



Kunnallistekniikan suunnitteluprosessi Hautakankaan alueelle

Miska Carlsson

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

CARLSSON, MISKA:

Kunnallistekniikan suunnitteluprosessi Hautakankaan alueelle

Opinnäytetyö 77 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Toukokuu 2020

Oriveden kaupungilla oli tarve toteuttaa vesihuoltosaneeraus ja katusaneeraus Hautakankaan alueella. Näiden saneeraustöiden toteuttamiseksi on tarvittu saneeraussuunnitelmia. Oriveden kaupunki oli tilannut suunnittelutyön saneeraustöitä varten, ja suunnittelu oli tehty organisaation sisällä. Suunnittelutyön taustalla oli tarve tehdä suunnitelmat, joilla hillitään korjausvelkaa ja pidetään vesihuoltoverkko toimivana. Vesihuoltosuunnittelun lisäksi suunnitteluun kuului katusaneeraus, jonka taustalla on parantaa kadun toimivuutta ja kaupungin yleisilmettä.

Opinnäytetyössä käsitellään suunnittelutyön prosessia. Suunnittelu perustuu ohjeisiin, alan käytäntöihin ja soveltamiseen tilanteen mukaisesti. Suunnittelutyön perusteella saneeraussuunnitelmiin löytyi oikeat ratkaisut ja niiden oikeellisuus perustuu kattavaan suunnitteluun.

Tuloksista on lisäksi hyötyä tulevaa suunnittelutyötä varten. Työn perusteella on mahdollista tarvittaessa tehdä ohjeet kaupungin omaan käyttöön. Suunnitteluprosessista löytyy aina kehitettävää ja ratkaisutyypit soveltuvat eritavalla kohteesta riippuen. Tärkeintä on kuitenkin johdonmukaisuus suunnittelutyössä, jotta tulokset ovat selkeästi ymmärrettävissä ja työprosessi on selkeä toteuttaa eri kohteille.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Civil and construction engineering
Infrastructure construction

CARLSSON, MISKA:

Process for renovation of municipal infrastructure in Hautakangas district

Bachelor's thesis 77 pages, appendices 9 pages
May 2020

The city of Orivesi had demand for water management and street renovation in Hautakangas district. For these renovation works, the city required plans. The city of Orivesi had commissioned planning work for the renovation works and the work process was done within the city organization. The purpose of the plans was to curb water maintenance backlog and keep the network in operation. Additionally, plans for street renovation were made, which improve road functionality and general appearance.

The work process is showcased in the thesis. The planning was based on various instructions and information on the practices in the field, which were then implemented according to the requirements. Based on the planning process, the right solutions were made and the accuracy of the plans was confirmed by extensive planning.

The results are beneficial for the future planning. It is now possible to make instructions for planning by utilizing the thesis. There is always need for development in the plans, and different solutions are required at various sites. Yet, the most important attribute to work is coherence, so that the plans are easily understandable and the work processes are easy to follow for each site.

Key words: municipal infrastructure, renovation, planning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tarkoitus.....	7
1.2	Työn tausta ja tavoitteet	7
1.3	Työn rajaukset.....	7
2	LAINSÄÄDÄNTÖ	8
2.1	Vesihuoltolaki (119/2001)	8
2.2	Vesilaki (587/2011)	8
2.3	Terveystensuojelulaki (763/1994)	9
2.4	Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)	9
2.5	Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (Vna205/2009)	10
2.6	Pelastuslaki (379/2011).....	11
2.7	Valmiuslaki (1552/2011).....	11
3	RAKENNUSTEKNINEN TEORIA.....	13
3.1	Vesihuolto	13
3.1.1	Vesilaitos	14
3.1.2	Viemärlaitos	15
3.1.3	Hulevedet	16
3.1.4	Hydrologia	16
3.2	Vesihuoltoverkoston toiminta	16
3.2.1	Vesijohdot.....	18
3.2.2	Viemäriverkko.....	19
3.3	Katuverkko	20
3.3.1	Katuluokat	21
3.3.2	Mitoitusperusteet	21
4	TYÖPROSESSI	22
4.1	Työkohde	22
4.2	Valmistelevat työt	25
4.2.1	Koekuopat	25
4.2.2	Mittaukset	27
4.2.3	Verkostoselvitys.....	27
4.3	Verkostosuunnittelu.....	27
4.3.1	Vesijohtojen mitoittaminen.....	28
4.3.2	Viemäriverkon suunnittelu	34
4.3.3	Hulevesimitoitus	37
4.3.4	Työselitys	40

4.4	Katusuunnittelu	41
4.4.1	Lähtötiedot.....	41
4.4.2	Kadun geometrian suunnittelu	42
4.4.3	Kadun rakennekerrosten suunnittelu	47
4.4.4	Lumitilan mitoitus.....	55
4.4.5	Lumitaselaskelmat.....	56
4.5	Kustannusarvio	58
5	TULOKSET	61
5.1	Vesihuolto	61
5.2	Katusaneeraus	63
6	POHDINTA	65
	LÄHTEET	66
	LIITTEET	68
	Liite 1. Saneerauskohteen vesijohtoverkko.....	69
	Liite 2. Saneerauskohteen viemäriverkko	70
	Liite 3. Väliaikainen käyttövesijohto etelä.....	71
	Liite 4. Väliaikainen käyttövesijohto pohjoinen	72
	Liite 5. Hautakankaantien pituusleikkaus 1 (1:500/1:50).....	73
	Liite 6. Hautakankaantien pituusleikkaus 2 (1:500/1:50).....	74
	Liite 7. Hautakankaantien tyyppipoikkileikkaus suoralle (1:200)	75
	Liite 8. Hautakankaantien tyyppipoikkileikkaus kaarteelle (1:200)	76
	Liite 9. Aluekartta	77

ERITYISSANASTO

AVI	Aluehallintovirasto
GTK	Geologian tutkimuskeskus
Kunnallistekniikka	Yhteiskuntaa palveleva rakennettu verkko
PEH	Polyeteeni, korkeatiheyksinen
PVC	Polyvinyylikloridi
Raakavesi	Talousvedeksi käytettävä vesi ennen puhdistusta
Sammutusvesi	Palon sammutukseen käytettävä vesi
Yleinen tie	Maantie tai paikallistie

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa vesihuollon saneeraussuunnitelma Hautakankaan alueelle sekä katusuunnitelma Hautakankaantien saneerausta varten. Työn on lisäksi tarkoitus ohjeistaa tulevaa kunnallisteknistä saneeraussuunnittelua Oriveden kaupungille.

1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Työn taustalla on tarve laatia kunnallistekniset saneeraussuunnitelmat Oriveden kaupungin käyttöön. Suunnitelmia käytetään tulevien saneeraustöiden suorittamiseen. Opinnäytetyön tavoitteena on käydä läpi suunnitteluprosessi sekä suunnittelutyön tulokset ja johtopäätökset.

1.3 Työn rajaukset

Opinnäytetyö rajautuu suunnittelutyöhön Orivedellä sijaitsevalle Hautakankaan alueelle. Työssä käydään läpi Oriveden kaupungille laadittujen suunnitelmien taustat ja työvaiheet. Suunnitteluprosessia ja sen taustalla olevia menetelmiä arvioidaan työn aikana. Samalla tutustutaan alan käytänteisiin ja mahdollisiin haasteisiin.

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

Lainsäädännöllä on keskeinen rooli rakentamisessa. Lakien ja asetusten avulla ohjeistetaan rakennusalan käytäntöjä sekä asetetaan vaatimuksia ja määräyksiä.

2.1 Vesihuoltolaki (119/2001)

Vesihuoltolaki on laajin, ja samalla myös tärkein, kunnallisteknistä verkkoa koskeva laki. Vesihuoltolain tavoitteena on turvata vesihuolto, joka kattaa terveydellisesti ja muutenkin moitteettoman talousveden, sekä ympäristönsuojelun kannalta riittävän viemäroinnin, kohtuullisin kustannuksin. (Vesihuoltolaki 9.2.2001/119.)

Vesihuollolla tarkoitetaan veden johtamista käsiteltäväksi ja toimittamista talousvetenä käytettäväksi sekä jäteveden poisjohtamista ja käsittelyä. (Vesihuoltolaki 22.8.2014/681.)

Kunnalla on velvollisuus kehittää vesihuoltoa yleis- ja rakennussuunnittelun, sekä kunnallisteknisen verkon rakentamisen kautta, yhteistyössä vesihuoltolaitosten, raakaveden toimittajien, jätevesipuhdistamojen sekä muiden alueen kuntien kanssa. (Vesihuoltolaki 22.8.2014/681.)

2.2 Vesilaki (587/2011)

Vesilaki on raakaveden hankkimisen ja käsiteltyjen jätevesien kannalta keskeinen laki. Vesilain tarkoituksena on järjestää, ylläpitää ja turvata kestävä veden käyttö siten, että vesistöihin kohdistuva haitta on mahdollisimman pientä ja että vesivarojen tilaa pyritään parantamaan. (27.5.2011/587.)

Kunnallistekniikassa vesilakia sovelletaan pääosin veden käyttöoikeuden määrittämiseen, veden hyödyntämiseen vesihuoltoa varten ja puhdistetun jäteveden johtamisessa vesistöön. Raakaveden hyödyntämisellä ja vesistöön johtamisella on suora vaikutussuhde vesistön tilaan. Vesilaille säädellään muun ohella veden käyttöä yhteiskunnan tarpeisiin. (Vesilaki 27.5.2011/587.)

Mikäli raakavettä hyödynnetään vesistöistä tai pohjavedestä yli 250 kuutiota vuorokaudessa, veden ottaminen kuuluu luvanvaraiseen toimintaan. Lupaviranomaisena toimii aluehallintovirasto, joka samalla myös valvoo veden käyttöä. Lupakäsittelyn ohessa AVI järjestää kuulutuksen kunnissa, joita veden ottaminen koskee. (Vesilaki 27.5.2011/587; Aluehallintovirasto 2020)

2.3 Terveydensuojelulaki (763/1994)

Talousvesi määritellään vedeksi, joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruoan valmistukseen ja muuhun kotitaloustarkoitukseen, riippumatta siitä, kuinka vesi toimitetaan veden käyttäjälle. Talousvesi toimitetaan pääasiallisesti vesijohtoverkostolla. Talousvesi ei saa aiheuttaa vaaraa käyttäjälle, ja sen tulee soveltua käyttökohteen vaatimuksiin. Veden jakelussa talousvesi ei saa likaantua epäpuhtauksien myötä. Vedenottaminen täytyy suunnitella siten, että talousveden laatuvaatimukset täyttyvät veden käsittelyn myötä. (Terveydensuojelulaki 11.11.2016/942.)

Terveydensuojelulaissa myös määritellään viemärin suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito sekä viemäriverkoston liittyvien laitteiden kanssa toimiminen siten, ettei niistä aiheudu terveystahetta. (Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763.)

2.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)

Maankäyttö- ja rakennuslaki luo edellytykset hyvälle elinympäristölle alueen käytön ja rakentamisen näkökulmasta. Lain tavoitteena on edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurillisesti kestävä kehitystä. Maankäyttö- ja rakennuslaissa on keskiössä jokaisen osallistumismahdollisuudet, avoin tiedottaminen, suunnittelun laatu ja asiantuntemuksen monipuolisuus maankäyttöön ja rakentamiseen liittyvissä asioissa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

Suunnittelutarvealue on alue, johon liittyy erityisiä maanrakentamisen tarpeita. Esimerkkinä suunnittelutarvealuevarauksesta voi toimia tarve uudelle vesijohdon linjaukselle, joka korvaa vanhan käytöstä poistuvan vesijohtolinjan.

Suunnittelutarvealuesäännöksiä sovelletaan myös ympäristövaikutusten vuoksi tavanomaista laajempaa lupaharkintaa vaativassa rakentamisessa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

Katualue on määritelty asemakaavassa. Katualue kattaa maanalaiset ja maanpäälliset johdot, laitteet ja rakenteet, jotka ovat asemakaavassa määritetyn alueen sisällä. Asemakaavassa voidaan kuitenkin osoittaa poikkeaminen edellä mainitusta. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

Kadun rakentamista varten vaaditaan katusuunnitelma. Katu on suunniteltava siten, että se sopii rakennettuun ympäristöön ja täyttää turvallisuus-, toimivuus- ja viihtyisyysvaatimukset. Kunta vastaa katusuunnitelman hyväksymisestä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

Tonttiliittymän rakentaminen liittyessään katualueen ajoradalle on kiinteistön omistajan tai haltijan vastuulla. Katua saneerattaessa kunnan tulee kuitenkin huolehtia, että tonttiliittymä säilyy samanlaisena ja huolehtii liittymän päällystämistä puolen metrin osuudelta päällystystöiden yhteydessä. Tonttiliittymiin liittyvät käytännöt kuitenkin vaihtelevat kunnittain. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132; Oriveden kaupunki, 2016a)

2.5 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (Vna205/2009)

Valtioneuvoston asetusta rakennustyön turvallisuudesta sovelletaan rakennuksen tai rakennelman uudis- ja korjausrakentamisessa, kunnossapidossa, asennustöissä, purkutöissä, maa- ja vesirakentamisessa sekä edellä mainittujen työtehtävien valmistelussa ja suunnittelussa. (Vna rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205.)

Ennen maanrakennustöiden aloittamista tulee olla selvillä työkohteen geotekniset ominaisuudet sekä olemassa olevan kunnallistekniikan vaikutus työn toteuttamiseen. Kaivannon sortumavaara ja maamassojen kantavuus tulee arvioida luotettavasti työturvallisuuden takaamiseksi. Tarvittavien suojaustoimenpiteiden suunnittelu tulee olla pätevän suunnittelijan laadittavana. Muuttuvat sääolosuhteet saattavat aiheuttaa vaaraa kaivantotöissä, mistä

johtuen on välittömästi ryhdyttävä suojaustoimiin vaaran välttämiseksi. Tärinän vaikutukset kaivantotyöturvallisuuteen tulee huomioida riittävän pätevästi. (Vna rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205.)

2.6 Pelastuslaki (379/2011)

Pelastuslain tarkoituksena on parantaa ihmisten turvallisuutta ja vähentää onnettomuusriskejä. Lisäksi laissa säädetään ihmisten pelastamisesta ja ympäristön sekä rakennusten vaurioiden minimoinnista. (Pelastuslaki 29.4.2011/379.)

Pelastuslaissa määritellään sammutusveden hankinta ja toimittaminen pelastuslaitoksen tarpeisiin. Sammutusvesisuunnitelma laaditaan pelastuslaitoksen, kunnan ja vesilaitoksen yhteistyönä. Sammutusvesisuunnitelma perustuu alueen pelastustoimen päätökseen palvelutasosta, joka toimii vaatimuksena suunnitelman teossa. (Pelastuslaki 29.4.2011/379.)

Kunnan ja vesilaitoksen vastuulla on hankkia ja toimittaa sammutusvesisuunnitelman mukaisesti sammutusvettä pelastuslaitoksen tarpeisiin. Sammutusveden toimittamiseen liittyvät vesihuollon verkostot ja laitteet sekä niiden huolto kuuluvat kunnan ja vesilaitoksen vastuulle. Sammutusveden saanti on turvattava suunnitelman mukaisesti. (Pelastuslaki 29.4.2011/379.)

2.7 Valmiuslaki (1552/2011)

Valmiuslain on tarkoitus turvata väestön ja yhteiskunnan toiminta siten, että ihmis- ja perusoikeudet on turvattu ja valtakunnan itsenäisyys ja koskemattomuus säilyvät. (Valmiuslaki 29.12.2011/1552.)

Valmiuslaissa säädetään vedenhankinnasta kriisitilanteissa. Poikkeustilanteissa vesilaitokselta voidaan edellyttää toimia vedentarpeen tyydyttämiseksi toimialueensa ulkopuolella maa- ja metsätalousministeriön päätöksellä.

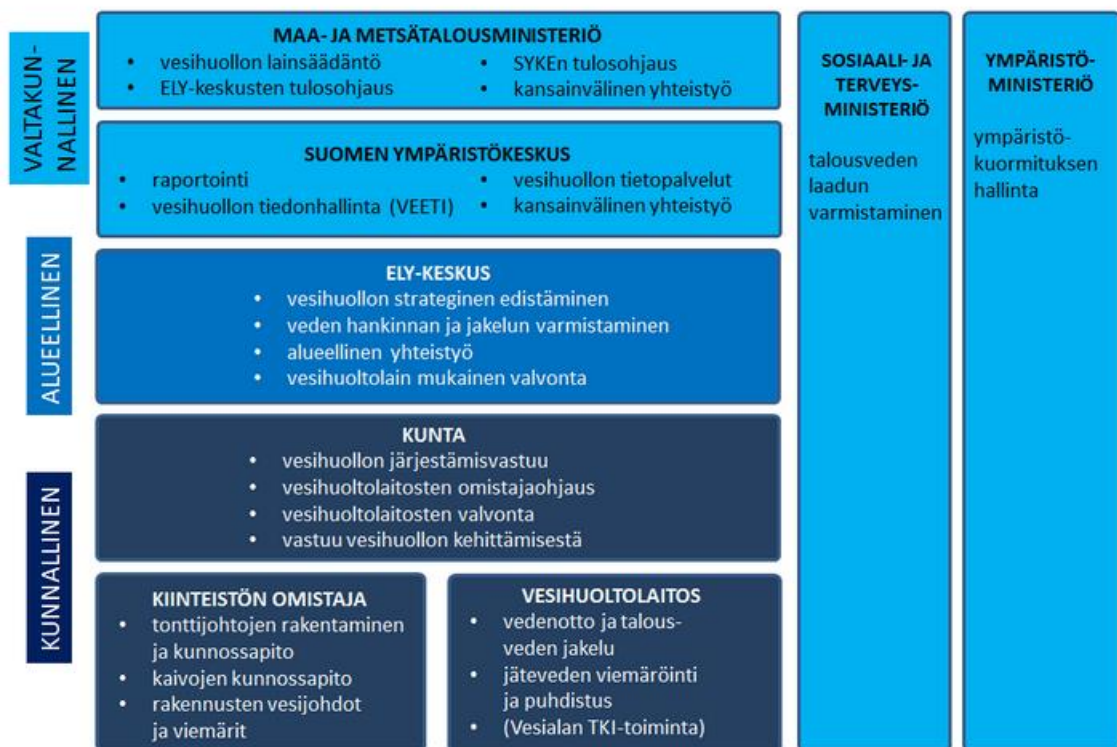
Poikkeusoloissa voidaan järjestää muutoksia vedenottoon. (Valmiuslaki 29.12.2011/1552.)

