin oleelliset asiat ja muokata niitä.

6.3 Novapoint

Novapoint on yhdyskuntasuunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelma toimii AutoCAD:n ohessa ja sujuvaan työskentelyyn vaatiikin käyttökokemusta ja ymmärrystä ky-

seisestä ohjelmasta. Ohjelmaan on saatavilla eri moduuleita eri käyttötarkoituksiin. Rataympäristössä perusmoduulin *Base* lisäksi oleellisia ovat *Railway* ja *Soundings*.

Novapoint Base on Novapoint -ohjelmistoperheen perusta, joka sisältää esimerkiksi maastotietokannan, kolmioinnin, piirustustuotannon sekä tarvittavat perustoiminnallisuudet sekä muiden sovellusten hallinnan (Vianova Systems Finland Oy 2014).

Railway -moduuli on kehitetty tukemaan mallipohjaista ratasuunnittelua. Yleisesti ratasuunnitteluun moduuli tarjoaakin monia hyviä ja toimivia ominaisuuksia, mutta mallipohjainen suunnittelu on rataympäristössä muutoin kuin varsinaisen ratarakenteen osalta on vielä alkutekijöissään, joten rumpusuunnitelmaa ajatellen lähinnä perustyökalut, kuten karttapohjan sekä pituus- ja poikkileikkausten luominen ratamallista suunnittelu pohjaksi, ovat tässä vaiheessa hyödyllisiä.

Soundings -moduuli sisältää kaiken tarpeellisen pohjatutkimustietojen hallintaan ja hyödyntämiseen yhdyskuntasuunnittelussa. Maastosta saadut tutkimustiedot syötetään tietokantaan, josta ne voidaan hakea karttapohjalle, pituus- ja poikkileikkauksiin tai julkaista karttapohjalle Internet-selaimeen. (Vianova Systems Finland Oy 2014.)

6.4 MathCAD

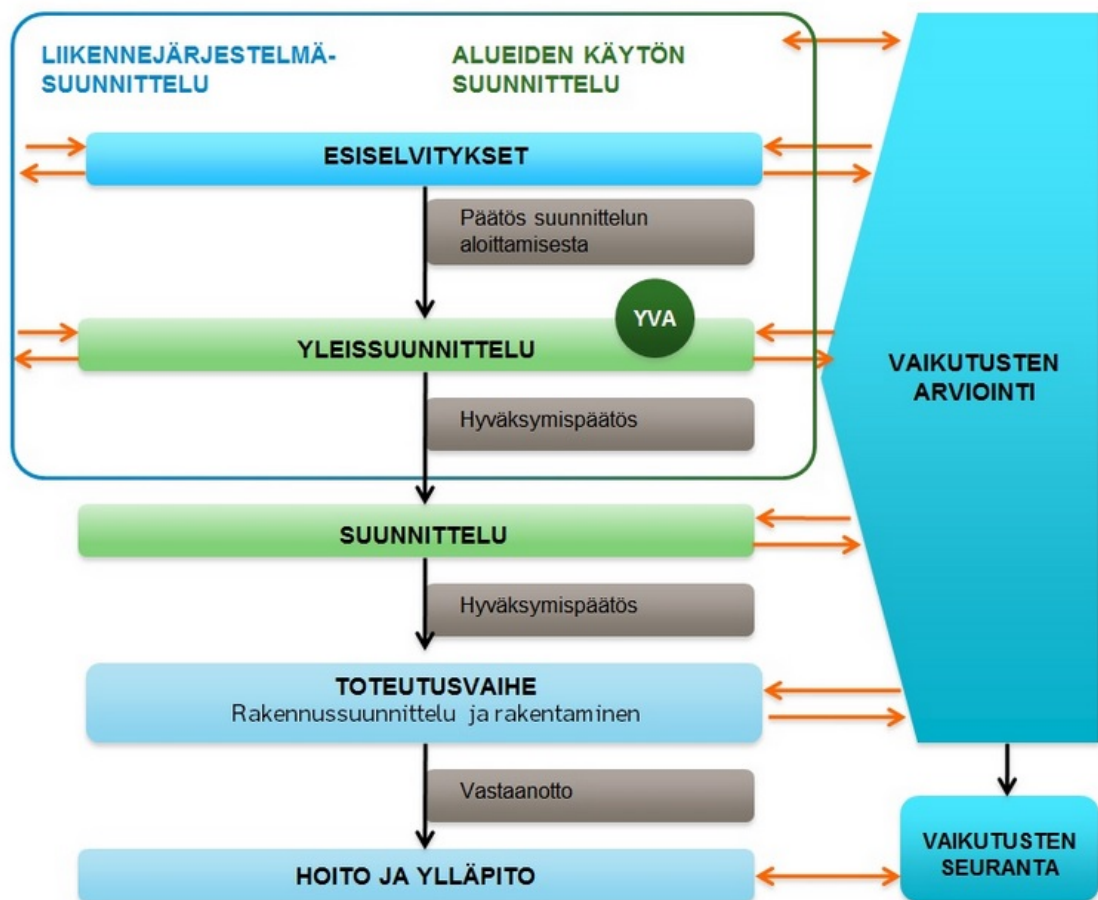
”Mathcad on sovellus teknilliseen laskentaan, laskennan dokumentoimiseen ja esitysgrafiikan luomiseen.” Sovelluksessa on muokkaus- ja muistiinpanokäyttöliittymä, jossa on mahdollista yhdistää matemaattiset merkinnät, tekstin ja grafiikan yhteen työkirjaan. (Zenex Computing Oy 2014.)