3 RAKENNUSTEKNINEN TEORIA

Rakennusteknisen teorian osuudessa syvennyttään suunnitteluperiaatteiden taustoihin ja rakentamisen perusteisiin.

3.1 Vesihuolto

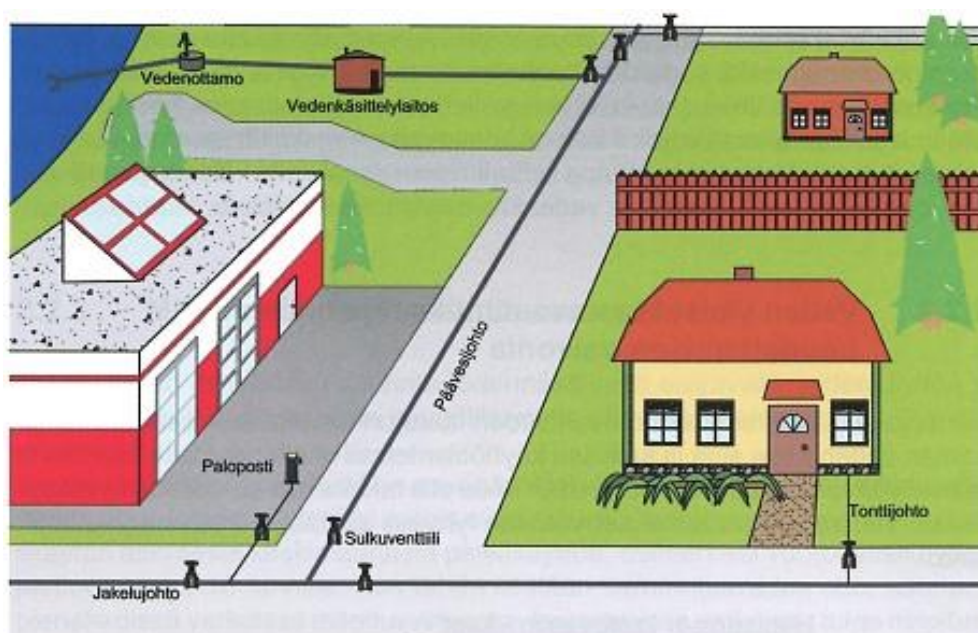
Vesihuolto määritellään yhdyskuntien ja teollisuuden vedenhankintana, jäteveden poisjohtamisena, sekä näihin liittyvinä laitteina ja toimintoina. Vesihuolto kattaa käytännössä kaikki vaiheet raakaveden ottamisesta aina jätevedestä kerättävän lietteen hyötykäyttöön. Suomen lainsäädännössä myös hulevesien käsittely kuuluu vesihuoltoon, mutta se ei välttämättä ole osana teknistä verkkoa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 13.)



KUVA 1. Vesihuolto kokonaisuudessaan (Maa- ja metsätalousministeriö)

3.1.1 Vesilaitos

Vesilaitos koostuu monista eri osista. Veden ottamiseen vesistöstä tai pohjavedestä liittyvät laitteet ja rakenteet kuuluvat vesilaitoksen toiminnan piiriin alkuvaiheeseen. Veden ottamisen jälkeen vesi johdetaan yleensä runkovesijohdon avulla käsiteltäväksi vedenpuhdistuslaitokselle. Puhdistusprosessin jälkeen juomakelpoinen vesijohtovesi voidaan johtaa säilöntään, esimerkiksi ylävesisäiliöön. Vesijohtovesi johdetaan vesijohtoverkosta pitkin käyttäjille. Vesilaitoksen toimintavastuu päättyy käytännössä siinä vaiheessa, kun vesi luovutetaan käyttäjälle. Rajakohta on määritetty vesilaitoksen ja asiakkaan välisessä sopimuksessa. Yleisin käytäntö on rajata vastuualue kiinteistön rajalle tai haarakohtaan, josta tonttijohto haarautuu jakeluverkosta. Lisäksi kiinteistön vesimittari kuuluu vesilaitokselle, ja sen huolto on vesilaitoksen tehtävä. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 41.)

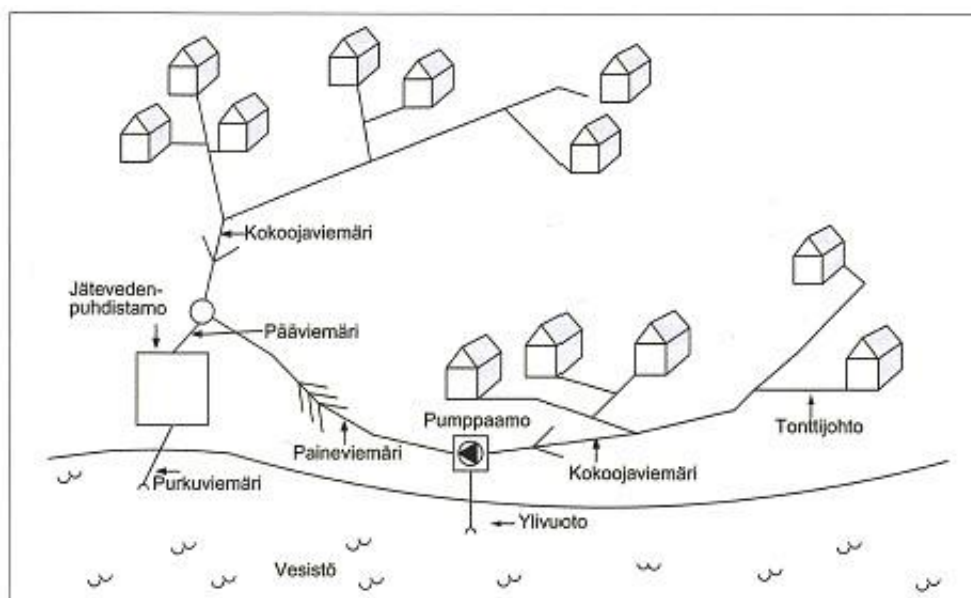


KUVA 2. Vesijohtoverkoston osat kuvitettuna (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010a, 105)

3.1.2 Viemärlaitos

Viemärlaitoksen tehtävä on kerätä jätevedet ja johtaa ne hallitusti käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle, josta ne palautetaan luonnonympäristöön mahdollisimman hyvin käsiteltynä. Viemärlaitos vastaa niistä rakenteista ja laitteista, joiden avulla jätevedet saadaan johdettua ja käsiteltyä oikealla tavalla. Viemärlaitokselle kuuluu myös hulevesien johtaminen ja mahdollisesti tarvittava käsittely. (Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry 2003, 49.)

Viemärlaitoksen ja asiakkaan välisen vastuun rajanveto perustuu samoihin periaatteisiin kuin vesilaitoksenkin osalta. Viemärlaitos siis kattaa kaiken kiinteistöltä pois johdettavan jäteveden tai huleveden ja vesistöön johtavan purkuputken uloimman pään välillä. Viemärlaitoksen vaikutukset ympäristöön eivät kuitenkaan rajoitu ainoastaan viemäriverkostoon, vaan näkyvät myös vesistöissä, joihin vesiä johdetaan. Tästä syystä ympäristönsuojelu on erittäin oleellinen osa viemärlaitoksen toimintaa ja asettaa vaatimuksia laitoksen toimintaa kohtaan. (Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL ry 2003, 49.)



KUVA 3. Viemäriverkoston osat periaatekuvassa (Suomen rakennusinsinöörin liitto ry 2010a, 27)

3.1.3 Hulevedet

Hulevesi on sadevettä, joka virtaa lopulta viemäriverkkoon. Muu osa sateesta haihtuu, imeytyy tai pidättyy kasvillisuuteen. Sadeveden lisäksi lumen sulamisvedet lasketaan hulevedeksi. (Suomen rakennusinsinöörien liitto ry 2010a, 13.)

Hulevedet pyritään nykyään johtamaan erillään jätevesiviemäreistä. Kyseistä käytäntöä kutsutaan erillisviemäroinniksi. Erillisviemäroinnin tarkoituksena on vähentää jätevesiviemäriverkon virtaamia, ja sen myötä tuoda kustannussäästöjä viemärilaitokselle. Jätevesiviemäristä erilliset hulevedet voidaan suoraan johtaa vesistöihin, avo-ojiin tai hyödyntää jopa viheralueiden suunnittelussa.

3.1.4 Hydrologia

Hydrologia on tieteenala, joka tutkii veden ominaisuuksia maapallolla. Hydrologiassa perehdytään veden jakautumiseen ja kiertoon sekä sen vuorovaikutussuhteisiin ympäristöönsä nähden. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 71.)

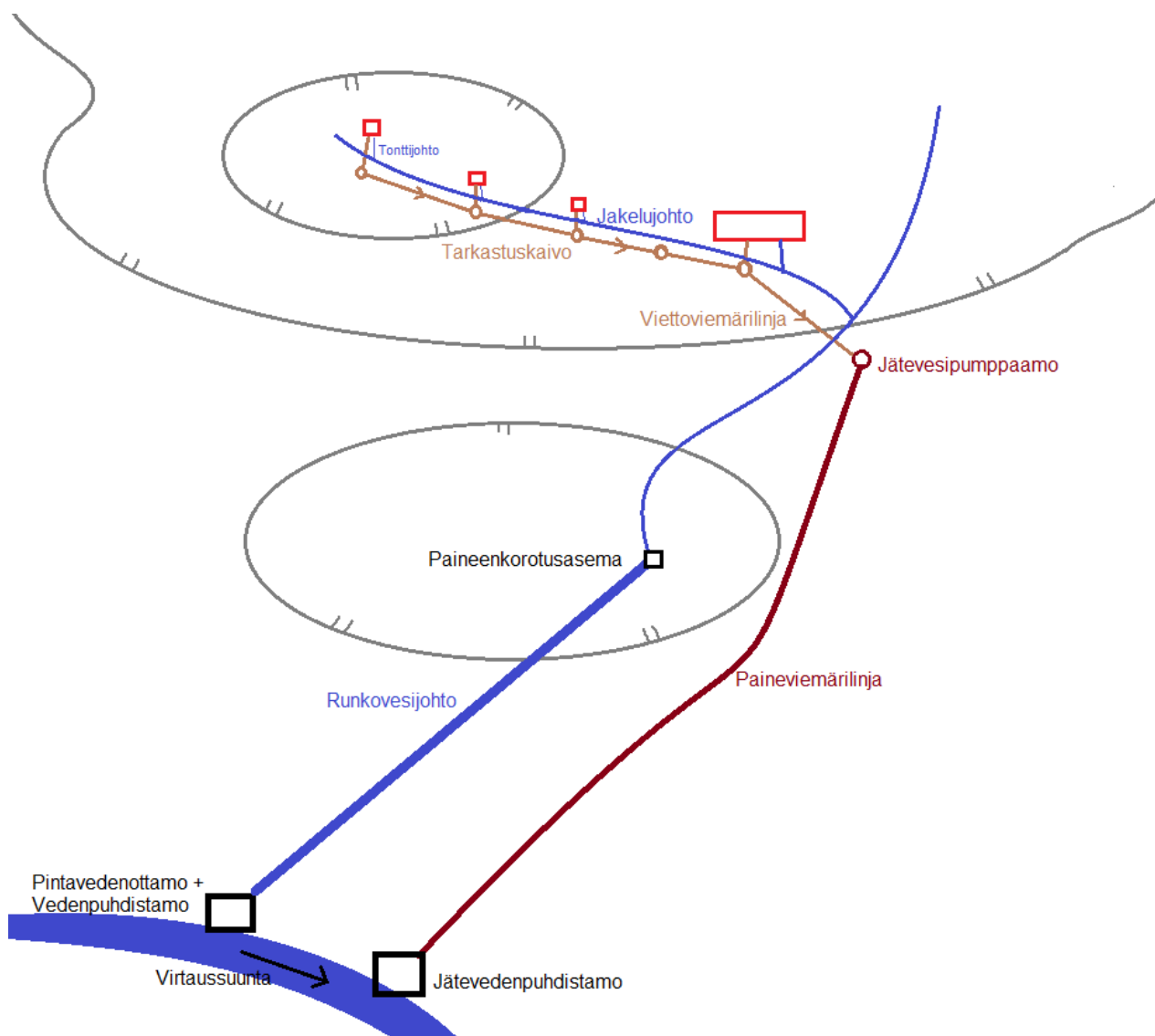
Hydrologia on keskeistä vesihuoltotekniikan suhteen. Ymmärtämällä veden vuorovaikutuksia ja ominaisuuksia osana vesihuoltoverkkoa voidaan tarkasti arvioida ja laskea verkon toiminnan kannalta tärkeitä tunnuslukuja. Hydrologialla on tärkeä rooli vesihuoltoverkoston suunnittelussa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 71.)

3.2 Vesihuoltoverkoston toiminta

Vesihuoltoverkoston tarkoituksena on johtaa juomakelpoinen käyttövesi vesihuoltoverkkoon liittyneelle kiinteistölle riittävällä paineella mahdollisimman kustannustehokkaasti ja ilman häiriöitä, ja samalla johtaa jätevedet kiinteistöltä jätevedenpuhdistamolle ilman ympäristön saastumista ja taata viemäriverkon toiminta jätevesien johtamisessa.

Käyttöveden jakelussa häiriöalttiutta voidaan vähentää välivarastoinnilla ylävesisäiliöissä jakamalla verkko useisiin mittausverkostoihin ja ottamalla vettä useasta eri vedenottamosta. Samalla ylläpidetään varavedenottamon toimintaa kriisitilanteen varalta. Kiinteistöille jaettavan vesijohtoveden riittävä painetaso taataan oikein tehdyllä mitoituksella ja verkoston painetason seurannalla. Myös sammutusveden turvaaminen paloposteihin riittävällä paineella on äärimmäisen tärkeää laajempien tulipalojen sammuttamisen kannalta.

Jätevesien johtamisessa oleellista on ottaa huomioon riittävä kapasiteetti putkimitoituksessa, putkilinjojen riittävä kaato huuhtoutumisen edistämiseksi sekä tarkastuskaivojen sijoittelu järkevin välimatkoin. Useimmiten jätevedet joudutaan johtamaan puhdistamolle paineviemärillä, joten paineviemärin pumppauskapasiteetti on tärkeä mitoittaa tarkasti, jotta puhdistamon käsittelykapasiteetti ei ylity.



KUVA 4. Periaatekuva kuinka vesihuolto voidaan järjestää (Miska Carlsson 2020)

3.2.1 Vesijohtot

Vesijohtoverkoston toiminta on monimuotoista. Veden kulkuun vaikuttaa monet eri tekijät, joiden väliset vuorovaikutussuhteet ovat tärkeä ymmärtää suunnittelua tehdessä. Tärkeitä tekijöitä ovat muun muassa verkoston paine, putken halkaisija, paineiskut, verkoston virtausnopeus sekä huipputuntikulutus.

Vesihuoltoverkoston mitoittamiseen löytyy paljon kaavoja ja ohjeita, joiden avulla voidaan valita paras putkimateriaali ja samalla laskea sopivat dimensiot. Rakennusinsinöörin liiton vesihuolto -julkaisuista löytyy kattavasti tietoa vesijohtoverkoston toiminnasta, suunnitteluperusteista sekä selitykset ja kaavat eri tunnusluville ja laskenta-arvoille.

Vesijohtoverkoston saneerauksessa voi hyödyntää jo olemassa olevaa verkkoa suunnannäyttäjänä suunnittelutyötä varten. On kuitenkin syytä laskea ja mitoittaa uusi verkko olemassa olevaa ja mahdollisesti tulevaa tarvetta varten sopivaksi. Erityisesti venttiilien sijoitteluun on syytä kiinnittää huomiota. Järkevällä jakelujohtoventtiilien sijoittelulla parannetaan vesijohtoverkon hallittavuutta ja helpotetaan samalla tulevien saneeraustöiden suorittamista. Huonosti suunniteltu venttiilien sijoittelu voi pahimmillaan vaikeuttaa verkoston saneeraustoimenpiteitä merkittävästi.

3.2.2 Viemäriverkko

Viemäriverkko on yleensä toteutettu viettoviemärinä. Viettoviemäriverkoston rakenne muistuttaakin paljon vaahteraa, jonka oksat levittäytyvät laajalle alalle. Viemärin putkikoko kasvaa sen mukaan, kun haarat liittyvät yhteen. Virtaamien kasvun seurauksena on syytä mitoittaa suurempi putki verkoston toimivuuden takaamiseksi.

Tämän myötä yleinen käytäntö on kerätä alueen jätevedet viettoviemärilinjojen avulla keskitetysti lähialueeseen nähtynä matalalla sijaitsevaan paikkaan, johon jätevesipumppaamo sijoitetaan. Pumppaamolta jätevedet siirretään paineellisesti paineviemärilinjaan. Paineviemärilinja ei ole yhtä riippuvainen maastonmuodoista kuin kaadoin toteutettava viettoviemärilinja. Paineviemärilinja voi johtaa suoraan jätevedenpuhdistamolle tai kaivolle sellaiseen paikkaan, josta on järkevää jatkaa jätevesien siirtämistä viettoviemärillä. Siirryttäessä paineviemärilinjasta takaisin viettoviemäriverkkoon on tärkeä kiinnittää huomiota viettoviemärilinjan kapasiteettiin, jotta verkoston sallima virtaama on vähintään yhtä suuri kuin paineviemärilinjan huippuvirtaama. Vastaavasti kapasiteetin ollessa riittämätön, voidaan suuremmalla putkikoolla johtaa enemmän jätevesiä pienemmällä virtaamalla.

Viemäriverkkoa saneerattaessa on tärkeää mitoittaa riittävä kapasiteetti uudelle linjalle. Sujutuksen osalta on tärkeää varmistua siitä, että vanhan putken sisään sujutettava sujutusputki on riittävän suuri jätevesien siirtämiseen.

3.3 Katuverkko

Katuverkko muodostaa paikallisliikenteen selkärangan taajama-alueilla. Katuverkko on yleensä rakentunut yleisten teiden ympärille ja palvelee alueen kiinteistöjä. Katutila on monen eri liikennemuodon muodostama kokonaisuus, johon kuuluu myös kunnallisteknisiä verkkoja. Katutilaa voidaan muovata monella eri tavalla käyttötarkoituksen ja alueen yleisilmeen mukaan.