MathCAD on yksi sovellus, jolla on mahdollista tehdä aukkomitoituslaskentaa. Lausuntoa varten tarvittavat laskelmat saa suoritettua luomalla pohjan, joihin parametreja muuttamalla ohjelma antaa tuloksen, jota voi verrata Liikenneviraston ohjeessa 5/2013 *Teiden ja katujen kuivatuksen suunnittelu* kappaleessa 5.4 *Rummun mitoitus* annettuihin ohjearvoihin.

7 RAKENTAMISSUUNNITTELUN VAIHEET

7.1 Esitiedot yleisesti

Rakentamissuunnittelu liittyy hankkeen välittömään toteuttamiseen ja tehdään vasta, kun hankkeen rahoitus on järjestetty (Liikennevirasto 2013). Alustavaa suunnittelua ja esiselvitykset on jo tehty aiemmissa suunnitteluvaiheissa kuvan 20 esittämällä tavalla, joten tiedot kohteesta pitäisivät olla suhteellisen kattavat.



KUVA 20. Hankesuunnittelun eri vaiheet esiteltynä (Liikennevirasto 2013)

Myös mahdolliset lisäselvitykset olisi hyvä olla aloitettuna rakentamissuunnittelua aloitettaessa. Edellisiin vaiheisiin verrattuna tässä suunnittelu muuttuu konkreettisemmaksi ja tarkentuu huomattavasti, sillä tämän vaiheen suunnitelmilla urakoitsijan on tarkoitus toteuttaa rakennettava kohde.

Rakentamissuunnittelu voidaan tehdä erillisenä suunnittelutehtävänä tai se voi sisältyä rakennusurakkaan. Lähtökohtana on hyväksytty ratasuunnitelma. Rakentamissuunnitelmassa määritellään toimenpiteen sijainti, mitoitus ja rakenne sekä materiaalit ja laatuvaatimukset. (Radan suunnitteluohje 2008, 65.)

7.2 Aukkolausunnot

Lähtökohtaisesti ennen kuivatusta suunniteltaessa on kuultava maanomistajia, kuntaa ja muita sidosryhmiä. Varsinkin taajamissa tulee selvittää kunnan kanssa tausta-alueiden kuivatustarpeet, jotka voivat vaikuttaa rautatierummun aukon tai korkeuden suunnitteluun. Mahdolliset haitat ja niiden korvaaminen maanomistajille tulee olla selvillä jo suunnitteluvaiheessa. (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 68.)

Rummun rakentaminen saattaa aiheuttaa muutoksia myös lähialueiden vesistöihin ja eliöihin sekä lisätä eroosion riskiä. Tämän vuoksi alueellinen ympäristöviranomaisena, joita ovat Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskukset eli ELY:t, antaa pyynnöstä rumpulausunnon. (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 68.) Lausunnon tulee sisältää ainakin:

- uomatiedot
- ympäristöön vaikuttavat tekijät
- rummun mitoitus tiedot
- aukkomitat
- tiedot rumpua koskevista rajoituksista (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu 2013, 68).

Lausunnossa osoitetaan, minkä kokoinen rummun on vähintään oltava valumalaskelmiin perusteella sekä ympäristön valumatiedot, joilla tulos on saatu. Lausunnossa voidaan lisäksi suositella rakenteeseen ja rakentamiseen liittyviä asioita.

Nykyisin joillain alueilla kuivatukseen vaikuttaviin rumpukohteiden esiselvitys, laskelmat ja lausunnon tuottaminen kuuluu suunnittelukonsulteille. Laskennat on hyvä tarkistaa muutenkin ennen suunnittelun aloittamista. Rummun mitoitus on esitetty yksityiskohtaisesti Liikenneviraston ohjeen 5/2013 *Teiden ja katujen kuivatuksen suunnittelu* kappaleessa 5.4 *Rummun mitoitus*.

7.3 Maaperätutkimukset

Rataympäristössä varsinkin pääväylillä maaperätutkimuksia on usein tehty melko kattavasti jo etukäteen. Kohteen suunnittelua aloitettaessa tulee edellä mainitut käydä läpi ja selvittää onko tarve lisätutkimuksille.

Rummun kannalta oleellista on tietää millainen maa-aines rakennettavalla kohdalla on, varsinkin rummun päiden oletetuissa paikoissa. Myös kallion sijaitessa lähellä maanpintaa, sen sijainti on tarkistettava uuden rummun kohdalta. Kallion pinnan sijainti voi vaikuttaa osaltaan merkittävästi perustustavan valintaan sekä äärimmäisessä tapauksessa rummun tulevaan sijaintiin. (Passi 2014.)

Maaperää arvioitaessa paikalla käynti yleensä riittää pintamaiden osalta, mutta pinnan alle mentäessä vähintään rummun päiden oletetuilta alueilta olisi hyvä saada vähintään painokairaustulokset, jotta voidaan suurin piirtein määrittellä maalajien rajat. Painokairaus on staattinen tutkimusmenetelmä, jonka tuloksista pystytään arvioimaan maakerrosten rajoja (Jääskeläinen 2011, 246). Kokenut tutkija pystyy jo tutkimusta tehdes- sä kuulostelemaan maalajin raekokoa kairavarren resonanssin avulla ja arvioimaan maakerrosten koostumusta kairausvastusten perusteella.

Penkereen kivisyyttä tutkittaessa tärykairaus on hyvä vaihtoehto. Idea on sama kuin painokairauksessa, mutta tärykairauksella tutkitaan käytännössä vain läpäisevyyttä ja se onkin kevyempi ja tiedonkeruun kannalta suppeampi vaihtoehto. Penkereeseen tehdään poikkisuunnassa n. 1–2 metrin välein kairaus, ja läpäisevyys kertoo penkereen kivisyydestä.

Kallion pintaa tutkittaessa paino- ja tärykairauksella saa viitteitä, missä niin sanottu kova pohja tulee vastaan. Ongelma kuitenkin menetelmissä on, että kairaus voi sattua osumaan sopivan kokoiseen kiveen, jolloin tulkinta kallion pinnasta on väärä (Passi 2014). Kallion pinta pystytään varmistamaan porakonekairauksella. Kairaus tehdään paineilmalla tai hydraulisesti toimivalla porakoneella. Menetelmä on kehitetty kallion pinnan varmistamiseen, mutta sillä voidaan selvittää myös tiiviin pohjakerroksen sijainti sekä esimerkiksi arvioida lyöntipaalujen pituutta. (Jääskeläinen 2011, 257.)

7.4 Suunnitelmien laatiminen

Alkuun suunnittelija kasaa kaiken aiemman tiedon, joita ovat esim. mittaustiedot, maaperätutkimukset, luonnospiirustukset ja valokuvat kohteesta. Edellä mainitut tiedot läpi käytyä tehdään mahdollinen ehdotus lisäselvityksistä, jotka hyväksytetään tilaajalla.

Ennen varsinaisten suunnitelmien toteuttamista, kohteella on myös hyvä käydä itse ja näin hahmottaa tilanne konkreettisesti. Valokuvia kannattaa ottaa kattavasti, jotta suunnittelun edetessä pääsee palaamaan kohteelle siellä fyysisesti käymättä.

Kun kaikki aineisto on tarvittavissa määrin kasassa, siitä poimitaan vielä suunnitelman kannalta oleellinen materiaali. Esimerkiksi mittausaineistoa voi olla joko takymetrilla mitattua tai laserkeilattua. Edellä mainitut eroavat hieman toisistaan ja rumpusuunnittelun avuksi valitaan takymetrilla mitatut tulokset, sillä ne ovat tarkempia ojien pohjien ja nykyisten rakenteiden osalta (Passi 2014). Ojien pohjien korot ja nykyisten rakenteiden sijainti ovat puolestaan merkittävintä tietoa uuden rummun sijaintia ja sijoitusta pohdittaessa.

Oleellista materiaalia on myös ratasuunnittelusta saatava radan rakenteen malli, jota voidaan lyhyemmin kutsua ratamalliksi. Ratamalli sisältää rumpujen kannalta tarvittavaa tietoa ratasuunnittelusta, kuten nykyisen ja uuden raiteen korkeusviivat ja keskilinjat sekä rakennekerrospaksuudet. Työn edetessä rumpusuunnittelijan täytyy olla koko ajan selvillä, mitä radan rakentamissuunnitelmassa tapahtuu. Yleensä kaikkia tekniikkaaloja suunnitellaan samaan aikaan, joten olosuhteiden muuttuessa radan rakentamissuunnitelmassa ne on päivitettävä myös rumpusuunnitelmiin.

Alkuun valitaan alustava rumpumateriaali ja asennusmenetelmä lähtötiedot ja asetetut vaatimukset huomioon ottaen. Tässä vaiheessa tehdyt päätökset eivät tosin välttämättä ole lopullisia, sillä rajoittavat tekijät kuten perustussyvyys, nykyisten ojien korko ym. voivat vielä vaikuttaa esimerkiksi asennustapaan, joka osaltaan vaikuttaa taas materiaallivalintaan.

Käytettävä mittausaineisto, ratasuunnittelusta saatava radan rakenteen malli sekä tietokannasta avattavat maaperätutkimukset (kuva 21) toimivat pohjana rummun suunnittelulle piirustusteknisesti.



KUVA 21. Esimerkki pohja-aineistosta suunnitelmakartalla, joka sisältää mitta-aineiston, tietoa ratamallista ja pohjatutkimuksia. Kuvakaappaus Novapoint -ohjelmasta.