Katuverkon toiminnallinen luokitus määrittää kadun käyttötarkoituksen. Moottoriväylät ovat runsasliikenteisiä kaupunkimoottoritietyyppisiä pääväyliä, jotka yhdistävät kaupunkialueen kansallisen valtatieverkkoon. Moottoriväylät luetellaan kuitenkin yleisiksi teiksi, joten ne eivät ole kaupunkien vastuulla. Moottoriväylillä on kuitenkin suuri rooli katuverkon muodostumisessa. Pääkatu on kaupungin sisäisen katuverkon mittavin katutyyppi, ja sen tarkoitus on mahdollistaa suurien liikennemäärien liikennöinti taajamaympäristössä. Pääkadut ovat usein myös tärkeitä joukkoliikennekäytäviä. Pääkatujen ja yleisten teiden rajapinta voi olla vaikea hahmottaa, ja on usein erotettavissa vain hallinnollisen jaon perusteella. Pääkaduilla nopeusrajoitus on usein taajama-alueen yleisrajoitusta suurempi, mahdollistaen nopean liikkumisen kaupunkialueen sisällä. (Helsingin kaupunki 2014, 46-47.)

Alueelliset kokoojakadut palvelevat kaupunkien osa-alueita. Alueellisten kokoojakatujen tarkoituksena on kytkeä paikalliset kokoojakadut pääkatuihin ja yleiseen päätieverkkoon. Paikalliset kokoojakadut taas palvelevat yksittäisiä asuinalueita ja johtavat liikennettä tonttikaduilta alueellisille kokoojakaduille. Paikalliset kokoojakadut ovat liikennesuoritteeltaan selkeästi alueellisia kokoojakatuja vähemmän liikennöityjä. Paikallisten kokoojakatujen varteen on myös mahdollista sijoittaa kadunsuuntaisia parkkipaikkoja. (Helsingin kaupunki 2014, 48-51.)

Tonttikadut ovat hidasliikenteisiä katuja, joihin on yleensä mahdollista parkkeerata kadun varteen. Tonttikatujen geometria ja ympäristö suunnitellaan siten, että nopeusrajoitukset pysyvät alhaisina, mikä on mahdollista toteuttaa hidasteilla ja mutkittelevilla katulinjauksilla. (Helsingin kaupunki 2014, 52.)

3.3.1 Katuluokat

TAULUKKO 1. Katuluokat ja niiden kuvaukset (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2002, 96)

Katuluokka	Kuvaus	Liikennemäärä (ajon./vrk)
1	Erittäin raskaasti liikennöidyt kadut (2+2 kaistaa)	>30 000
2	Raskaasti liikennöidyt kadut (2+2 kaistaa)	10 000 - 30 000
3	Pää- ja kokoojakadut	2 500 - 10 000
4	Asuntokadut	500 - 2 500
5	Pientaloalueen asuntokadut	10 - 500
6	Jalkakäytävät	-

3.3.2 Mitoitusperusteet

Katujen mitoitus lähtee liikelle lähtötietojen hankinnasta. Kadun luokitukset määrittelevät rajaehoja ja tarpeita katualueelle. Tärkeitä osatekijöitä ovat liikennesuorite, kadun sijainti yhdyskuntarakenteessa ja jalankulku- ja pyöräilymahdollisuudet. Teollisuus- ja asuinalueilla on eri tarpeita katuverkolle, ja kadun sijainti keskustan ja kaupungin reuna-alueen välillä määrittelee merkittävästi kadun toimivuuden vaatimuksia. Jokaisen kadun kohdalla on erikseen syytä arvioida kadun tarpeet ja vaatimukset, ja aloittaa sen pohjalta suunnittelutyö. Katujen saneeraustöissä on pääosin mahdollista vain muokata kadun rakenteita ja rakentaa liikennettä hillitseviä toimenpiteitä, kuten hidastetöyssyjä tai kavennettuja katuosuuksia. Saneerauksen yhteydessä on harvemmin mahdollista tehdä merkittäviä muutoksia kadun geometriaan, varsinkin tiiviisti rakennetussa ympäristössä.

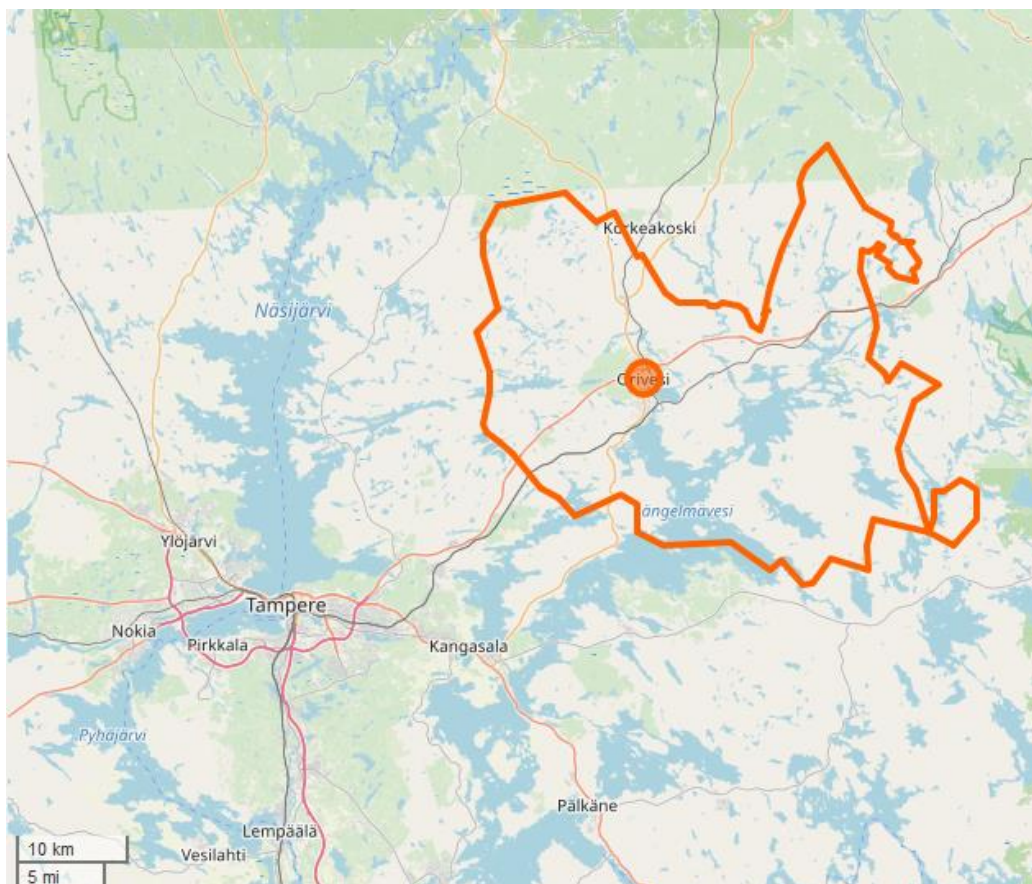
Suuri osa taajama-alueiden kaduista on tonttikatuja, joiden liikenne on vähäistä ja joiden liikennekanta koostuu pääasiassa kadun varren asukkaiden ajoneuvoista. Vähäiset liikennemäärät keventävät katujen rakennerratkaisuja, mistä johtuen katujen järkevä mitoittaminen on taloudellisesti perusteltua.

4 TYÖPROSESSI

Työprosessi -osiossa käydään läpi suunnittelutyö, suunnittelua varten käytettävät kaavat ja yleiset käytänteet. Lisäksi perehdytään suunnittelun taustatekijöihin ja suunnittelutyön tekemiseen.

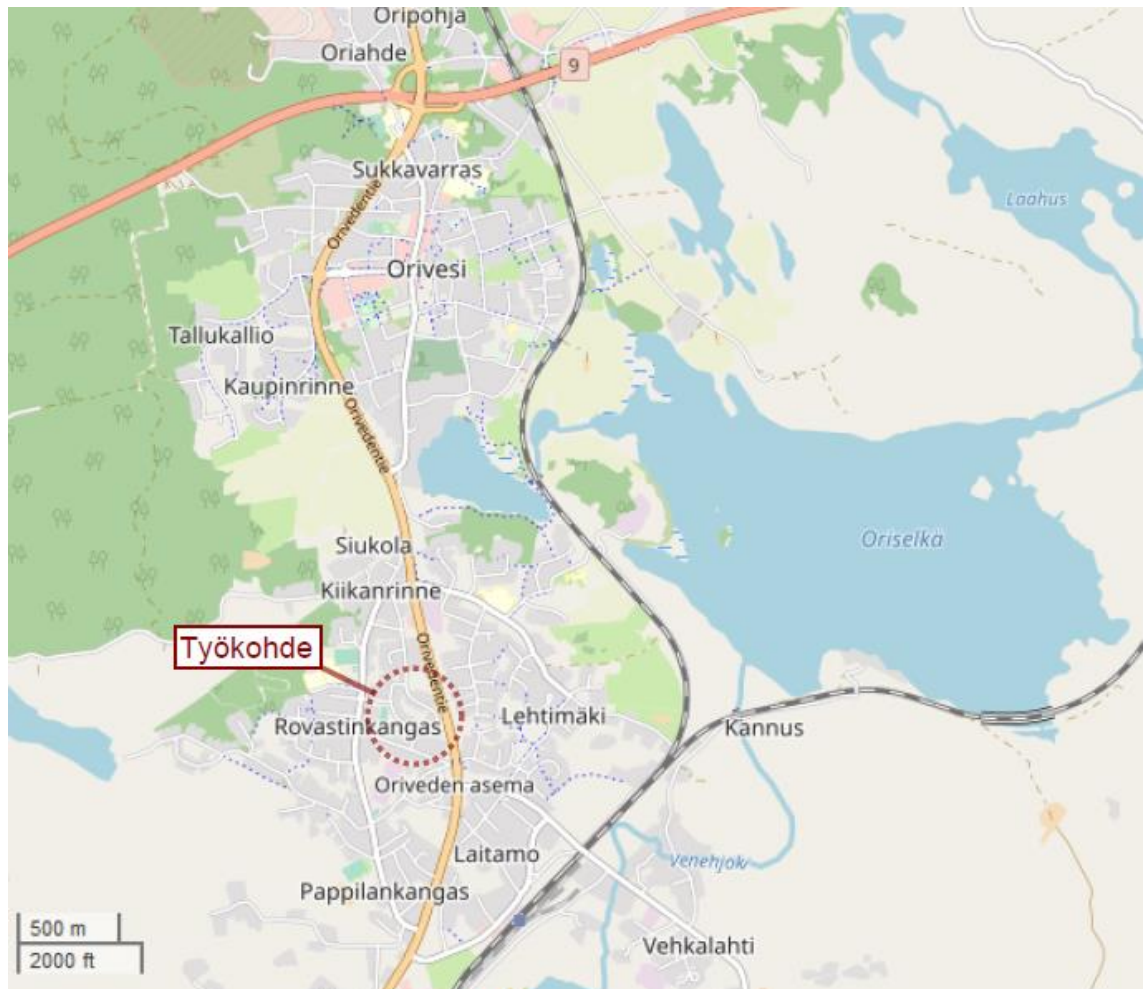
4.1 Työkohte

Oriveden kaupunki sijaitsee Pirkanmaalla, noin 40 kilometrin päässä Tampereelta koilliseen. Oriveden nykyinen asukasluku on noin 9400 asukasta. Orivesi on yhdyskuntarakenteeltaan omakotitalopainotteinen paikkakunta. Kaupunki tarjoaa runsaasti tontteja omakotitaloasumiseen ja teollisuustoimintaa varten. (Oriveden kaupunki 2016b.)



KUVA 5. Oriveden kaupungin sijainti Tampereeseen nähden (Openstreetmap 2020)

Opinnäytetyössä käsitellään Orivedellä sijaitsevan Hautakankaan asuinalueen kunnallistekniikan saneerausta. Alue sijaitsee noin 2-3 kilometriä kaupungin keskustasta etelään, Rovastintien ja Kantatie 54:n välissä.



KUVA 6. Työkohteen sijainti kartalla (OpenStreetMap 2020. muokattu)



KUVA 7. Hautakankaantie kerrostalojen vieressä (Miska Carlsson 2020)



KUVA 8. Hautakankaantie leikkipuiston kohdalla (Miska Carlsson 2020)

4.2 Valmistelevat työt

Ennen suunnittelutyön aloittamista on syytä kerätä lähtötietoja. Lähtötiedot luovat pohjan suunnitteluprosessille ja määrittelevät ehtoja, joiden mukaan työ voidaan toteuttaa. Lähtötietojen keräämiseen on monia eri menetelmiä, ja ne yhdessä luovat vankan pohjan suunnittelun perustaksi.

4.2.1 Koekuopat

Suunnittelualueelle tehdyt koekuopat kertovat maaperän ominaisuuksista. Kaivausten perusteella maaperä on erittäin kivikkoista, ja kalliopinta on noin metrin syvyydellä maanpinnasta. Koekuopista saatavien tietojen perusteella viemärisaneeraus kannattaa toteuttaa olemassa olevassa kaivannossa, joka on louhittu viemärin rakennustöiden yhteydessä.



KUVA 9. Maaperä on erittäin kivikkoista (Miska Carlsson 2020)



KUVA 10. Kalliopinta tulee vastaan noin metrin syvyydessä (Miska Carlsson 2020)



KUVA 11. Kadun rakennekerrokset ovat sekoittuneet pohjamaahan (Miska Carlsson 2020)

4.2.2 Mittaukset

Hautakankaan alueella suoritettiin sijaintimittaukset katusuunnitelmaa varten. Mittapisteinä käytettiin katurakenteen reunoja, sivuojen pohjia ja tonttiliittymiä. Mittaukset suoritettiin 50 metrin välein suorilla osuuksilla ja 20 metrin välein kaarteissa. Mittapiste sisältää sijaintitiedon ETRS-GK24FIN -koordinaatistossa ja korkeusdatan N2000 -järjestelmässä. Näiden tietojen pohjalta on mahdollista suunnitella kadun linjaus, pituusleikkaus ja tyyppipoikkileikkaus. Vastaavasti katusuunnitelmassa käytetään vastaavaa koordinaatistoa ja korkeusdataa, jotta kohteet voidaan paikantaa maastossa rakennustyön yhteydessä.

4.2.3 Verkostaselvitys

Vesihuoltosaneerauksen onnistuminen pohjautuu olemassa olevan verkoston tuntemiseen. Alueella on vesijohtomateriaaleina pääasiassa vanhaa asbestisementti- ja valurautalinjaa ja viemäriinjo koostuu pääosin halkaisijaltaan 225 millimetrin betoniputkesta.

Kohteen selvitys on suhteellisen vaivatonta sähköisen järjestelmän avulla. Järjestelmästä löytyy verkoston putkikoot, materiaalitiedot ja ”tarkka” sijainti. Tietoihin kannattaa kuitenkin suhtautua kriittisesti. Väärää tietoa saattaa löytyä, mikä tulee ilmi saneeraustyön aikana. Viemäriverkko on kuitenkin mahdollista tarkastaa jo ennen töiden aloittamista, ja vesijohtojen osalta on mahdollista tehdä päätelmiä verkostosta venttiilejä sulkemalla ja avaamalla.

4.3 Verkostosuunnittelu

Verkostosuunnittelu voidaan aloittaa siinä vaiheessa, kun tarpeelliset lähtötiedot on hankittu. Suunnittelussa otetaan huomioon materiaalit, putkikoot, saneeraustöiden laajuus, liittymispisteet ja työn rajaukset. Järkevintä on lähteä liikkeelle perusratkaisulla, jota sitten täydennetään ja parannellaan tarpeen mukaan. Yleensä mitoituksen yhteydessä ja työmaan rajoitusten kautta esiintyy tarvetta tehdä muutoksia verkoston linjaukseen, putkikokoihin tai jopa materiaalivalintaan. Toisin sanoen, kokonaisuus on vuorovaikutussuhteiden

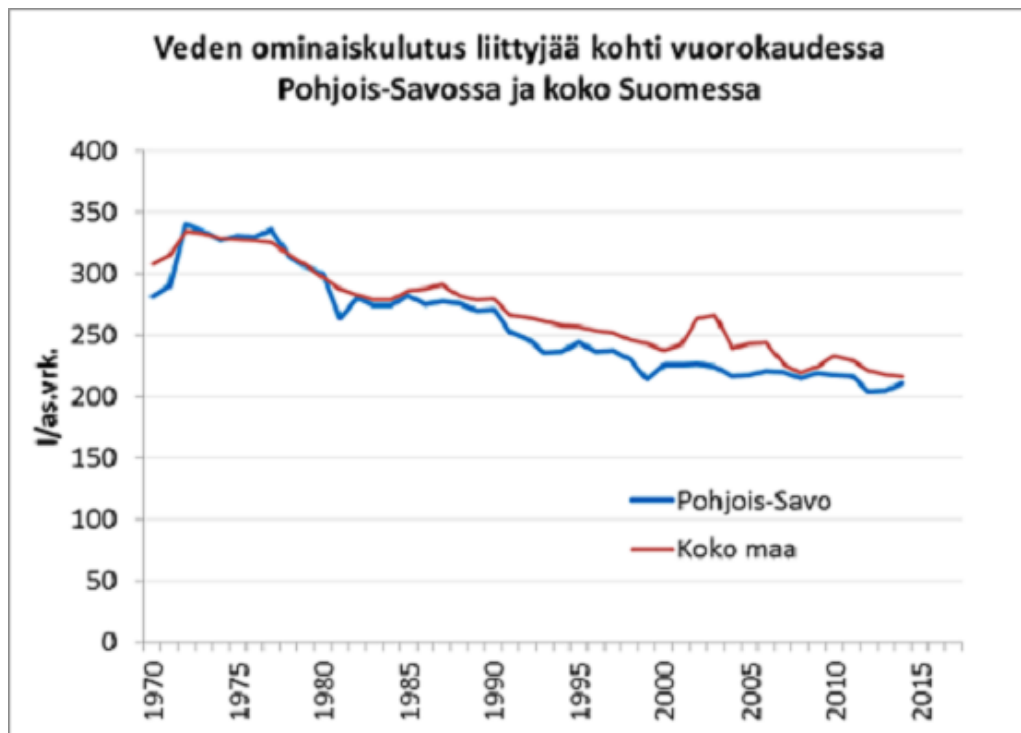
varassa, ja parhaan toimintatavan tai ratkaisun löytäminen saattaa viedä aikaa ja vaatia kärsivällisyyttä.

4.3.1 Vesijohtojen mitoittaminen

Vesijohtojen mitoitus perustuu Suomen rakennusinsinöörien liiton julkaisuun Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Julkaisussa ohjeistetaan mitoittamista ja määritetään normeja. Mitoittamista varten on olemassa suuri liuta kaavoja ja nomogrammeja, joiden avulla määritetään mitoittamisen kannalta oleellisia tunnuslukuja.