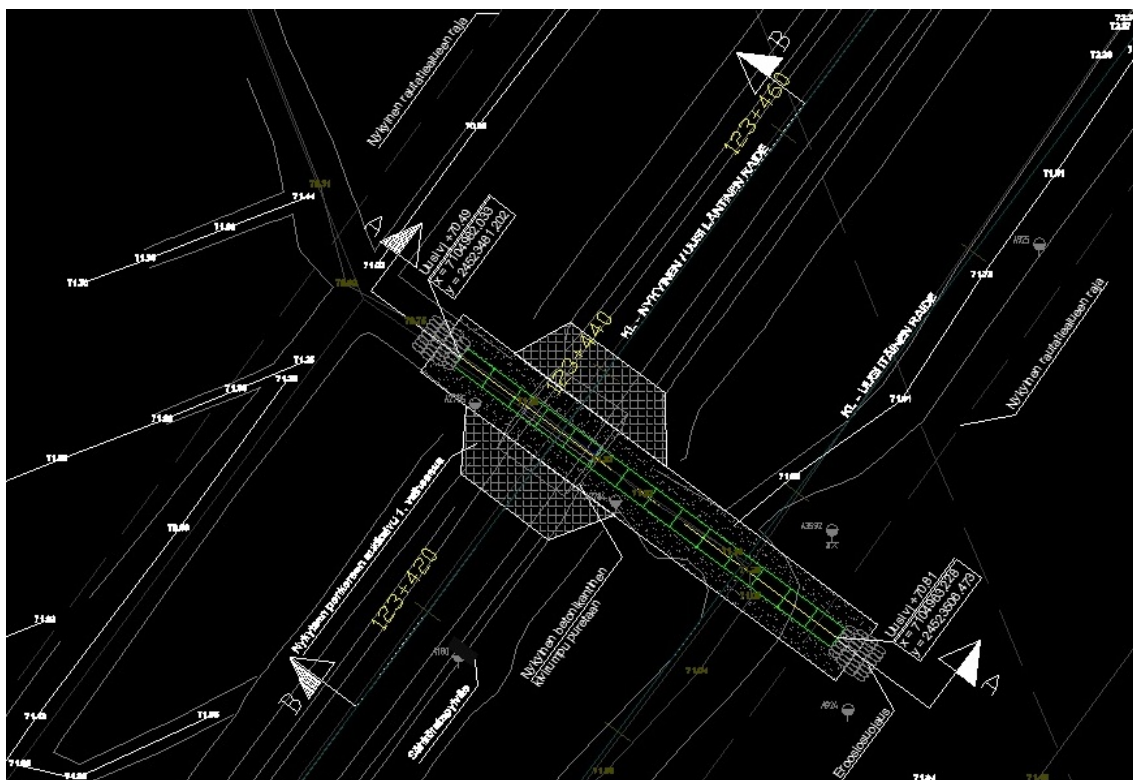
Oleellista on myös uusimistapauksessa huomioida vanhan rummun sijainti (kuvassa 21 keskellä harmaa laatikko), koska uusi pyritään usein tekemään samaan kohtaan. Auki-kaivamalla asennettava putki kuitenkin pyritään asentamaan samalla kaivulla, kun vanhan rakenne puretaan pois (Passi 2014). Edellä mainituilla pohjatiedoilla rumpua voi alkaa hahmottelemaan (kuva 22) Novapointissa sille ratametrille, johon rumpu oletetusti tullaan sijoittamaan.



KUVA 22. Edellisen kuvan ympäristöön lisätty hahmoteltu betonirumpurakenne

Periaate uuden rummun sijoituksen kannalta on, että vesijuoksu tulee putken yläpäässä nykyistä ojanpohjaa alemmaksi (Passi 2014). Alajuoksu määräytyy näin kallistuksen ja putken pituuden mukaan tiettyyn korkoon. Rummun pituus määräytyy penkereen kaltevuuden 1:1,6 kautta (esim. kuva 18 kappaleessa 5.2 *Nykyisen rummun jatkaminen*).

Kun uusi rumpu on hahmoteltu paikalleen ja se sopii kaikista suunnista tarkasteltuna maastoon ja ratamalliin, voi piirustuksiin lisätä tarkennuksia (kuva 23).



KUVA 23. Kuvan 22 ympäristöön lisättyjä tarkennuksia sijaintiin ja työn toteuttamiseen

Suunnitelmapuvissa asiat selostetaan tarkasti vain, jos kohteesta ei tehdä erillistä työselostusta. Muutoin niissä esitetään pääasiat, jotka tarkentuvat selostuksessa. Kuvan 23 suunnitelmapakartassa voisi olla esitettynä vielä esimerkiksi uusien huoltoteiden sijainti sekä uusien ojien geometria ja korot, jotka tulisi tietysti sovittaa rummun geometriaan.

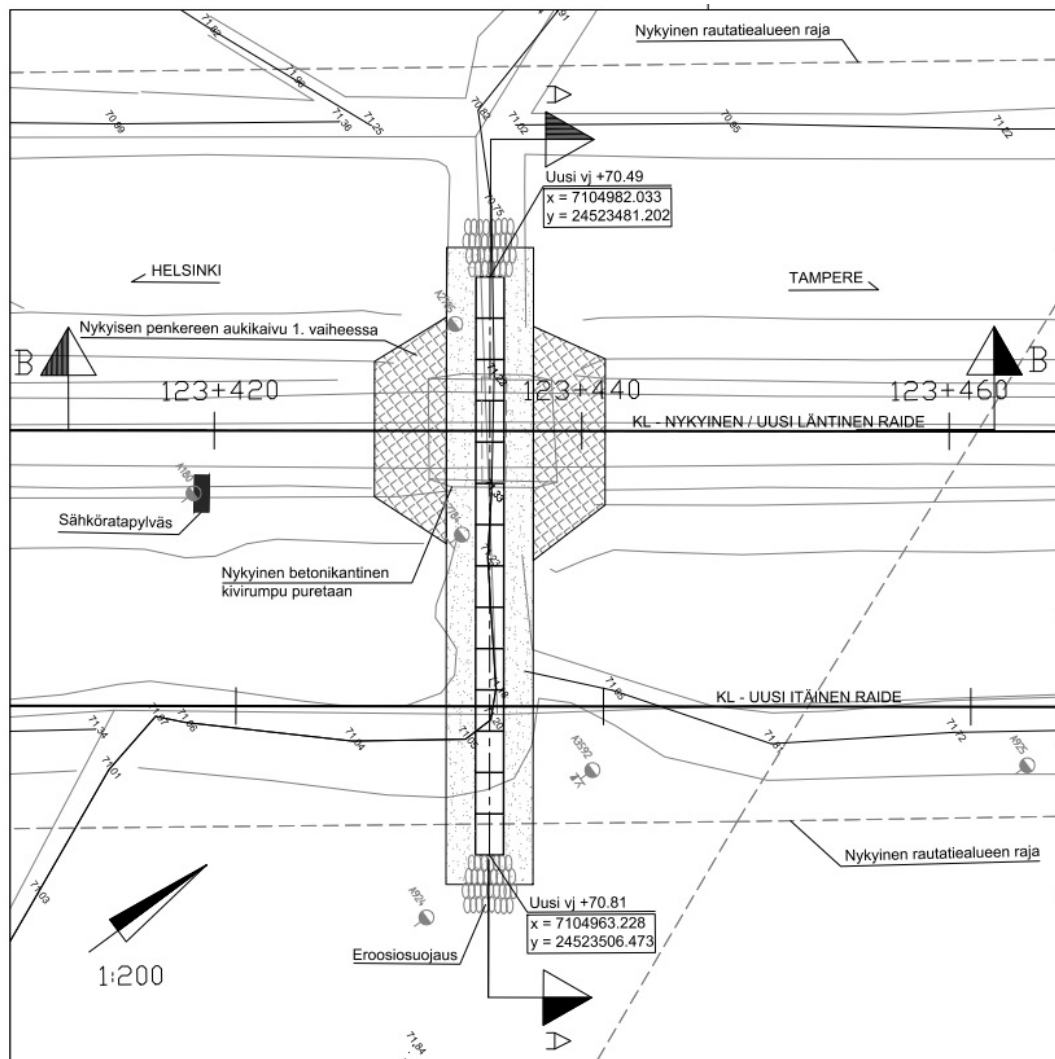
Suunnitelmapakarttaa tehtäessä piirretään myös leikkauskuvat, jotka havainnollistavat kohdetta paremmin ja antavat viitteitä sijainnista myös kartalle sijoittamisen kannalta. Tämän jälkeen on vielä laadittava kohteelle työselostus, määrälaskenta ja kustannusarvio. Edellä mainitut esitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

8 RAKENTAMISSUUNNITELMAT

8.1 Piirustukset

Piirustukset ovat rakentamissuunnitelman havainnollistavin osa urakoitsijalle. Niissä esitetään tarvittavissa määrin tietoa kohteen rakentamisesta mahdollisimman selkeästi. Ne tehdään kuitenkin ammattilaisille, mikä monilta uusilta suunnittelijoilta monesti unohtuu.

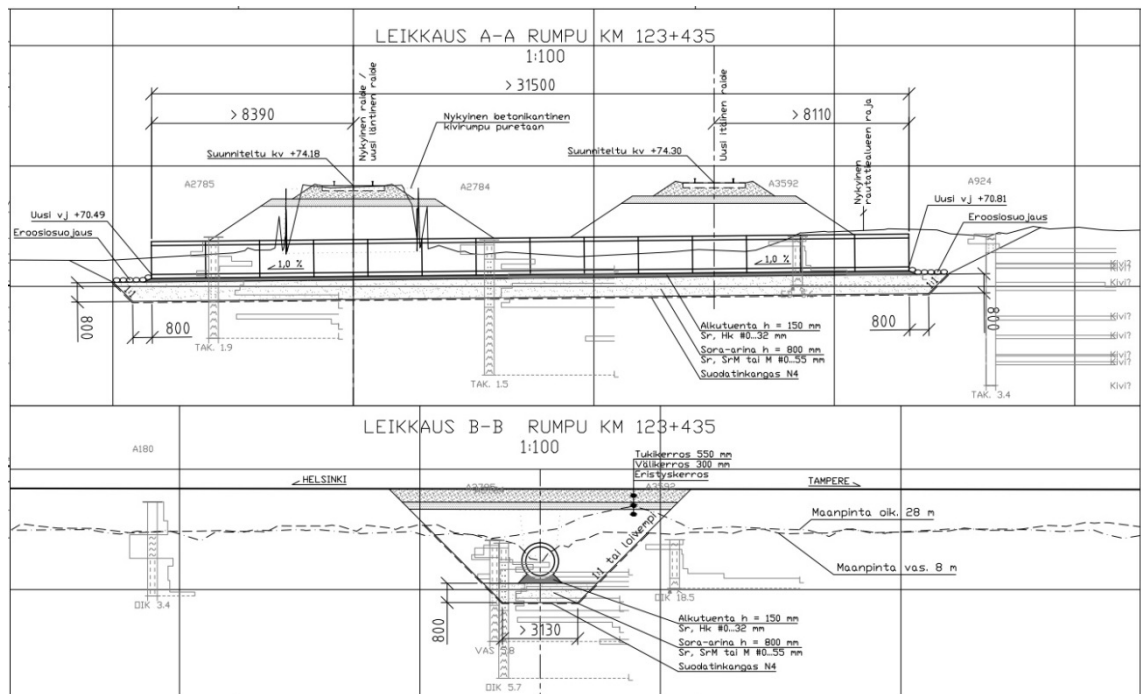
Yleisesti suunnitelmista riippuen piirustuksia on monenlaisia, mutta tässä yhteydessä esitetään rummun rakentamissuunnittelun kannalta olennaisimmat. Näitä ovat suunnitelmakartta (kuva 24), poikki- ja pituusleikkaus sekä mahdolliset detaljit kohteesta.