Mitoittaminen lähtee liikkeelle vedentarpeesta. Mitoitusta varten on arvioitava alueen asukasluku sekä otettava huomioon varaukset alueen mahdollista kehitystä varten. Joissain kohteissa voidaan olettaa, ettei alueella ole lähitulevaisuudessa kehitys- tai muutostarpeita, jolloin varauksia ei tarvitse suunnitella. Opinnäytetyötä koskevalla kohdealueella ei ole tarpeita varauksille.

Toinen asia, joka täytyy selvittää, on keskimääräinen veden ominaiskäyttö asukasta kohden. Tavanomaisesti veden ominaiskäyttö on kokoluokaltaan 150-200 litraa per asukas vuorokautta kohden. Vesilaitokset yleensä seuraavat vedenkulutusta, jolloin arvon määrittäminen on mahdollista. Muuten on tukeuduttava arvioon vedenkulutuksesta.



KUVA 12. Vedenkulutuksen kehitys Pohjois-Savossa ja Suomessa yleisesti (Ympäristö.fi)

Ominaiskäytön avulla lasketaan keskimääräinen vedenkäyttö vuorokaudessa.

Keskimääräinen vedenkäyttö lasketaan kaavalla 1. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 25)

$$Q_{d\text{keskim}} = \frac{Q_{\text{ominaiskäyttö}} * P}{1000} \quad (1)$$

jossa

$Q_{d\text{keskim}}$ = Keskimääräinen vedenkäyttö vuorokaudessa, m³/d

$Q_{\text{ominaiskäyttö}}$ = Ominaiskäyttö, l/as/d

P = Vedenkäyttäjien lukumäärä

Vedenkulutukseen huomioidaan myös huipputuntikäyttö, joka vastaa vedenkulutuksen huippua vesijohtoverkostossa. Huipputuntikäyttö on mitoittava arvo, joka määritetään ohjeiden avulla. Huipputuntikäyttö vesijohtoverkostossa on yleensä 2-4 -kertainen verraten tavanomaiseen vuorokausikulutukseen samalla ajanjaksolla. Huipputuntikäytön laskentaan tarvittavien kertoimien

suuruusluokka on riippuvainen suunniteltavan alueen suuruudesta. Pienemmillä alueilla huippukertoimet ovat suurempia, koska alueen sisäiset kulutuspiikit ovat verraten suurempia kuin laajassa verkostossa.

Huipputuntikäyttö lasketaan kaavalla 2. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 25)

$$Q_{hmax} = C_{hmax} * C_{dmax} * \frac{Q_{dkeskim}}{86,4} \quad (2)$$

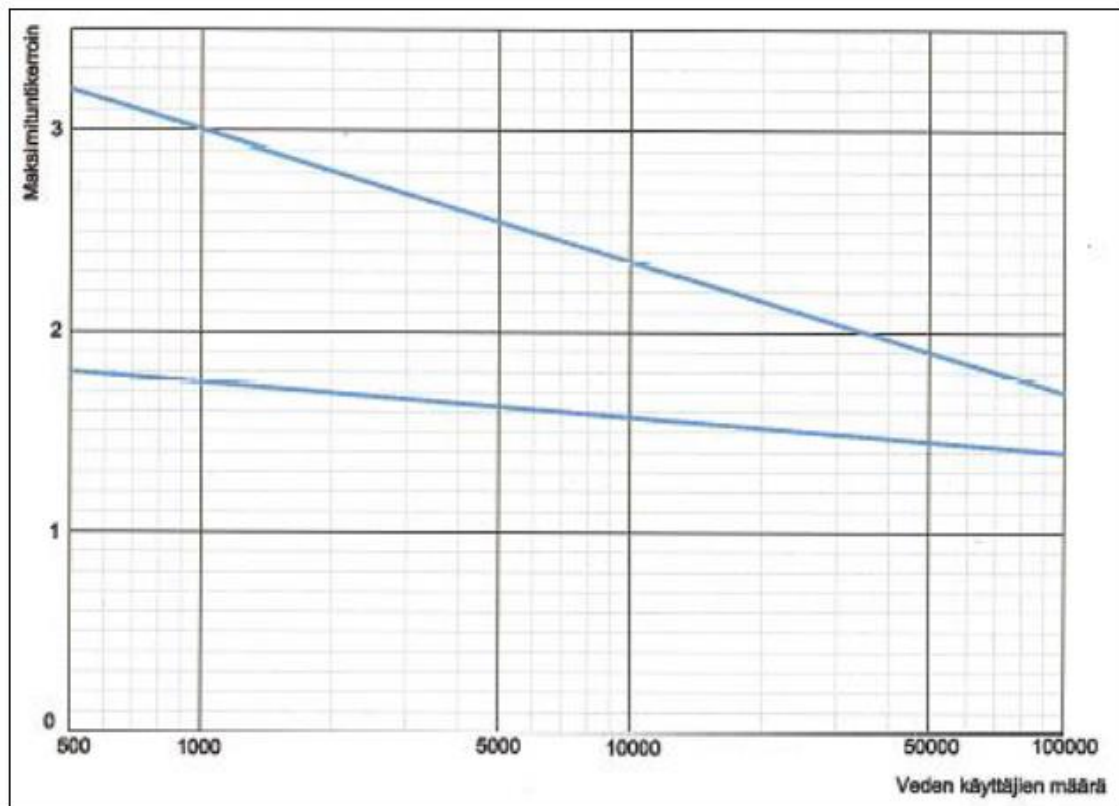
jossa

Q_{hmax} = Huipputuntikäyttö, l/s

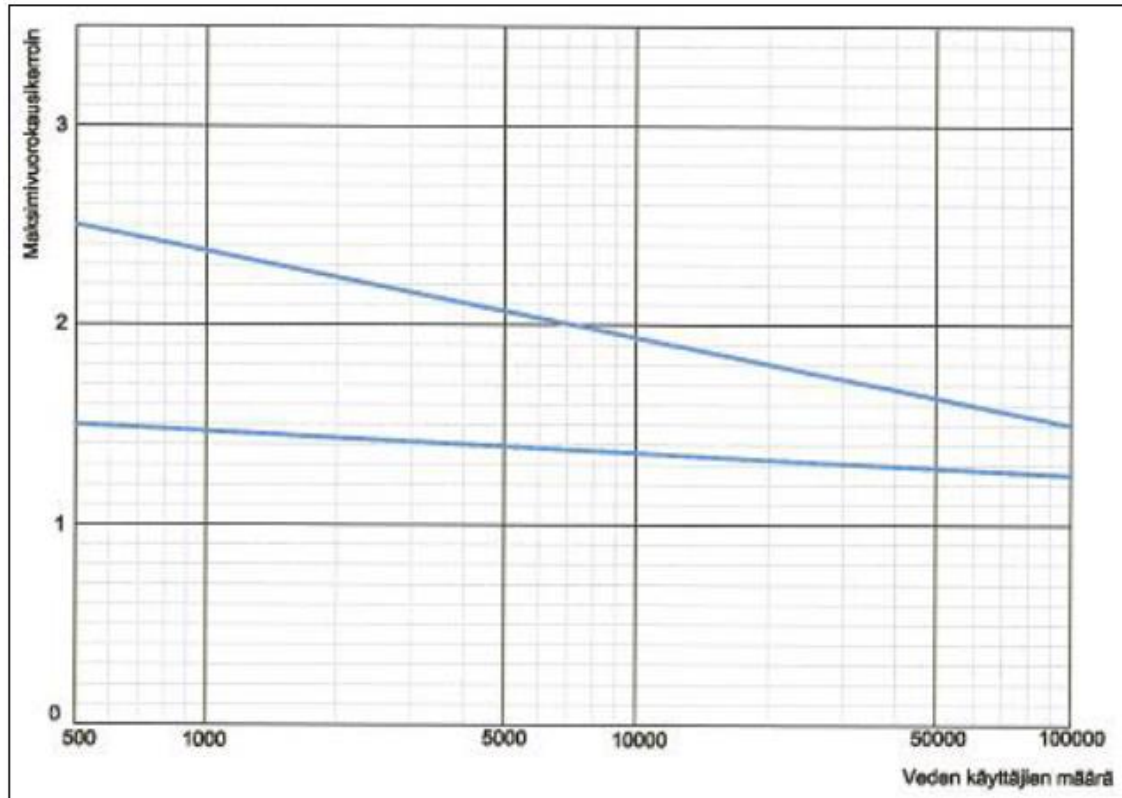
C_{hmax} = Huipputuntikerroin, kuva 11

C_{dmax} = Maksimivuorokausikerroin, kuva 12

$Q_{dkeskim}$ = Keskimääräinen vedenkäyttö vuorokaudessa, m³/d



KUVA 13. Huipputuntikerroin (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010, 23)



KUVA 14. Maksimivuorokausikerroin (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 23)

Huipputuntikäytön avulla määritetään vesijohtoverkoston veden tarve. Veden tarve eli vaadittava kulutusvirtaama ilmoitetaan yksikkömuodossa litraa per sekunti. Kulutusvirtaaman avulla määritetään virtausnopeus, kun tiedetään putken halkaisijan sisämitta.

Virtausnopeus lasketaan kaavalla 3. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 139)

$$v = \frac{Q_{hmax}}{1000 * \pi * \left(\frac{d}{2000}\right)^2} \quad (3)$$

jossa

v = Virtausnopeus, m/s

Q_{hmax} = Huipputuntikäyttö, l/s

d = Mitoitettavan putken sisähalkaisija, mm

Mitoituksen kannalta tärkeä arvo on virtaushäviö. Virtaushäviö kertoo, kuinka suuri osa virtauksesta häviää putken sisällä, eli kuvastaa virtaushäviötä vesipatsaana pystymetreissä. Virtaushäviön määrittämistä varten selvitetään putkimateriaalin C-arvo, joka kuvastaa putken sisäpuolisen liukupinnan kitkaominaisuutta. C-arvo on pienin teräsputkilla ja suurin muoviputkilla.

TAULUKKO 2. C-arvon määrittäminen putkimateriaalin mukaan (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 145)

Putken materiaali	C
Asbestisementti	140
Betoni	120-140
Galvanoitu putki	120
Kupari	130-140
Messinki	130-140
Muovi	140-150
Teräs	110-120
Valurauta (uusi)	130
Valurauta (40 vuotta vanha)	64-83

Virtaushäviön laskentaa varten huomioidaan myös korjauskerroin, joka määritetään tapauksessa, jossa C-arvo poikkeaa arvosta 100. Korjauskerroin siis antaa todellisuutta vastaavan arvon.

TAULUKKO 3. Virtaushäviön korjauskerroin (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 145)

C	Korjauskerroin K
80	1,51
100	1,00
110	0,84
120	0,71
130	0,62
140	0,54

Virtaushäviön selvitystä varten vaaditaan myös energiaviivan kaltevuuden selvittäminen. Energiaviivan kaltevuus merkitään yksikkömuodossa metriä per metri, eli se kuvastaa vesipatsaan kokonaisenergian vähenemää putken pituuteen nähden. Energiaviivan kaltevuus saadaan laskettua auki Hazen-Williamsin kaavasta, joka on tavanomainen kaava vesijohtoverkoston mitoitusta varten.

Energiaviivan kaltevuus lasketaan muokatulla Hazen-Williamsin kaavalla 4. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 142)

$$I = \left[\frac{Q}{0,278 * K * C * d^{2,63}} \right]^{0,54} \quad (4)$$

jossa

I = Energiaviivan kaltevuus, m/m

Q = Virtaama, m³/s

K = C-arvon korjauskerroin

C = C-arvo (Hazen-Williamsin kerroin)

d = Putken halkaisija, m

Hazen-Williamsin kaavaan syötetään C-arvo, joka määritetään aikaisemmin putkimateriaalin avulla. Nyt kun tiedossa on energiaviivan kaltevuus, kerrotaan se tarkastelujakson putken pituudella ja saadaan laskettua virtaushäviön suuruus.

Virtaushäviön laskenta tehdään kaavalla 5. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2003, 145)

$$h_f = I * L * K \quad (5)$$

jossa

h_f = Virtaushäviö, m

I = Energiaviivan kaltevuus, m/m

L = Putken pituus, m

K = Virtaushäviön korjauskerroin

Energiaviivan kaltevuus on hyvä vertailukelpoinen arvo, jolle voidaan asettaa raja-arvo tarpeen mukaan. Virtaushäviö on yleensä kokoluokaltaan 5-50mm metriä kohden.

Virtaushäviö kokonaisuudessaan on hyvä selvittää, jotta voidaan varmistua siitä, ettei vesijohtolinjan paine pääse laskemaan liian paljoa. Raja-arvoksi voi määrittää vanhan saneerattavan vesijohtoverkon paineen alenema ja huolehtia sen kautta riittävän kapasiteetin turvaamisesta uudelle vesijohtoverkolle. Uutta aluetta suunniteltaessa tämä ei ole mahdollista, joten silloin on syytä tuntea painetasot uuden ja vanhan verkoston liityntäkohdissa. Vesijohtoverkkoon liittyvien kiinteistöjen painetaso on syytä miettiä tarkasti. Painetason olisi kokemuksen varaisesti hyvä olla 2-5 baaria, jolloin paine riittää kiinteistön vesipisteiden virtaaman tyydyttämiseksi, mutta ei kuitenkaan riko vesimittaria tai muita kiinteistön vesilaitteistoja.

4.3.2 Viemäriverkon suunnittelu

Viemäriverkon suunnittelu ei eroa merkittävästi vesijohtoverkon suunnittelusta. Käytännössä ero on siinä, mihin suuntaan vettä johdetaan ja kuinka se toteutetaan. Mitoituksen lähtökohtina käytetään mitoitusvirtaamaa, viemäriputken kaltevuutta ja karkeuskerrointa putken materiaaliominaisuuden mukaan. Viemäreiden suunnittelussa käytetään vesijohtoverkoston tapaan Suomen rakennusinsinöörien liiton vesihuoltoverkoston suunnitteluohjeita. Lisäksi suunnittelua ohjeistetaan Betoniviemärit 2003 -käsikirjassa, joka on Suomen Betonitieto Oy:n ja Rakennustieto RT ry:n yhteinen julkaisu.

Mitoitusvirtaamaa käytetään putken halkaisijan määrittämiseen. Viettoviemäriverkossa jäteveden pinta ei yleensä vastaa putken sisäympärystä, vaan usein putken poikkileikkauksesta alle puolet on jäteveden peitossa. Kyseessä on viemäriputken täyttöaste, jossa vertaillaan putken sisähalkaisijaa jäteveden pinnan korkeuteen viemäriinjan pohjalta mitattuna. Tavanomaisesti

täyttöaste on pieni viemäriverkon ”latvaosissa”. Viemäriverkko mitoitetaan kuitenkin 42% täyttöasteelle. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 47.)

Siirryttäessä viemäriverkostossa siirtoviemäriin, putken kapasiteetti täytyy mitoittaa huomattavasti tarkemmin. Jätevesivirtaama lasketaan kaavalla 6. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 46)

$$Q_{jmit} = \frac{C_{dmax} * C_{hmax} * P * Q_{ominaisk}}{3600 * 24} \quad (6)$$

jossa

Q_{jmit} = Jätevesivirtaama, l/s

C_{dmax} = Suurin vuorokausikäyttökerroin

C_{hmax} = Suurin tuntikäyttökerroin

P = Alueen asukasluku

$Q_{ominaisk}$ = Ominaiskäyttö, l/as/d

Viemäriinjan mitoituksessa käytetään samoja vuorokausi- ja tuntikäyttökertoimia kuin vesijohtojen osalta. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 47)

Opinnäytetyön kohdealueella virtaamat ovat verrattain pieniä, ja saneerausta varten käytettävä 200mm PVC -putki on halkaisijaltaan selkeästi riittävän suuri alueen jätevesien johtamiseen.

Viemäriputken kaltevuuden mitoitus on tarpeen huuhtoutumisen varmistamiseksi. Viemäriin huuhtoutuminen voidaan arvioida kaavalla 7. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 47)

$$Q_{jhuuht.} = \frac{0,7 * \left(1 + \frac{25}{\sqrt{P}}\right)}{3600 * 24} \quad (7)$$

jossa

$Q_{\text{hhuht.}}$ = Jätevesivirtaama viemärin huuhtoutumiseen, l/s

P = Viemäröintialueen asukasluku

Viettoviemärilinjan lähtökohtana on itsepuhdistuneisuus, eli mitoitusvirtaama huuhtoo putkea säännöllisesti. Minimikaltevuuden määrittämisellä päästään kiinni putkilinjan kaltevuuden suunnitteluun.

TAULUKKO 4. Suositeltavat minimikaltevuudet viemärilinjoille (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 50)

Putken halkaisija	Pienin suositeltava kaltevuus	Minimikaltevuus	Huuhtoutumista vastaava virtaama minimikaltevuudella
mm	‰	‰	l/s
150	8,0	5,0	1,9
200	7,0	4,5	2,5
300	6,0	3,0	6
400	5,0	2,5	9
500	4,0	2,0	14
600	3,0	1,6	25
800	2,0	1,3	35
>800	1,5	1,0	-

Usein huuhtoutumiseen riittävä kaltevuus on 1% suuruusluokkaa, eli jokaista vaakametriä kohden putkilinjan korkeusasema muuttuu kymmenen millimetriä. Alle 1% kaltevuuksilla tarkempi tarkastelu on tarpeen. Alle 300mm viemäreissä ei tulisi käyttää alle 6‰ kaatoja ilman erityistä perustelua. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 45.)

Huuhtoutumisen määrittelyä varten voidaan käyttää seuraavaa kaavaa 8. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 50)

$$T = \gamma * g * I * R \quad (8)$$

jossa

T = Hankausjännitys, N/m²

γ = Veden tiheys, kg/m³

g = Putoamiskiihtyvyyys, m/s²

l = Putken kaltevuus, m/m

$R = A/p$ = Hydraulinen säde, m

Huuhtoutuminen vaatii vähintään 1,5 N/m² hankausjännityksen. Putken kaltevuutta lisäämällä hankausjännityksen suuruus kasvaa. Pidemmällä viemäriinjoosuuksilla on kuitenkin järkevää säilyttää sama kaltevuus, jotta virtaaman suuruus säilyy samassa kokoluokassa koko linjaosuuden matkalla.

Viemäriverkostossa esiintyy vuotovesiä. Vuotoveden määrään vaikuttaa merkittävästi viemäriverkoston kunto, ikä, putkimateriaali sekä rakentamistapa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 47.)