KUVA 24. Periaatepiirros suunnitelmakartasta

Suunnitelmapartan idea on tuoda kohde konkreettisesti kartalle, joten siitä tulisi löytyä aina vähintään kohteen suhde ilmansuuntiin eli pohjoisnuoli, raiteen kulkusuunta, kartan mittakaava sekä oleelliset koordinaatit kohteesta eli tässä tapauksessa vesijuoksujen sijainnit.

Poikki- ja pituusleikkausten tarkoitus on kirjaimellisesti näyttää kohde leikattuna jostain kohtaa sekä poikki- että pituus suunnassa (kuvassa 24 nuolet A-A ja B-B). Yleensä leikkaukset otetaan jostain tietyistä oleellisista kohdista, kuten tässä tapauksessa keskeltä rumpua ("Leikkaus A-A" kuvassa 25) ja raiteen keskilinjalta ("Leikkaus B-B" kuvassa 25).



KUVA 25. Periaatepiirros leikkauksista. Yllä poikkileikkaus A-A ja alla pituusleikkaus B-B.

Leikkauksissa tarkennetaan yleistä tietoa kohteesta sekä kohteen sijaintia eri suunnista. Rumpujen kannalta tarpeen on havainnollistaa korkeussijainti raiteen keskiviivan ja nykyisen maanpinnan suhteen. Yleensä esitetään myös valittu rumpumateriaali, perustamis- ja asennustapa sekä kartallakin näkyvät alueella tehdyt maaperätutkimukset.

Mahdollisia detaljeja rumpukuvissa esitetään harvoin, mutta esimerkkinä mainittakoon kappaleen 4.2 *Tunkkaus ja poraus* kuvassa 14 esitellyn lämpöeristetyin teräsputken detaljipiirros, jonka idea on näyttää tarkasti millainen käytettävän putken on oltava.

Tässä esitetyt kuvat ovat havainnekuvia oikeista tulosteista. Tarkoitus on esittää miltä tulosteet suurin piirtein näyttävät ja mitä niistä on tarkoitus konkreettisesti nähdä. Viralliset projekteilte tehtävät rakentamissuunnittelupiirustukset ovat tilattuja tuotteita, joten niitä ei yleisesti voi esitellä ilman asianmukaista lupaa.

8.2 Työselostus

Työselostus tarkoittaa piirustusten antamaa tietoa kohteesta. Selostuksessa on käytännössä otettava huomioon kaikki mahdolliset kohteeseen liittyvät asiat ja otettava kantaa niihin. Vaikka selostus tarkoittaa piirustuksissa esitettyjä asioista, se ei saa olla ristiriidassa näiden kanssa. Mahdollisessa ristiriitatilanteessa noudatetaan kuitenkin aina työselostusta (Passi 2014).

Selostuksessa tukeudutaan yleensä annettuihin ohjeisiin ja määräyksiin. Rumpukohteen työselostus esimerkiksi sisältää ohjeistuksen kohteen tekemiseen, mutta yleisellä tasolla kuitenkin viitataan olemassa oleviin ohjeisiin. Tarkoitus on siis tarkentaa yleiseen muotoon laadittuja ohjeita.

Suunnitelman työselostus voi olla rumpukohtainen tai projektikohtainen. Rumpukohtaisessa sisältää yhden rumpun ohjeet ja vaatimukset ja se koostuu yleisestä osasta sekä työselostus-osioista. Yleisessä osiossa esitetään yleistä tietoa rumpun ympäristöstä ja siellä työn suorittamisesta. Siinä esitetään myös nykyisiä ympäristöolosuhteita, paikallisia pohjatutkimuksia ja mittauksia, viranomaislausuntoja, laadunvarmistuksen vaatimukset sekä käytettävät rakentamismenetelmän ja sen ohjeistuksen. Työselostus-osiossa kerrotaan paikan pohjaolosuhteet, perustamistyyppi, valittu rakentamismenetelmä, alueen nykyinen tilanne sekä ohjeet kuinka alue tulisi jättää toimivaksi kuivatuksen suhteen. Projektikohtaisen ero on se, että sama selostus voi kattaa edellä mainitut asiat usean rumpun osalta. Tällöin yleisessä osiossa esitetään yleistä tietoa rajatusta alueesta eli rataympäristössä tietyltä kilometriväliltä ja siellä työn suorittamisesta. Työselostus-osiossa rummut esitellään kohdekohtaisesti.

Työselostus on aina osa asiakkaalle toimitettavia suunnitelma-asiakirjoja ja liitteenä selostuksessa on yleensä aukkolausunto, johon voidaan näin tukeutua suunnitelmassa selostettujen asioiden osalta.

8.3 Määrälaskenta ja kustannusarvio

Suunnitelmiin kuuluu myös määrälaskenta ja sen pohjalta kustannusarvio. Nämä ovat oleellisia dokumentteja urakoitsijalle työn toteutusta ajatellen, sillä tarvittava työ ja materiaalit tullaan tilaamaan näiden perusteella.

Suunnittelija laatii valmiiden piirustusten ja työselostuksessakin mainittavien valittujen materiaalien ja työmenetelmien perusteella luettelon, joka sisältää mahdollisimman tarkan arvion rakennusosien määrästä. Määrät on yksikköhinnoiteltu ja näin niiden perusteella voidaan luoda myös kohteen kustannusarvio. Määräluettelo kustannusarvioineen tulee toimittaa asiakkaalle kohteesta muiden suunnitelma-asiakirjojen yhteydessä.

8.4 Tarkemittaus ja toteumapiirustukset

Suunnittelun kannalta on tärkeää nähdä, miten suunniteltavat pinnat ovat toteutuneet käytännössä. Näin on parempi hahmottaa millainen tarkkuus on tarpeen myös suunnittelutyössä. Tilaajalle kuvat toimitetaan arkistoitavaksi, jolloin ne on saatavilla tarvittaessa kohdetta myöhemmin tarkasteltaessa.

Tarkemittaus tehdään kohdetta rakennettaessa useimmiten takymetrillä. Ideana on merkitä kaivettaessa tarkkeita, eli geometriatietoa kohteen pinnoista. Rummun rakentamisen kannalta oleellisia pintoja ovat arinan pohja ja yläpinta sekä rummun vesijuoksun korot ja koordinaatit. Urakoitsija merkitsee mitatut pisteet esimerkiksi työmaalla käytettyyn suunnitelmaan ja toimittaa tämän tilaajan kautta suunnittelijalle. Mittaus voidaan tehdä myös koneohjauksella, jolloin mittajana toimii useimmiten kaivinkoneen kuljettaja. Tuloksena saadaan tarketiedosto, josta piirustusohjelmassa avattuna nähdään tarkkeet pisteinä. Pisteistä on luettavissa tarkka sijainti koordinaatteina ja korko merenpintaan nähden metreinä. Pisteet usein nimetään sen mukaan, mitä pintaa niillä tarkoitetaan. Pinnoista on otettava riittävä määrä tarkkeita pinnan hahmottamisen kannalta.

Edellä mainituilla tiedoilla tehdään toteumapiirustukset, jotka todentavat kuinka arina on toteutunut paksuuden osalta sekä miten asennettu rumpu tarkalleen sijoittuu maastoon. Urakoitsija toimittaa vaaditut tarketiedot suunnittelijalle, joka tekee piirustukset ja toimittaa ne Liikenneviraston arkistoon.

9 POHDINTA

Työn aihealue oli odotettuun nähden todella laaja ja moniin asioihin olisi voinut syventyä tarkemmin kuin työssä nyt tehtiin. Tämä ei kuitenkaan työn tarkoituksen eli sujuvasti luettavan ohjeistuksen kannalta olisi ollut aiheellista.

Kuivatuksen merkitystä ei kuitenkaan voida missään vaiheessa väheksyä. Niinkin pieni asia kuin veden johtaminen penkereen läpi hallitusti tuo eteen monia haasteita niin suunnitellessa kuin varmasti myös rakentaessa. Jos tarve olisi vain saada vesi hetkellisesti johdettua läpi tai sivuun, ongelmaa ei tietenkään olisi.

Nykyaikaiset käyttöikävaatimukset asettavat suunnittelijalle haasteita, sillä käyttöikä ratarakenteille yleisesti on työssäkin mainittu sata vuotta. Niin betoni- kuin teräspankkuvalmistajat lupaavat tuotteilleen tietyin edellytyksin edellä mainitun kestävyuden. Tällä hetkellä suunnitelmiin lisätään maininta edellytyksistä käyttää materiaalia, joka täyttää sadan vuoden käyttöiän vaatimukset, mutta käytännössä asia jää nähtäväksi. Vanhimmat betoniputkirakenteet ovat vasta päässeet 50 vuoden ikään, joten edes niiden käytettävyydestä ei pidemmälle ajalle ole kokemukseräistä tietoa. Vaihtoehto on tietysti mitoitaa putki kokoa isommaksi kuin laskelmat edellyttävät, jolloin materiaaliksi voitaisiin valita vain 50 vuoden käyttöiän vaatimukset täyttävä ja asentaa myöhemmin tämän sisään uusi putki. Tässäkin vaihtoehdossa on riskinsä, sillä oletetussa 50 vuodessa putki tuskin säilyy täysin muuttumattomana ja näin se ei välttämättä täytä edellytyksiä uuden putken asentamiselle vanhan sisään.