Vuotovesien määrä on yleensä suurimmillaan keväisin lumien sulamisen aikaan. Vuotovedet voivat merkittävästi lisätä viemäriinjoituksen virtaamia. Viemäriverkoston saneerauksella vuotovesien määrää voidaan merkittävästi vähentää, ja sen vaikutuksena syntyy lisää vapaata kapasiteettia verkoston muihin osiin. Viemäriinjoituksen virtaama lasketaan kaavalla 9. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2010b, 48.)

$$Q_{vmit} = Q_{jmit} + Q_{pmit} \quad (9)$$

jossa

Q_{vmit} = Viemäriinjoituksen virtaama, l/s

Q_{jmit} = Mitoitettava jätevesivirtaama, l/s

Q_{pmit} = Mitoitettava vuotovesimäärä, l/s

4.3.3 Hulevesimitoitus

Hulevesimitoitus ei poikkea merkittävästi jätevesiviemäriinjoituksen mitoituksesta. Suurimpana erona on virtaaman tyyppi. Hulevesilinjoilla johdettavan sadeveden

määrä vaihtelee merkittävästi, ja sen takia mitoituskriteerinä on rankkasateiden aiheuttama virtaama. Hulevesiviemäreiden huuhtoutuminen taataan 10% täyttöasteella. Hulevesiviemärin huuhtoutumisväliksi riittää viikoittainen sade. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 47.)

Hulevesivirtaama lasketaan kaavalla 10. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 43)

$$Q_{hmit} = A * \varphi * i \quad (10)$$

jossa

Q_{hmit} = Mitoitusvirtaama, l/s

A = Valuma-alueen pinta-ala, ha

φ = Valumiskerroin

i = Sateen rankkuus valuma-alueen valunta-aikana, l/s*ha

Valumiskerroin määritetään valuma-alueen pintatyyppien ja niiden pinta-alojen perusteella kaavalla 11. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 44)

$$\varphi = \frac{\sum_j A_j * \varphi_j}{\sum_j A_j} \quad (11)$$

jossa

φ = Valumiskerroin

A_j = Osa-alueen pinta-ala, ha

φ_j = Osa-alueen valumakerroin

TAULUKKO 5. Osa-alueen valumakertoimet (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 44)

umpinaiset kerrostalokorttelit (kestopäälyste)	0,90
umpinaiset kerrostalokorttelit (sorapäälyste)	0,70
avoimet kerrostalokorttelit	0,50-0,60
rivitaloalueet	0,35
omakotialueet, pienet tontit	0,25 - 0,30
omakotialueet, suuret tontit	0,20 - 0,25
urheilu- ja leikkikentät	0,20
suuret puistoalueet	0,05 - 0,10

Lumen sulamisveden suuruuden vaikutus hulevesiviemärin toimintaan on suhteellisesti suurempi, kun hulevesiverkoston alueella on pieni valumiskerroin ja valuma-alue on pinta-alaltaan suuri (>1 km²). (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 44.)

Sulamisen aiheuttama virtaama lasketaan kaavalla 12. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 44)

$$Q_{hmit} = H_q * F \quad (12)$$

jossa

Q_{hmit} = Sulamisen aiheuttama virtaama, l/s

H_q = Ylivaluma, l/s * km²

F = Valuma-alueen pinta-ala, km²

Hulevesiviemäriverkostoon liittyvät myös kiinteistöjen rakennusten kuivatusjärjestelmät. Virtaaman keskiarvona pidetään 0,05 l/s*ha ja

mitoitusvirtaamakertoimen arvona 3. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 45.)

Kuivatusvesimäärä lasketaan kaavalla 13. (Suomen Betonitieto Oy, Rakennusteollisuus RT ry 2003, 45)

$$Q_{kmit} = 3 * 0,05 \frac{l}{s*ha} \quad (13)$$

jossa

Q_{kmit} = Kuivatusvesimäärä, l/s*ha

4.3.4 Työselitys

Työselityksen tarkoitus on sisältää saneerauskohteen yleiset tiedot, lähtötiedot, tiedot hankkeen rakennusmateriaaleista sekä rakennussuunnitelman. Työselitys tehdään kaupungin omana työnä toteutettavaa saneeraustyötä varten.

Yleisissä tiedoissa ilmoitetaan hankkeen tyyppi, hankealueen tiedot sekä hankkeen yhteyshenkilöt. Yleisissä tiedoissa esitetään myös lyhyt tiivistelmä hankkeen päätehtävistä.

Lähtötiedoissa esitellään suunnittelun pohja-aineistoa. Lähtötiedot koostuvat pääosin maastokäynneistä, koekuoppien tiedoista, GTK:n maaperäkartan analysoinnista sekä maanalaisten rakenteiden, mm. maakaapeleiden, sijaintitiedoista.

Materiaaliosiossa esitellään hankkeen kannalta oleelliset materiaalihankinnat. Materiaaleista esitetään mahdollisimman tarkat tiedot, jotta työmaalle tarvittavien materiaalien hankinta ei jäisi arvailuiden varaan. Työselityksen ohessa on myös olemassa oleva määräluettelo, josta löytyy materiaalit ja yksikkömäärät.

Työselityksen pääpaino on rakennussuunnitelmassa. Rakennussuunnitelman sisältöön kuuluu kaikki työvaiheet ja tarkat ohjeet niiden toteuttamiseen. Ohjeet

on annettu kronologisessa järjestyksessä, jolloin siirtyminen työvaiheesta seuraavaan on mahdollisimman selkeää. Rakennussuunnitelmaan perehtyminen on edellytys ennen saneeraustöiden aloittamista. Alueen vesihuollon saneeraus vaatii väliaikaisen käyttövesijohdon rakentamista, joka esitellään liitteissä 3 ja 4. Uusi vesijohtolinja kulkee suurelta osin samaa linjausta pitkin vanhan saneerattavan linjan kanssa. Uusi vesijohtolinja voidaankin rakentaa vanhan linjan kanssa samaan kaivantoon juurikin väliaikaisen vesijohdon ansiosta.

4.4 Katusuunnittelu

Katusuunnittelussa lähdetään liikkeelle lähtötiedoista ja uuden katutilan vaatimuksista. Oriveden kaupungilla itsellään ei ole katutilan suunnitteluohjetta, joten suunnittelu pohjautuu pääosin Suomen suurimpien kaupunkien suunnitteluohjeisiin sekä väyläviraston ohjeistukseen ja julkaisuihin.

4.4.1 Lähtötiedot

Hankealueella saneerataan olemassa oleva katu, jonka pääpaino on perusparannuksessa. Suunnittelussa on painotettu kantavuuslaskelmaa ja routanousumitoitusta. Kadun saneeraus toteutetaan vesihuoltoverkon saneerauksen jälkeen erillisenä työnä.

Katu on luokiteltu tonttikaduksi suunnittelua varten. Kadun liikennemäärät ovat selkeästi alle 500 ajoneuvoa vuorokaudessa. Liikenteen pääpaino alueella on henkilöautoliikenteellä ja alueella liikkuu kuorma-autoja vain satunnaisesti.

Kadun kaistaleveys on vain 2 metriä, joten katu on mitoitettu vain kahden henkilöauton kohtaamiseen. Henkilöauton leveyden moduulimitta on rakennustiedon ohjeistuksessa 1,8m. (Rakennustieto, RTS 16:2 2016, 53.)

Saneerattavan kadun pituuskaltevuus on jyrkimmillään 7%. Helsingin kaupungin ohjeistuksessa hyvä palvelutaso saavutetaan alle 8% pituuskaltevuudella. (Helsingin kaupunki 2014, 3)

Kadun nopeusrajoitus on 40 km/h, joka perustuu Oriveden kaupungin katujen yleiseen nopeusrajoitukseen. Käytännössä kadulla liikkuvat ajoneuvot liikkuvat alle 40 km/h kadun kapeuden ja mutkien tiukkuuden myötä. Kadun varressa on myös runsaasti tonttiliittymiä, joka laskee ajoneuvojen nopeuksia. Pisin suora katuosuus on noin 150 metriä pitkä. Kadulla ei ole etuajo-oikeutta.

Kadun varrella ei ole hulevesiviemärintiä, vaan sadevedet ohjataan kadun reunan painanteisiin osittain pituuskaltevuuden avulla. Kadulla ei ole tasaisia osuuksia lainkaan, joilla lammikoitumista esiintyisi. Kadun päällysteen pinta on kuitenkin routanousun ja rakennekerrosten huonolaatuisuuden myötä muodostunut epätasaiseksi, joten paikoittaista lammikoitumista esiintyy.

4.4.2 Kadun geometrian suunnittelu

Kadun linjaus sijaitsee tasausviivana kolmiulotteisessa avaruudessa, johon kadun rakenne on kytkeytynyt. Katua saneerattaessa muutoksia kadun tasausviivan sijaintiin ei voi juuri tehdä rakennetun ympäristön ja tonttiliittymien sijainnin takia, mutta geometriasuunnittelulla voidaan kuitenkin parantaa kadun ominaisuuksia. Kadun tasausviivan muoto perustuu geometriaelementteihin, joiden avulla kokonaisuus luodaan. Kadulla on myös olemassa oleva rakenne, joka kytkeytyy geometriaan tasausviivan linjauksen kautta. Eri geometriaelementtien kokonaisuus muodostaa valmiin tierakenteen, joka on mahdollista toteuttaa. Kadun johdonmukainen pituuskaltevuus ja kaarteiden selkeys parantavat kadun käyttäjän orientoitumista.

Kaarielementtien mitoitus on oleellinen osa linjauksen suunnittelua. Kadun liikennöintiinopeus määrittää kaarresäteen arvon, jota käytetään vähimmäisvaatimuksena. Kaarresäde lasketaan kaavalla 14. (Väylävirasto 2013, 33.)

$$R = \frac{v^2}{127(q+f_s)} \quad (14)$$

jossa

R = Kaarresäde, m

v = Mitoitusnopeus, km/h

q = sivukaltevuus, %

f_s = Sivukitkerroin

TAULUKKO 6. Kaarresäteen ohjearvotaulukko (Väylävirasto 2013, 34)

Sivukaltevuus (%)	Kaarresäde (m)											
	30 km/h			40 km/h			50 km/h			60 km/h		
	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)
2 ¹	40	40	35	75	75	60	170	135	100	320	220	160
3	35	35	30	70	70	55	160	125	95	300	200	150
4	35	35	30	65	65	55	150	115	90	280	190	140
5	35	35	30	65	65	50	140	110	85	260	180	135
6										240	170	130
Sivukaltevuus (%)	70 km/h			80 km/h			100 km/h			120 km/h		
	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävää (taajama)
	2 ¹	460	330	240	640	460	340	1000	900	660	1500	1500
3	420	300	220	580	420	320	900	800	600	1300	1300	
4	390	280	210	530	390	300	810	720	560	1100	1100	
5	360	260	200	490	360	280	740	650	520	1000	1000	
6	340	240	190	460	340	260	680	600	490			

Linjauksen suunnan lisäksi kaarteissa kadun tasausviivaan kytkeytynyt päällysteen pinnan sivukaltevuus muuttuu. Kaarielementtiä edeltävällä suoralla sivukaltevuus muuttuu harjakaltevasta yksipuoleisesti sivukaltevaksi. Muutos mitoitetaan kulmanopeuden avulla. Muutosmatkan vähimmäispituus lasketaan kaavalla 15. (Väylävirasto 2013, 15.)

$$L = \frac{(q_2 - q_1)B}{\Delta_{imax}} \quad (15)$$

jossa

L = Muutosmatkan vähimmäispituus, m

q₂ = Sivukaltevuus muutoksen jälkeen, %

q₁ = Sivukaltevuus ennen muutosta, %

B = Ajokaistan leveys, m

Δ_{imax} = Nopeudesta riippuva nousuviisteen kaltevuus

Nousuviisteen kaltevuudelle löytyy ohjearvot taulukosta 7.

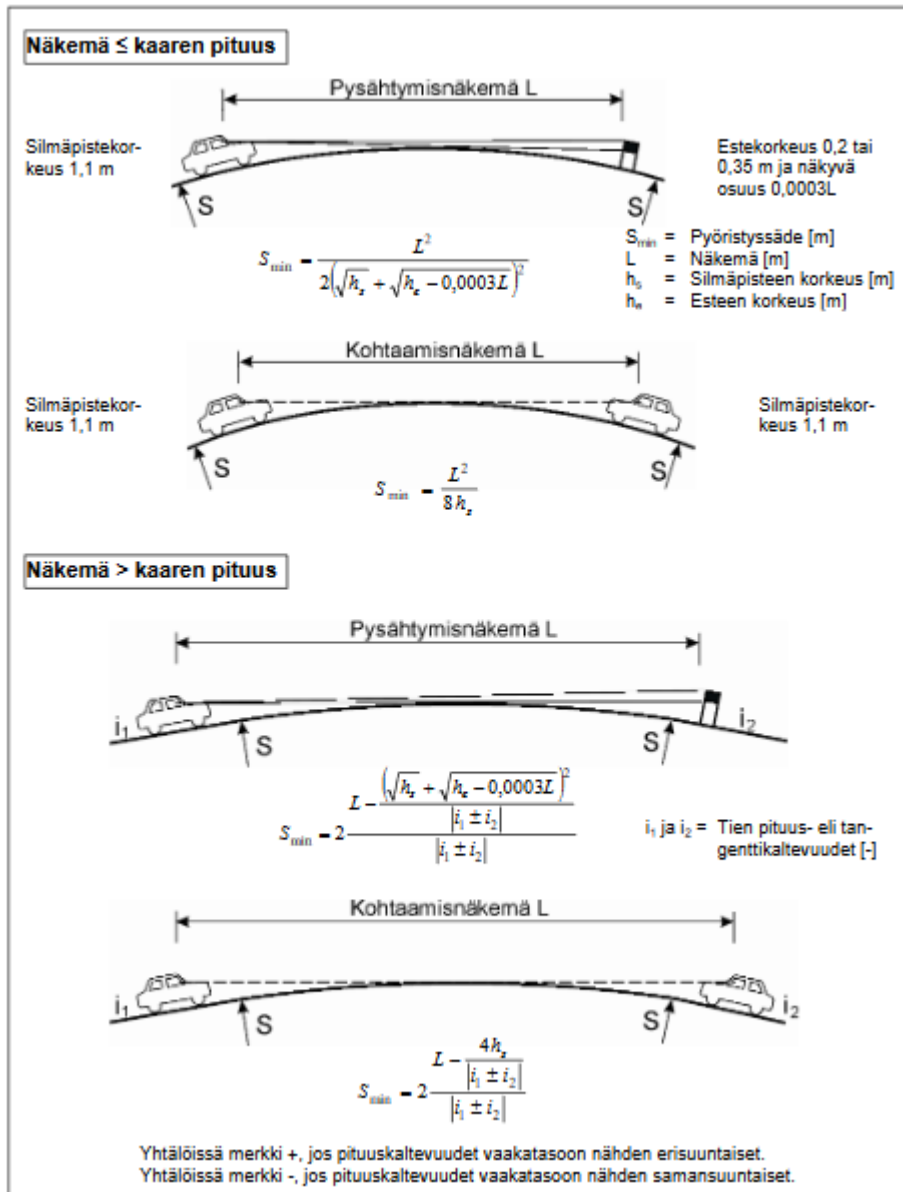
TAULUKKO 7. Nousuviisteen kaltevuuden määrittäminen (Väylävirasto 2013, 15)

Mitoitusnopeus (km/h)	Nousuviisteen kaltevuus Δ_{imax}		
	Ohje-/enimmäisarvo Hyvä/tyydyttävä	Välttävä	
		B < 4 m	B \geq 4 m
30	0.015	0.0065*B	0.026
40	0.015	0.005*B	0.02
50	0.01	0.005*B	0.02
60	0.01	0.004*B	0.016
70	0.0075	0.004*B	0.016
80	0.005	0.0025*B	0.01
100	0.005	0.002*B	0.008
120	0.005	0.002*B	0.008

B = Ajoradan reunan etäisyys (m) tasausviivasta.

Katujen kaariosuuksilla pyritään käyttämään sivukaltevaa ratkaisua liikenneteknisistä syistä. Sivukalteva päällysteen pinta ohjaa kadulla liikkuvia ajoneuvoja luontevasti kaarta pitkin ja toimii samalla myös kuivatusteknisenä ratkaisuna.

Pystygeometriassa linjaus seuraa maaston muotoja pystysuunnassa. Kadun pituuskaltevuuden muuttuessa muutos toteutetaan kaarielementeillä. Kaarielementtien säteen arvo on mitoitusta rajoittava tekijä, ja se tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Pystygeometriaa tarkastellessa voidaan näkemän raja-arvoilla tarkastella kuperat taitteet ja ajoneuvojen moduulimitoilla koverat taitteet. Näkemää voidaan tarkastella esimerkiksi kohtaamis- tai estenäkemän avulla.



KUVA 15. Pystygeometrian kaarielementin mitoitusta (Väylävirasto 2013, 43)

Pystygeometrian mitoitukseen löytyy myös huomattavasti helppokäyttöisempi ohjearvotaulukko.

TAULUKKO 8. Pystygeometrian mitoituksen ohjearvotaulukko (Väylävirasto 2013, 42)

Suunnittelunopeus (km/h)	Kupera pyörityssäde (m)								
	Tavallinen yksiajoratainen tie			Leveä- ja 1-ajokaistainen tie			Kaksiajoratainen tie ¹		
	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävä (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävä (taajama)	Ohjearvo	Vähimmäisarvo	Välttävä (taajama)
30	200	150	90	400	300	200			
40	500	350	200	950	550	400			
50	1200	700	500	2300	1400	1000	1000	600	400
60	2400	1300	1000	4600	2600	2000	2000	1200	800
70	4000	2300	1700	7700	4100		3300	2000	1400
80	6200	3700	2600	12000	6500		5100 ²	3200	2200
100	11500	8000	6600	21000	15000		9300 ²	6400	
120							20000	17000	

Hanketta varten luodaan katualueen kartta, pituusleikkaus ja tyyppipoikkileikkaus. Katualueen kartasta ilmenee kadun linjaus. Pituusleikkauksesta saadaan selville pystygeometrian muodot ja korkeusasemat. Tyyppipoikkileikkauksesta nähdään kadun rakennekerrokset, luiskien kaltevuudet, pientareiden ja ajokaistojen leveydet, päällysteen pinnan sivukaltevuus sekä kuivatus- ja routaeristeratkaisut. Tekniset piirustukset saadaan sidottua toisiinsa paalulukeman ja tasausviivan kautta. Tällöin muodostuu selkeä kokonaisuus, jonka avulla rakentaminen on mahdollista toteuttaa.