Betoni- ja teräspankkujen osuus kokonaisuudessa materiaaleina tulee edelleen nousemaan, ja näistä betoniputken osuus näillä näkymin suhteessa enemmän. Varsinkin suuremmilla halkaisijoilla betoniputki on edullisempi metrihinnaltaan. Teräspankku on nopeampi ja helpompi asentaa, joten kokonaiskustannuksia arvioitaessa ero kuitenkin pienenee. Materiaalivalinta on aina kohdekohtainen ja valintaan vaikuttavat hinnan lisäksi monet muutkin asiat. Tämän vuoksi tarkempi hintavertailu yleisellä tasolla ei ollut aiheellista tämän työn yhteydessä, mutta asia voisi olla tarpeen tutkia esimerkiksi materiaalihinnan, asennussyvyyden ja liikennöitävyyden suhteen.

Valittavassa rakentamismenetyelmässä on myös omat haasteensa, sillä ero kannattavuuden välillä on kokonaisuutta ajatellen pieni. Aukikaivulla saadaan materiaalivalintaan vaihtoehto, mutta asentamisen ajaksi junaliikenne joudutaan katkaisemaan. Tunkkaus tai poraus voidaan toteuttaa junaliikennettä pahemmin häiritsemättä, mutta tällöin valitavissa on vain teräspanki. Myös menetelmän valinnassa täytyy ottaa huomioon moni asia kohteesta riippuen, joten yleistystä valinnalle ei tässä yhteydessä kannattanut tehdä.

Monesti sekä materiaalin että menetelmän valinta helpottuu, kun asiasta keskustellaan tilaajan kanssa ennen varsinaista suunnittelua ja tilaaja esittää molemmista toiveensa. Tietysti vaihtoehtojen sopivuus on tarkistettava, mutta samanarvoisista vaihtoehtoista on tällöin helpompi valita. Perusteltuja vaihtoehtoja tilaajan toiveisiin kannattaa antaa ja tulevaisuudessa myös vaihtoehtoja olisi hyvä olla useampia. Muiden materiaalien sopivuutta rautatieympäristöön onkin jo tutkittu, mutta tällä hetkellä niitä ei ole hyväksytty käytettäväksi. Materiaalit ilmeisesti vaativat vielä lisätutkimuksia, joten voidaan olettaa että muutosta asiaan ei ihan hetkessä tule tapahtumaan.

Tulevaisuudessa kaikkia tekniikka-aloja tällä hetkellä puhuttava mallintaminen tulee varmasti myös rumpujen osalta konkreettiseksi. Tätä työtä tehdessä uusiin projekteihin tilaaja jo vaatii radan tietomallintamista tietyin ominaisuuksin. Rummuista malli täytyy luoda myös ja mallista saadaan mm. kaivantotietoa koneohjaukseen. Tietomallit ja mallipohjainen suunnittelu muutenkin ovat kuitenkin tulevaisuutta ja asian omaksuminen asettaa suunnittelijoille haasteita. Tämä tuleekin ottaa huomioon esimerkiksi projektien aikatauluja ja kustannusarvioita laadittaessa.

LÄHTEET

3D-system. 2014. 3D-Win -ohjelmisto. Esittely. Luettu 11.2.2014.

<http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>

Autodesk. 2014. AutoCAD Map 3D -ohjelma. Esittely. Luettu 11.2.2014.

<http://www.autodesk.com/products/autodesk-autocad-map-3d/overview>

InfraRYL. 2012. InfraRYL 2012 -laatuvaatimusjärjestelmä osat 13300 Arinarakenteet, 14340 Rummut, 18320 Alkutäytöt ja 32000 Kuivatusrakenne. Helsinki: Rakennustieto.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 3. painos. Tampere: Tammertekniikka.

Kuivatustyöt. 1999. Rautatien maanrakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL) osa 4 Kuivatustyöt. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D 3. Helsinki: Ratahallintokeskus.

Liikennevirasto. 2013. Suunnittelun lähtökohdat. Hankkeiden suunnittelun vaiheet. Päivitetty 12.6.2013. Luettu 23.3.2014.

<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/strategia>

Lännen Alituspalvelu Oy. 2014. Poraus (vasaraporaus) ja tunkkaus (teräsputkijunttaus). Toimenpide-esittelyt. Luettu 4.4.2014. <http://www.lannenalitus.com/>

Passi, T. Suunnittelija. 2014. Haastattelut maaliskuu 2014. Haastattelija Kvist, P. Tampere.

Radan suunnitteluohje. 2008. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B 20. Helsinki: Ratahallintokeskus.

Ratatekniset ohjeet. 2008. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne. Helsinki: Ratahallintokeskus.

RUMKO. 2006. Rumpujen korjausohje (RUMKO) osat 3 Korjaustoimenpiteet ja 4 Tasonnostotoimenpiteet. Ratahallintokeskuksen julkaisuja O 1/2006. Helsinki: Ratahallintokeskus.

Suomen rautatietilasto. 2013. Liikenneviraston tilastoja 9/2013. Helsinki: Liikennevirasto.

Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. 2013. Liikenneviraston ohjeita 5/2013. Helsinki: Liikennevirasto.

Vianova Systems Finland Oy. Novapoint -ohjelmisto. Esittely. Luettu 16.3.2014.

<http://www.vianova.fi/Tuotteet/Novapoint#.UyVcNYUokn0>

Wuorenjuuri, J. 2012. Rautatierumpujen hallintaraportti 2012. Helsinki: VR Track Oy.

Zenex Computing Oy. MathCAD -sovellus. Esittely. Luettu 16.3.2014.

<http://www.mathcad.fi/mathcad.html>