4.4.3 Kadun rakennekerrosten suunnittelu

Kadun rakennekerrosten suunnittelu on johdonmukaista. Suunnitteluprosessi voidaan vaiheistaa taulukkoon, jolloin tärkeät vaatimukset tulee selvitettyä. Suunnittelu toteutuu johdonmukaisesti, kun seuraa taulukon vaiheita.

TAULUKKO 9. Suunnitteluprosessi

Vaihe	Toimenpide	Perustelu
1	Katuluokan määrittäminen	Selvitetään kadulle riittävä kantavuus, päällystepaksuus ja sallittu routanousu katuluokan perusteella.
2	Alusrakenneluokan määrittäminen	Alusrakenneluokan perusteella saadaan määritettyä routaturpoamakerroin sekä alusmaan kantavuuden E-moduuli.
3	Rakennetyypin määrittäminen	Valitaan lähtökohtaisesti tarkasteltava ratkaisutyyppi kadun rakennekerroksiksi.
4	Kantavuusmitoitus	Kantavuusmitoitus Odemarkin menetelmällä. Varmistetaan, että rakennekerrosten kantavuus ylittää katuluokan vaatimukset.
5	Routamitoitus	Routamitoituksella selvitetään routanousun määrä ja varmistetaan, että laskennallinen arvo alittaa sallitun routanousun. Selvitetään eristelevyn käyttömahdollisuus.
6	Muutostarve	Tarkastellaan, onko rakenteisiin syytä tehdä muutoksia ja tehdään rakenteiden mitoitus uudelleen tarvittaessa.
7	Valmis rakenne	Rakenteen täyttäessä vaatimukset, ja ollen kustannustehokkaasti määritelty, voidaan todeta ratkaisun olevan valmis.

Ensimmäisessä vaiheessa määritetään katuluokka, jota käytetään mitoituksen perustana. Väyläviraston ohjeiden perusteella määritetään kuormituskertaluku. Kuormituskertaluku saadaan selville liikenteen määrän ja tyyppin sekä tien ominaisuuksien kautta. Kuormituskertaluku määrittää kuormitusluokan, jonka avulla

kadun vaatimukset selvitetään. Lisäksi arvioidaan vielä sopiva raja-arvo routanousulle. Routanousun määrittämiseen on syytä arvioida kunnallistekniikan tarpeet sekä pohjamaan tasaisuus.

TAULUKKO 10. Tonttikadun mukainen kuormitusluokka (Väylävirasto 2018, 42)

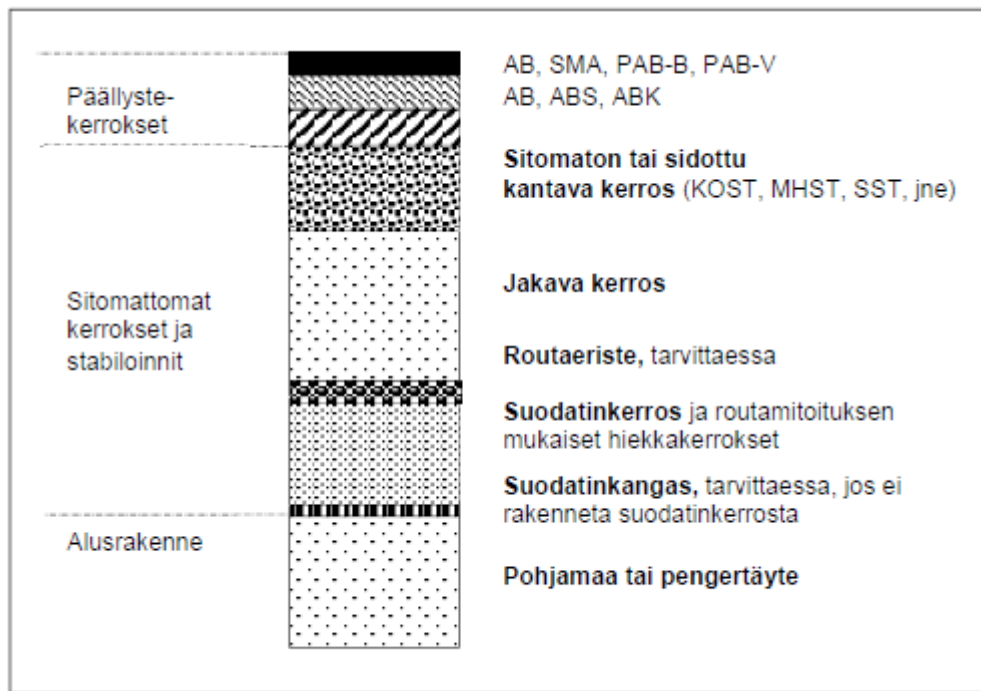
Kuormitusluokka	0,3			
	SOP	PAB-V	PAB-B	AB
Päällyste				
Kantavan kerroksen tyyppi	M	M tai MHST	M tai MHST	M tai MHST
Liikenteelle otettaessa				
Tavoitekantavuus	130 MPa	145 MPa	165 MPa	170 MPa
Päällysteiden kokonaispaksuus		40 mm	40 mm	40 mm
Kantava kerros				
Tavoitekantavuus	130 MPa	130 MPa	145 MPa	145 MPa

Alusrakenneluokka määritellään pohjamaan perusteella. Maalajin ominaisuudet määrittävät kantavuuden sekä routaturpoaman. Pohjamaan E-moduuli on arvo, joka kuvastaa pohjamaan kantavuutta. Pohjamaan päällä kadun rakennekerrokset kasvattavat kantavuutta vaaditulle tasolle.

TAULUKKO 11. Alusrakenneluokat (Väylävirasto 2018, 21)

Läpäisy- % pesuseulonnessa			Kelpoisuus- luokka	Moduuli E (MPa) Alusrakenneluokka Routaturpoama t (%)		Informatiivisia tietoja	
0,063 mm	2 mm			Kuiva	Märkä	Soveltuvuus 1)	Kuvaus
				E = 280 A	t = 0	Louhe- rakenne	Irtilouhittu kallio tai louhe
				E = 200 B	t = 0	Kantava Jakava	Murske- tai soratäyttöalue
< 7	< 70		S1	E = 100 C	t = 0	Jakava	Sr, srHk (SrMr, srHkMr)
2)	7-15	< 70	S2	E = 70 D t = 0	E = 50 E t = 3	Penger kuivana	SrMr, srHkMr
	16-30	< 70	S3	E = 50 E t = 3	E = 35 F t = 6	Penger kuivana	SrMr, srHkMr
	31-50	< 70	S4	E = 35 F t = 6	E = 20 H t = 12	Penger kuivana	siSrMr, sisrHkMr
	< 7	> 70	H1	E = 70 D	t = 0	Suodatin	Hk, (HkMr)
	7-15	> 70	H2	E = 50 E	t = 3	Suodatin Penger kuiv.	Hk, HkMr
	16-30	> 70	H3	E = 35 F t = 6	E = 20 H t = 12	Penger kuivana	Hk, HkMr
	31-50	> 70	H4	E = 35 F t = 6	E = 20 H t = 12	Penger kuivana	siHk, siHkMr
0,002 mm	0,063 mm	Leikkaus- lujuus					
< 30	≥ 50		U1	E = 20 H t = 12	E = 20 J t = 16		Si, SiMr, 3) kerrallinen Sa/Si
≥ 30	≥ 50	≥ 40 kPa	U2		E = 35 F t = 6		Jäykkä Sa
≥ 30	≥ 50	< 40 kPa	U3		E = 10 G t = 6		Pehmeä Sa
			U4		E = 10 G t = 6		Lj

Rakenteita suunniteltaessa luodaan sivistynyt arvio sopivista rakennekerroksista, joita lähdetään tarkastelemaan mitoituksessa. Kokenut suunnittelija osaa todennäköisesti arvioida hyvinkin tarkasti, minkälainen katurakenne toimii hyvin kussakin tilanteessa. Kadun rakennekerrokset rakennetaan siten, että rakennekerrosmateriaalin kantavuusominaisuus paranee, mitä lähemmäksi kadun päällysteen yläpintaa edetään.



KUVA 16. Tien rakennekerrokset, joita voidaan soveltaa myös katurakenteissa (Väylävirasto 2018, 11)

Seuraavaksi tarkastellaan rakennekerrosten kantavuus. Kantavuus määritellään Odemarkin kaavan avulla. Odemarkin kaavalla saadaan laskettua jokaisen kerroksen tuoma kantavuus katurakenteeseen. Kantavuuden kertymiseen vaikuttaa kerrospaksuus, rakennemateriaalin ominaisuudet ja alempien kerrosten kantavuus. Kantavuus lasketaan kuvan 15 Odemarkin kantavuuskaavalla:

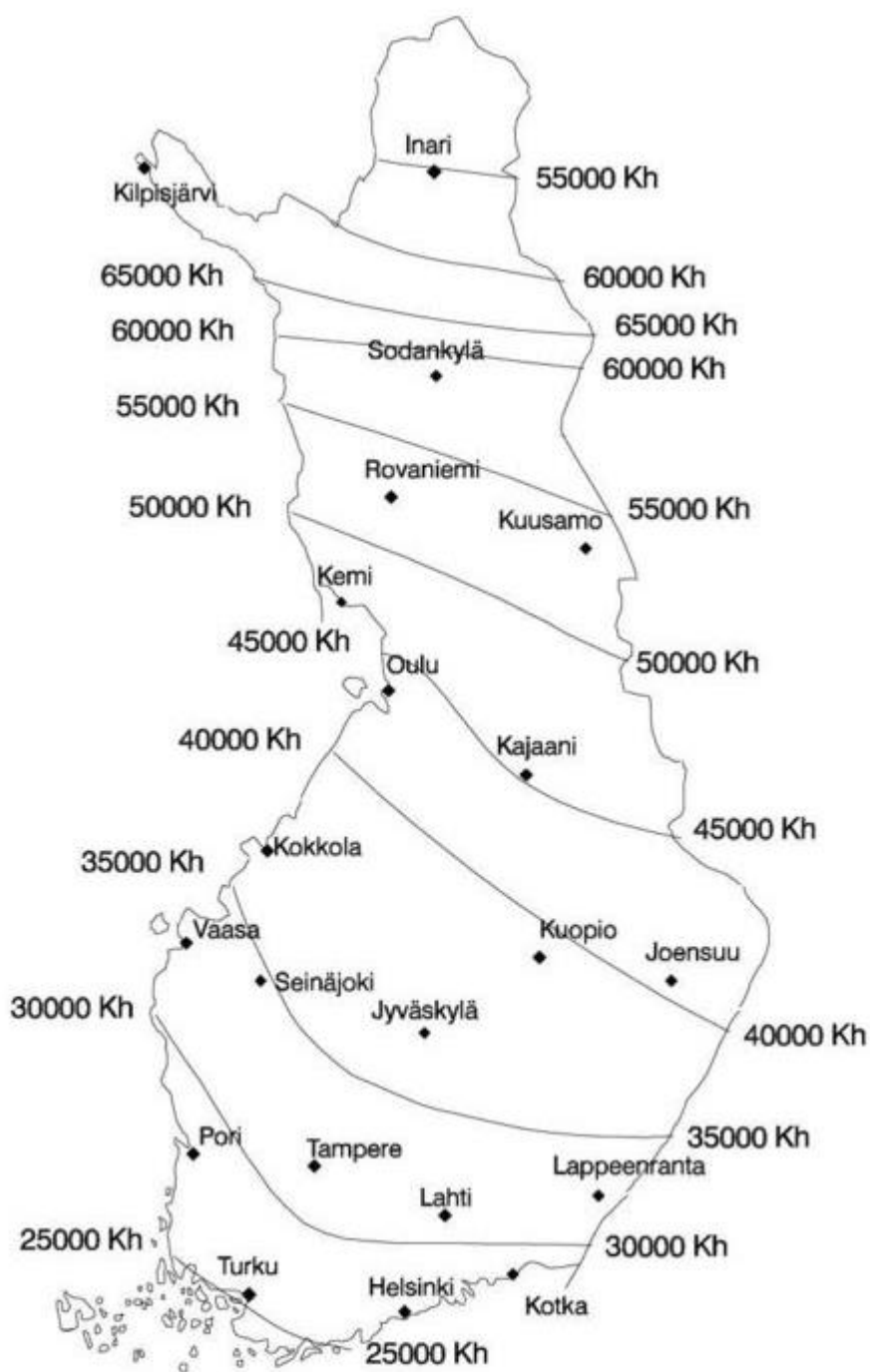
$$E_Y = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$

jossa:

E_A	mitoitettavan kerroksen alapinnan kantavuus (MPa)
E_Y	mitoitettavan kerroksen yläpinnan kantavuus (MPa)
E	mitoitettavan kerroksen materiaalin E -moduuli (MPa)
h	mitoitettavan kerroksen paksuus (m)
0,15	kuormittavan pyörän kosketuspinnan laskennallinen säde (m)

KUVA 17. Odemarkin kantavuuskaava (Väylävirasto 2018, 44)

Kantavuusmitoituksen jälkeen tarkastellaan vielä routamitoitus. Routamitoituksessa tarkastetaan routanousun määrä nykyisellä rakenteella ja selvitetään alittaako laskennallinen routanousu sallitun raja-arvon. Routamitoitusta varten selvitetään mitoittava roudan syvyys. Katujen mitoituksessa roudan syvyys määritetään kerran 10 vuodessa toistuvalla pakkasmäärällä. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2013, 163.)



KUVA 18. Pakkasmäärä 10 vuoden välein. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2000, 6)

Mitoittava roudansyvyys saadaan laskettua pakkasmäärästä kaavalla 16. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2000, 10)

$$S = k\sqrt{T} \quad (16)$$

jossa

S = Roudan syvyys, mm

k = Vakiokerroin, (10-12mm)

T = Pakkasmäärä, Kh

Routamitoitus, jossa lasketaan rakenteen muunneltu kokonaispaksuus, lasketaan kaavalla 17. (Väylävirasto 2018, 27)

$$R_{red} = (a_1 * R_1) + (a_2 * R_2) + \dots + (a_i * R_i) \quad (17)$$

jossa

R_{red} = Rakenteen laskennallinen, muunneltu kokonaispaksuus; mm

$a_1 - a_i$ = Kerroksen materiaalin vastaavuus lämmöneristyksen kannalta

$R_1 - R_i$ = Rakennekerroksen paksuus, mm

Routaantuvan alusrakennekerroksen paksuus lasketaan kaavalla 18. (Väylävirasto 2018, 26)

$$P = S - R_{red} \quad (18)$$

jossa

P = Routaantuvan alusrakennekerroksen paksuus, mm

S = Roudan syvyys, mm

R_{red} = Rakenteen laskennallinen, muunneltu kokonaispaksuus; mm

Laskennallinen routanousu määritetään kaavalla 19. (Väylävirasto 2018, 28)

$$RN_{\text{lask}} = P * \frac{t}{100} \quad (19)$$

jossa

RN_{lask} = Laskennallinen routanousu, mm

P = Routaantuvan alusrakennekerroksen paksuus, mm

t = Routaturpoamakerroin, %

Routamitoitusta tehdessä on syytä arvioida routaeristeen käytön tarpeellisuutta. Tilanteessa, jossa päädytään käyttämään routaeristettä, on lisäksi vielä tarkasteltava routaeristeen puristuslujuus.

Yleensä, jos eristeen yläpuolinen rakennepaksuus on 500 mm tai enemmän, pitkäaikaisen kuormituksen puristuslujuus ei ylitä routaeristeen puristuslujuuskestävyyttä. Puristuslujuus voidaan laskea kaavalla 20. (Foster & Ahlvin 1954)

$$\sigma_z = \sigma_0 - \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{R}{z}\right)^2} \right]^{1,5} \quad (20)$$

jossa

σ_z = Rengaskuorma eristeen päällä, kN/m²

σ_0 = Rengaskuorma maan pinnalla, kN/m²

R = Renkaan painekentän säde, (=0,15m)

z = Rakennepaksuus eristeen pintaan, m

Yksinkertaistaen painekenttä laajenee suhteessa 2:1. Puristuslujuuskaavan avulla voidaan arvioida paineen vaikutus tarkemmin lähempänä maanpintaa, kun kentän laajeneminen on pientä. Kaavaa käyttäessä voidaan yksinkertaistaen olettaa rengaskuorman muodostavan ympyränmuotoisen painekentän päällysteen pintaan. Kaavan avulla lasketaan painevaikutus, joka määritetyllä syvyydellä olevan eristeen pintaan muodostuu.

Puristuslujuutta tarkastellessa voidaan myös määrittää eristeen pintaa rasittava pitkäaikainen kuormitus. esimerkkinä voidaan käyttää parkkeerattua ajoneuvoa. Tärkeää on myös huomioida painekenttien laajeneminen kadun rakenteissa, ottaen huomioon mahdolliset päällekkäisyydet. Paineekenttien päällekkäisyys johtaa painevaikutuksen kasvuun. Lisäksi täytyy arvioida rakennekerrosten aiheuttama maanpaine eristelevyn pintaan.

Mitoitustoimenpiteiden jälkeen voidaan arvioida muutostarpeet vaatimusten täyttämiseksi ja hienosäätää kadun rakenteita. Lopulta kun katurakenteet on kustannustehokkaasti määritelty, ja ollaan tarkastettu, että mitoitus ehdot täyttyvät, kadun rakennekerrosten suunnittelu saadaan päätökseen.

4.4.4 Lumitilan mitoitus

Lumitilan mitoittamisessa tehdään laskelmat talvihoidon aikaiselle auratun lumen sijoittamiselle kadun luiskiin. Lunta sataa eri puolilla Suomea eri määriä, jonka myötä ollaan päädytty jakamaan Suomi kolmeen vyöhykkeeseen. Sadannan lisäksi eroja aiheuttaa talven pituus, jonka aikana satanut lumi ei pääse sulamaan pois. Lumitila mitoitetaan tyydyttävälle, välttävälle tai tilapäiselle alueelle, joista tyydyttävä vastaa tavoiteltavaa tilaa. Tilapäisen lumitilan leveys on 0,15 kertaa aurattavan alueen leveys A , mutta on kuitenkin vähintään puoli metriä. (Liikennevirasto 2013, 53.)

TAULUKKO 12. Tyydyttävä lumitilamitoitus (Liikennevirasto 2013, 53)

Vyöhyke	Sijainti	Mitoitusarvo
I	Etelä-rannikko, 30km etäisyys mereltä	$L = 0,4 * A$
II	Etelä- ja Keski-Suomen sisämaa-alueet	$L = 0,55 * A$
III	Pohjois-Suomi	$L = 0,7 * A$

TAULUKKO 13. Välttävä lumitilamitoitus (Liikennevirasto 2013, 53)

Vyöhyke	Sijainti	Mitoitusarvo
I	Etelä-rannikko, 30km etäisyys mereltä	$L = 0,25 * A$
II	Etelä- ja Keski-Suomen sisämaa-alueet	$L = 0,4 * A$
III	Pohjois-Suomi	$L = 0,5 * A$

Lumitilalle riittävän alueen varaaminen on huomattavasti helpompaa maaseutuympeiristössä, teollisuusalueilla ja väljästi asutuilla asuinalueilla. Tiiviisti rakennetut keskusta-alueet asettavat huomattavia rajoituksia ympäristönsä puolesta lumitilan varaamiselle. Usein esteenä on rakennusten väleillä vallitseva tilanpuute, sekä jalkakäytävien yleisyys. Lumitilan puuttuessa on käytäntönä kerätä aurattu lumi väliaikaiseen varastointiin, josta lumet siirretään lähistöllä sijaitsevalle lumenkaatopaikalle. Suurimmissa kaupungeissa talvihoidon toteuttaminen täytyy miettiä erityisen tarkasti, jotta kustannukset pysyvät kurissa ja lumet saadaan siirrettyä järkevästi pois keskustoista.

4.4.5 Lumitaselaskelmat

Lumitaselaskelmilla voidaan tarkastella lumitilan riittävyys, sekä vaadittava siirtokapasiteetti alueilta, joilla lumitilasta on puutetta. Lumitilojen teoreettinen tilavuus lasketaan kaavalla 21. (Helsingin kaupunki 2014, 33.)

$$V_{\text{teor}} = A_{\text{lumitila}} * L_a \quad (21)$$

jossa

V_{teor} = Teoreettinen lumitilan tilavuus, m³

A_{lumi} = Lumitilan poikkileikkauspinta-ala, m²

L_a = Kadun pituus liittymät mukaan lukien, m

Kadulle satavan lumen määrä saadaan laskettua kaavalla 22. (Helsingin kaupunki 2014, 33)

$$V_{\text{lumi}} = A * l * \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (22)$$

jossa

V_{lumi} = Lumen määrä, m³

A = Katualueen pinta-ala, m²

l = Lumikertymä, m

$\frac{\rho_1}{\rho_2}$ = Tiivistymisaste

Teoreettisen lumitilan ja talven aikana satavan lumen määrän kautta voidaan laskea ylijäämä. Ylijäämän suuruus lasketaan kaavalla 23. (Helsingin kaupunki 2014, 33.)

$$V_{\text{ylijäämä}} = V_{\text{lumi}} - V_{\text{teor}} \quad (23)$$

jossa

$V_{\text{ylijäämä}}$ = Ylijäämän suuruus, m³

V_{lumi} = Lumen määrä, m³

V_{teor} = Teoreettinen lumitilan tilavuus, m³

Ylijäämän arvon ollessa positiivinen, täytyy miettiä, kuinka lumet siirretään lumitilasta pois talven aikana. Ylijäämän arvon ollessa negatiivinen, voidaan todeta, ettei lumen siirtämistä pois alueelta tarvitse toteuttaa.

Lumitilojen täyttymiseen laskettava lumikertymä voi olla syytä tarkastaa, jos on vuosittainen paikallinen lumikertymä tiedossa. Tällöin voidaan tehdä muutoksia lumitilan poikkileikkauksen pinta-alaan, jotta lumen poiskuljettamisen tarve vähenisi. Maksimilumikertymä lasketaan kaavalla 24. (Helsingin kaupunki 2014, 33.)

$$l_{\max} = \frac{V_{\text{teor}}}{A} * \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (24)$$

jossa

l_{\max} = Maksimilumikertymä, m

V_{teor} = Teoreettinen lumitilan tilavuus, m³

A = Katualueen pinta-ala, m²

$\frac{\rho_2}{\rho_1}$ = Tiivistymisaste

4.5 Kustannusarvio

Saneeraushankkeille tehdään muun suunnittelun ohella kustannusarviot. Kustannusarvion tarkoituksena on selvittää toteutettavan hankkeen hinta, jotta sille voidaan varata riittävän kattava budjetti. Kustannusarvion avulla rahoitusta haetaan tekniseltä lautakunnalta, joka päättää rahoituksen myöntämisestä. Arvion tulisi olla mahdollisimman tarkka, jotta urakoitsijan kilpailutuksen ja urakan myöntämisen jälkeen rahaa on varattu riittävästi urakoitsijan toteuttamien töiden maksamiseen. Kustannusarvioidun työn luonteesta riippuen kustannusarvion muodostaminen voi vaatia mittaviakin laskelmia. Tilaajaosapuolen tekemät kustannuslaskelmat eivät yleensä ole yhtä tarkkoja kuin yksityisellä puolella toimivien urakoitsijoiden tarjouslaskelmat, ja antavan lähinnä osviittaa kustannusten suuruusluokasta.

Kustannusarviossa tulee ottaa huomioon useita eri osatekijöitä. Materiaali-, kuljetus-, työvoima- ja organisaatiokulut muodostavat pääosan kustannuksista. Urakoitsija vielä näiden lisäksi tavoittelee urakasta katetta itselleen, joka nostaa kustannuksia hieman. Urakan luonteesta riippuen on syytä pohtia mahdollisten kustannusriskien suuruus ja varata niiden kattamiselle riittävästi rahaa. Urakoitsijan erityisesti on mietittävä tarkkaan riskit tarjousvaiheessa, jotta tarjouksen hinta ei ole liian suuri, mutta ei kuitenkaan päädytä urakan toteutusvaiheessa rahallisiin ongelmiin yllättävien riskien suhteen.

Edellä mainittuun perustuen, on syytä jaotella kustannuksia eri osa-alueisiin, jotta selkeän arvion luominen helpottuu. Materiaalikustannukset on yleensä helppo muodostaa hankkeelle olemassa olevan määräluettelon pohjalta. Materiaalien hinta voi kuitenkin vaihdella urakan aikana, ja eri tavaratoimittajien tuotteissa on usein suuria hintaeroja. Tilaaja usein kuitenkin määrittelee tiukat ehdot tuotteille, joita hankkeessa voidaan käyttää. Tällöin urakoitsijoiden suorittama tavaratoimittajien kilpailutus jää vähemmälle, ja tilaaja varmistuu oikean tyyppisen rakennusmateriaalin käytöstä työmaalla.

Kuljetuskustannuksista merkittävä osa muodostuu tavaratoimitusten rahtikuluista. Kuljetuskustannukset riippuvat myös pitkälti työmaan sisäisen organisoinnin sujuvuudesta. Toimitustavaroiden järkevä varastointi ja työmaan sisäinen logistiikka on syytä suunnitella huolella, jotta päädytään ajallisiin, ja sen kautta myös rahallisiin säästöihin. Muut logistiikkaan liittyvät kustannukset keskittyvät pääasiallisesti mahdollisiin viivästyksiin tavaratoimittajan puolella. Tämän takia olisikin syytä huolehtia, että työmaan varastoissa on riittävästi tarpeita jo pariksi viikoksi etukäteen. Poikkeuksena ovat kuitenkin erikoistoimitukset, jotka vaativat nostokaluston työmaalle, jotta työvaihe saadaan toteutettua. Varjopuolena varaston ylläpidossa on urakoitsijan kannalta rahalliset haasteet. Urakoitsijalla harvemmin on varaa sijoittaa paljota omaa varallisuuttaan kiinni varastoihin, kun juoksevia kustannuksia on paljon ja urakan osasuoritteista ansaittavat tilaajan hyväksymät maksut voivat viivästyä erimielisyyksien tai unohdusten takia.

Työvoimakustannuksiin päästään kiinni vaadittavien työsuoritteiden pohjalta. Työsuoritekapasiteetin ja koneiden tuntitaksojen perusteella saadaan

laskennallisia arvoja, joiden pohjalta kustannuksia lasketaan, kun tiedetään työvaiheiden ajallinen kesto. Urakoitsijat itse usein seuraavat työsuoritteiden tehokkuutta hyvinkin tarkasti ja pyrkivät sen avulla parantamaan työn tuottavuutta. Parempi työn tuottavuus on selkeä kilpailuetu, jolloin on mahdollista toteuttaa urakka halvemmalla kuin kilpailevat urakoitsijat.

Organisaatiokuluihin tilaajan osalta kuuluu hankkeen suunnitteluttaminen, tarjouspyynnön asiakirjojen laadinta ja urakoitsijan valinta, mahdollinen konsultoinnin käyttö ja urakan valvonta rakennustöiden aikana. Urakoitsijana toimiva yritys tai toiminimi yleensä pyrkii kattamaan omat juoksevat organisaatiokulut tai toimipisteen ylläpidon jonain osuutena urakkahinnasta. Suuremmilla yrityksillä organisaatiokulut ovat suhteellisesti suurempia, mutta toisaalta suuremmat yritykset voivat hajauttaa urakoitaan tehokkaammin ja erikoistua tietyille osa-alueelle, josta katetta on mahdollista saada enemmän.

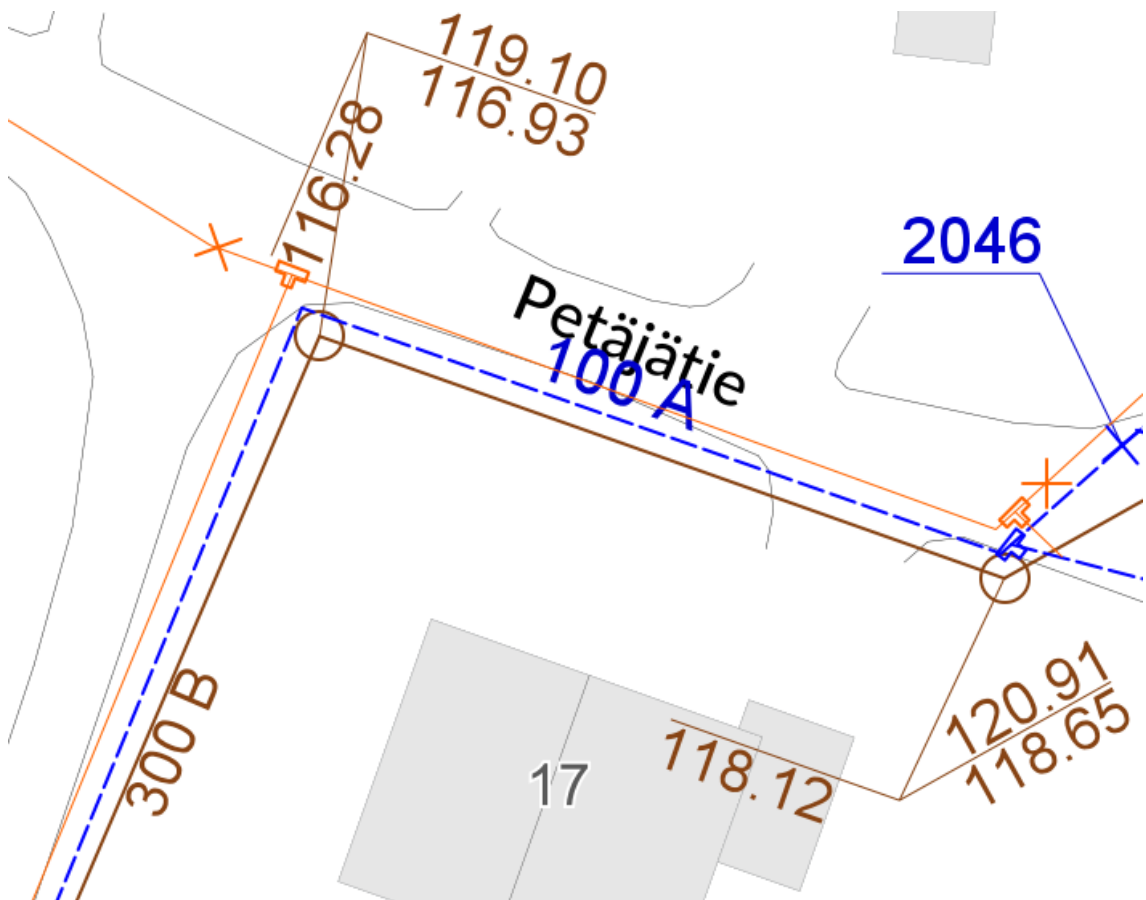
Pitempiaikaisissa, kokoluokaltaan suurissa hankkeissa, tulee lisäksi ottaa huomioon rakennusalan vuosi-indeksit, jotka kuvastavat alan toimijoiden kustannustason muutoksia. Indeksitason muutosta voi kuvata vaikkapa materiaalien hankintahinnan muutoksella. Hankintahinta saattaa heilahdella merkittävästi toimittajaorganisaation tai materiaalien valmistukseen vaadittujen raaka-aineiden hinnan vaihtelun myötä. Esimerkkinä, asfaltointihankkeissa yksi merkittävä urakan hintaan vaikuttava tekijä on bitumin hinta, sillä bitumi on yksikköhinnaltaan melko korkea ja sen valmistuskustannuksissa on paljon vaihtelua öljyn maailmanmarkkinahinnan heilahtelujen takia.

5 TULOKSET

Tulokset -osiossa perehdytään suunnittelun pohjalta tehtyihin johtopäätelmiin ja käytännön ratkaisuihin.

5.1 Vesihuolto

Vesihuoltoverkon saneeraus on dokumentoitu Keyaqua -ohjelmistoon suunnittelutyökalun avulla. Suunniteltu vesijohtolinja näkyy karttapohjalla oranssina viivana, jolloin se selkeästi erottuu olemassa olevasta verkostosta. Samoin myös muut vesijohtoverkon rakenneosat erottuvat oranssina. Suunnittelun aikana kaikki tarpeellinen tieto uuden verkoston ominaisuuksista saadaan liitettyä suunniteltuun verkostoon. Kuvassa 17 on esimerkki, kuinka suunnittelu ja olemassa oleva verkko sijoittuvat toisiinsa nähden.



KUVA 19. Kuvakaappaus Keyaqua -ohjelmistosta (Keyaqua, Orivesi 2020)

Kokonaisuudessaan uutta vesijohtoverkosta tullaan rakentamaan noin 750 metriä. Vesijohtoverkoston sijainti vastaa pitkälti vanhaa verkosta. Poikkeuksena on lyhyt osuus, jossa uusi vesijohtolinja ei kierrä vanhaa reittiä pitkin. Uusi linjaus oikaisee lyhyempää reittiä pitkin, joka sijaitsee katualueella. Vaikka alueen asukkaiden käyttöön riittäisikin 90 mm putkikoko, vesijohtolinja rakennetaan pääosin 110 mm polyeteeniputkella, sillä Oriveden kaupungilla on intresseissä käyttää vakioputkikokoja. Hautakankaantien vesijohtohaara on 63 mm polyeteeniputkea, sillä se riittää tyydyttämään alueen nykyisen vedentarpeen. Tonttijohdot tehdään 32 mm polyeteeniputkella, ja niille asennetaan uudet tonttiventtiilit, jotta vanhat mahdollisesti vialliset venttiilit saadaan pois käytöstä. Poikkeuksena on tonteilla sijaitsevat venttiilit, joiden uusimisesta sovitaan erikseen kiinteistön omistajan kanssa. Yleiseen käytäntöön perustuen tonttiventtiilin uusiminen kiinteistön puolella siirtyy kiinteistön omistajan maksettavaksi.

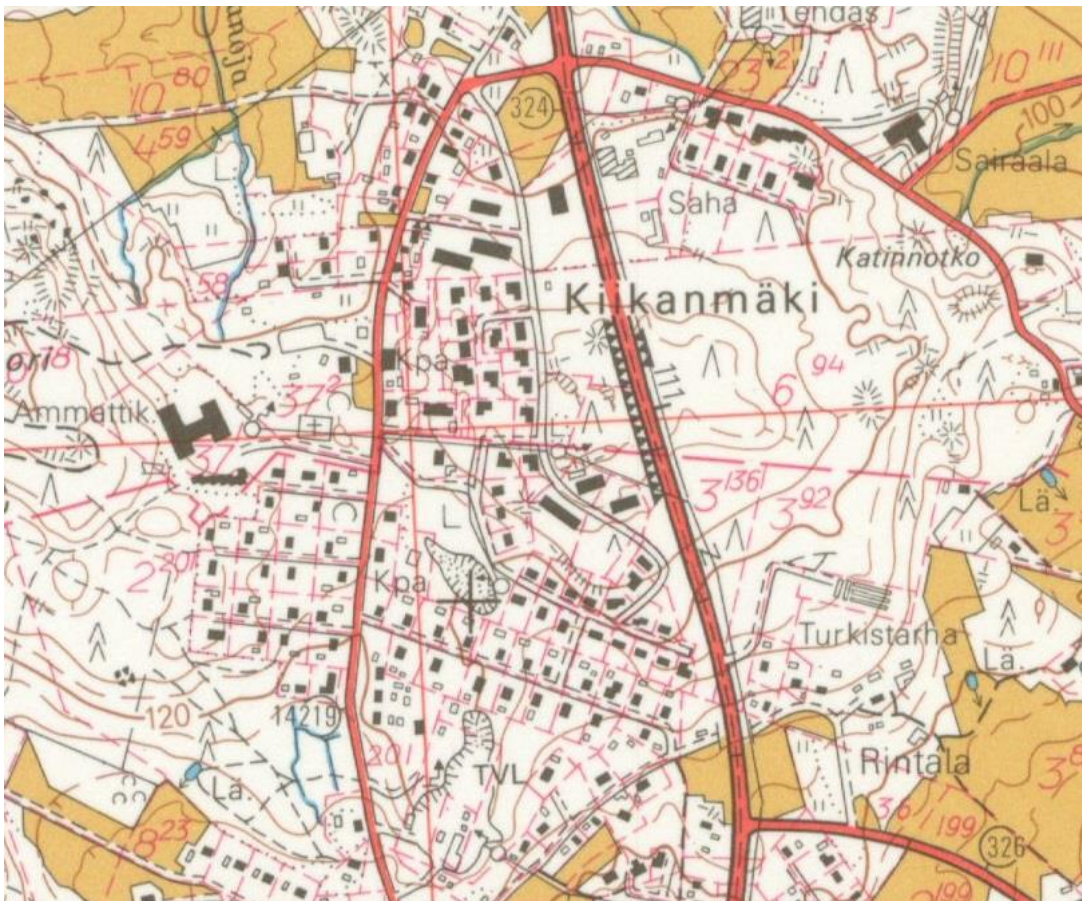
Jätevesiviemärilinjan osalta päädyttiin saneerausvaihtoehtoista sujuttamiseen sen nopeuden ja kustannustehokkuuden myötä. Jätevesiviemärilinjan sijaintiin ei tällöin tule muutoksia. Sujuttaminen on myös mahdollista toteuttaa viemärilinjan vapaan kapasiteetin ansiosta, sillä vanha saneerattava linja on ”ylimitoitettu” alueen tarpeisiin. Vanhat betonikaivot vaihdetaan muovisiin teleskooppikaivoihin. Sujuttamisen etuna on myös suunnittelutarpeen vähyys, sillä padotuskorkeudet säilyvät samana tonteilta tulevien viemäreiden liittyessä tarkastuskaivoihin ja viemärilinjan kaatoihin sekä linjaukseen ei tule muutoksia.

Opinnäytetyön suunnittelukohteella jokainen viemärikaivon välinen putkilinja on kaltevuudeltaan vähintään 1%, joka takaa riittävän hankausjännityksen viemärilinjan itsepuhdistukseen.

Alueelle kertyvät sadevedet kerätään kadun reunoilla kulkeviin painanteisiin. Katualueella päällysteen pinta ohjaa vesiä eteenpäin siten, että lammikoitumista ei pääse syntymään. Alueella ei olla aikaisemmin havaittu ongelmia sadevesien johtamisen suhteen, joten hulevesilinjan rakentamiseen ei päädytty.

5.2 Katusaneeraus

Hautakankaantien kunto on nykyisellään melko huono. Päälysteen pinnassa on paljon painumia ja halkeamia sekä kadun rakennekerrokset ovat päässeet sekoittumaan pohjamaan kanssa. Maanmittauslaitoksen vanhojen karttojen pohjalta voidaan todeta kadun olleen olemassa jo vuonna 1977, jonka jälkeen kadulle ei olla tehty minkäänlaisia perusparannuksia, lukuun ottamatta kadun valaistuksen uusimista. Katu rakennettiin alueelle rakennettujen kerrostalojen yhteydessä, jolloin myös alueen vesihuoltoverkko on rakennettu. Katu saneerataan täysin rakentamalla kaikki rakennekerrokset uusiksi ja ohessa suodatinkerrokseen asennetaan routaeristelevyt. Katu rakennetaan tonttikatuna, jonka perusteella saadaan tarkasti mitoitettua tulevat rakennekerrokset ja niiden paksuudet.



KUVA 20. Hautakankaan alue (Maanmittauslaitos 1977)

Alueella on riittävästi lumitilaa talvihoidon tarpeisiin, eikä lumen kuljettamista kadun varrelta ole tarvinnut toteuttaa. Kadun varrella on riittävästi vapaata tilaa lumen sijoittamiselle.

Kadulle ei tarvitse suunnitella uusien valaisimien asentamista, sillä vanhat puiset valaisinpylväät on aikaisemmin saneerattu nykyaikaisiin sinkittyihin teräspylväisiin led-valaisimineen. Muussa tapauksessa katusaneerauksen yhteydessä oltaisiin saneerattu myös valaisimet, mutta aikaisemman ilmajohtojen kaapeloinnin yhteydessä oli järkevä saneerata myös katuvalaistus. Salaojien rakentamiseen ei olla päädytty maaperän suotuisien ominaisuuksien sekä kalliopinnan epätasaisuuden myötä. Kadun riittävä kuivatus saadaan toteutettua sivuojilla.

6 POHDINTA

Saneeraustyön suunnitteluprosessi vaatii paljon perehtymistä. Lähtötietojen hankinnalla ja työkohteen tuntemisella on suuri rooli suunnittelutyön onnistumisessa. Saneerauksen rajaukset ja taloudellinen suunnittelu täytyy aina miettiä tarkkaan hankekohtaisesti. Suunnittelutyön aikana kiinnitetään paljon huomiota saneeraustyön laajuuteen ja asetettuihin vaatimuksiin. Prosessin aikana mietitään mikä on järkevintä toteuttaa ja kuinka eri ratkaisut soveltuvat kohteelle. Suunnittelussa täytyy kiinnittää huomiota taloudellisuuteen. Ratkaisuissa voidaan joutua tinkimään taloudellisiin perusteluihin nojautuen.

Vesihuollon saneerauksen osalta saneerattavan verkon tunteminen helpottaa merkittävästi uuden verkon mitoittamista ja linjausta. Haasteita tulee pääasiassa rakentamisen suunnittelussa. Vesihuoltoverkot ovat aktiivisesti käytössä ja verkosto-osien rajaaminen pois käytöstä täytyy kompensoida jollain tapaa. Jos verkosto olisi lenkissä ja sinne saadaan johdettua käyttövesi riittävällä paineella, yksittäisen venttiilivälin väliaikainen sulkeminen ei aiheuta ongelmia. Verkoston latvaosilla ongelmaksi muodostuu käyttöveden johtaminen, joka joudutaan toteuttamaan väliaikaisella käyttövesijohdolla.

Katusaneerauksessa työ voidaan toteuttaa yleensä perusratkaisuna. Huomiota täytyy kiinnittää pääasiassa kadun toimivuuden ja rakenteiden toiminnallisuuden parantamiseen. Linjaukseen harvemmin voi tehdä merkittäviä muutoksia. Katujen yleisilmeellä on myös merkittävä vaikutus alueen viihtyisyyteen.

Suunnitteluprosessin aikana usein kohtaa monenlaisia eri vaihtoehtoja ja haasteita, joiden huomioiminen suunnittelussa vaatii paljon pohdintaa. Kokonaisuuden ja eri ratkaisuvaihtoehtojen yhteensovittamisen hallinta takaa parhaan lopputuloksen. Kiireellinen suunnittelu yleensä huonontaa suunnittelutyön laatua ja näkyy suoraan lopputuloksessa. Suunnitelmien selkeys ja johdonmukaisuus ovat avainasemassa saneeraustyön onnistumiseen.

LÄHTEET

Aluehallintovirasto. 2020. Vesilain mukaiset luvat eli vesiluvat. Luettu 16.1.2020.
<https://www.avi.fi/web/avi/vesiluvat>

Helsingin kaupunki. 2014. Katutilan mitoitus, suunnitteluohjeet Helsingin kaupungille. Luettu 12.3.2020.
https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/katutila_mitoitus.pdf

Keypro Oy. 2020. KeyAqua Orivesi. Versio 3.0.10. Luettu 23.3.2020.
<https://orivesi.keyaqua.keypro.fi/#mappage>

Maa- ja metsätalousministeriö. 2020. Vesihuollon tehtävät ja organisaatio. Luettu 20.1.2020.
https://mmm.fi/vesi/vesihuolto_tehtavat

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Luettu 16.1.2020.

Maanmittauslaitos. 2020. Vanhat painetut kartat. Luettu 23.3.2020.
<http://vanhatpainetutkartat.maanmittauslaitos.fi/>

Openstreetmap. 2020. Luettu 3.2.2020. <https://www.openstreetmap.org>

Oriveden kaupunki. 2016b. Orivesi info. Orivesi - Tampereen seudulla, hyvien liikenneyhteyksien varrella. Luettu 16.1.2020. <http://www.orivesi.fi/fi/orivesi-info>

Oriveden kaupunki. 2016a. Rakentamistapaohje. Orivesi, Kirkonseutu, Moision alueen laajennus. Luettu 16.1.2020
http://www.orivesi.fi/files/Tiedostot/Moision_laajennus_2016.pdf

Pelastuslaki 29.4.2011/379. Luettu 5.3.2020.

Rakennustieto Oy. 2016. RTS 16:2. Ajoneuvojen mittoja. Luettu 16.3.2020.
https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fIPeDhrH/HkGXUHV1B/Ajon_euvojen_mittoja_16_02.pdf

Suomen Betonitieto Oy. Rakennusteollisuus RT ry. 2003. Betoniviemärit 2003 - käsikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. Luettu 2.4.2020.
<https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/Betoniviem%C3%A4rit.pdf>

Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY ry. 2003. Katu 2002, Katusuunnittelun ja rakentamisen ohjeet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. Luettu 12.3.2020.

Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2003. RIL 124-1 Vesihuolto I. Kirjapaino: Vammalan Kirjapaino Oy. Luettu 20.1.2020.

Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2010a. RIL 237-1-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, perusteet ja toiminnallisuus. Kirjapaino: Saarijärven Offset Oy. Luettu 20.2.2020.

Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2010b. RIL 237-2-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, mitoitus ja suunnittelu. Kirjapaino: Saarijärven Offset Oy. Luettu 27.2.2020.

Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2013. RIL 261-2013 Routasuojaus - rakennukset ja infrarakenteet. 2. painos. Kirjapaino: Tammerprint Oy. Luettu 19.3.2020.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. 2000. Tien pohja- ja päällysrakenteet tutkimusohjelma 1994-2001. Ilmastorasitus, pakkasmäärän ja sulamiskauden pituuden määrittäminen. Luettu 19.3.2020.

<https://docplayer.fi/4942587-Ilmastorasitus-pakkasmaaran-ja-sulamiskauden-pituuden-maaritys.html>

Terveysturvallisuuslaki 19.8.1994/763. Luettu 24.1.2020.

Valmiuslaki 29.12.2011/1552. Luettu 6.3.2020

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2005/205. Luettu 17.1.2020.

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119. Luettu 16.1.2020.

Vesilaki 27.5.2011/587. Luettu 16.1.2020.

V.N.S. Murthy. 2003. Geotechnical Engineering: principles and practices of soil mechanics and foundation engineering. New York, New York: Marcel Dekker, Inc. Luettu 2.4.2020.

Väylävirasto. 2013. Tien suuntauksen suunnittelu. Luettu 20.3.2020.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf

Väylävirasto. 2018. Tierakenteen suunnittelu. Luettu 19.3.2020.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf

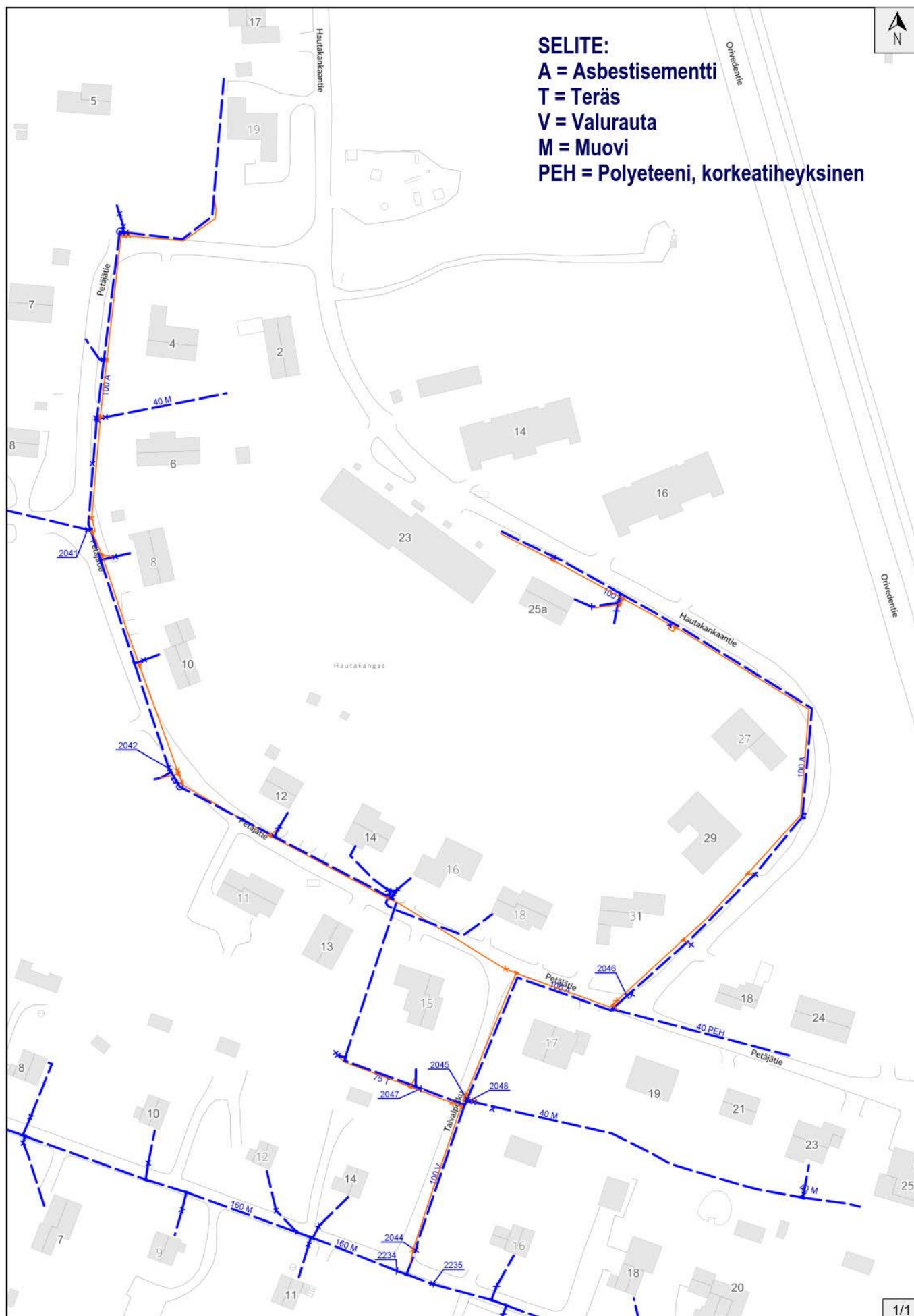
Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 2017. Vedenkulutus tehostuu ja keskitetyn vesihuollon tilanne paranee Pohjois-Savossa. Luettu 20.2.2020.

[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Luonnonvarat/Vedenkulutus_tehostuu_ja_keskitetyn_vesi\(43345\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Luonnonvarat/Vedenkulutus_tehostuu_ja_keskitetyn_vesi(43345))

LIITTEET

1. Saneerauskohteen vesijohtoverkko
2. Saneerauskohteen viemäriverkko
3. Väliaikainen käyttövesijohto etelä
4. Väliaikainen käyttövesijohto pohjoinen
5. Hautakankaantien pituusleikkaus 1 (1:500/1:50)
6. Hautakankaantien pituusleikkaus 2 (1:500/1:50)
7. Hautakankaantien tyyppipoikkileikkaus suoralle (1:200)
8. Hautakankaantien tyyppipoikkileikkaus kaarteelle (1:200)
9. Aluekartta (1:500)

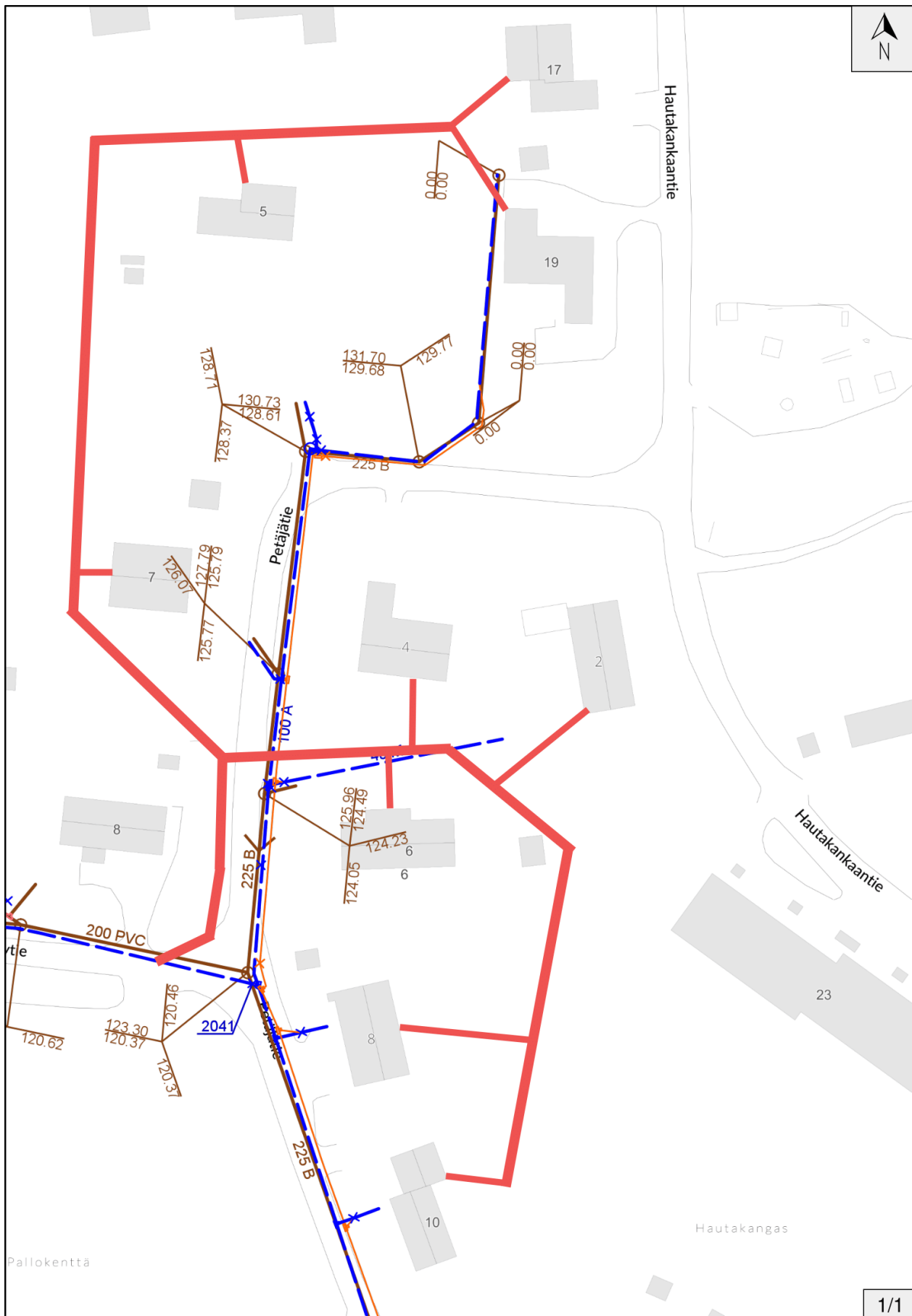
Liite 1. Saneerauskohteen vesijohtoverkko



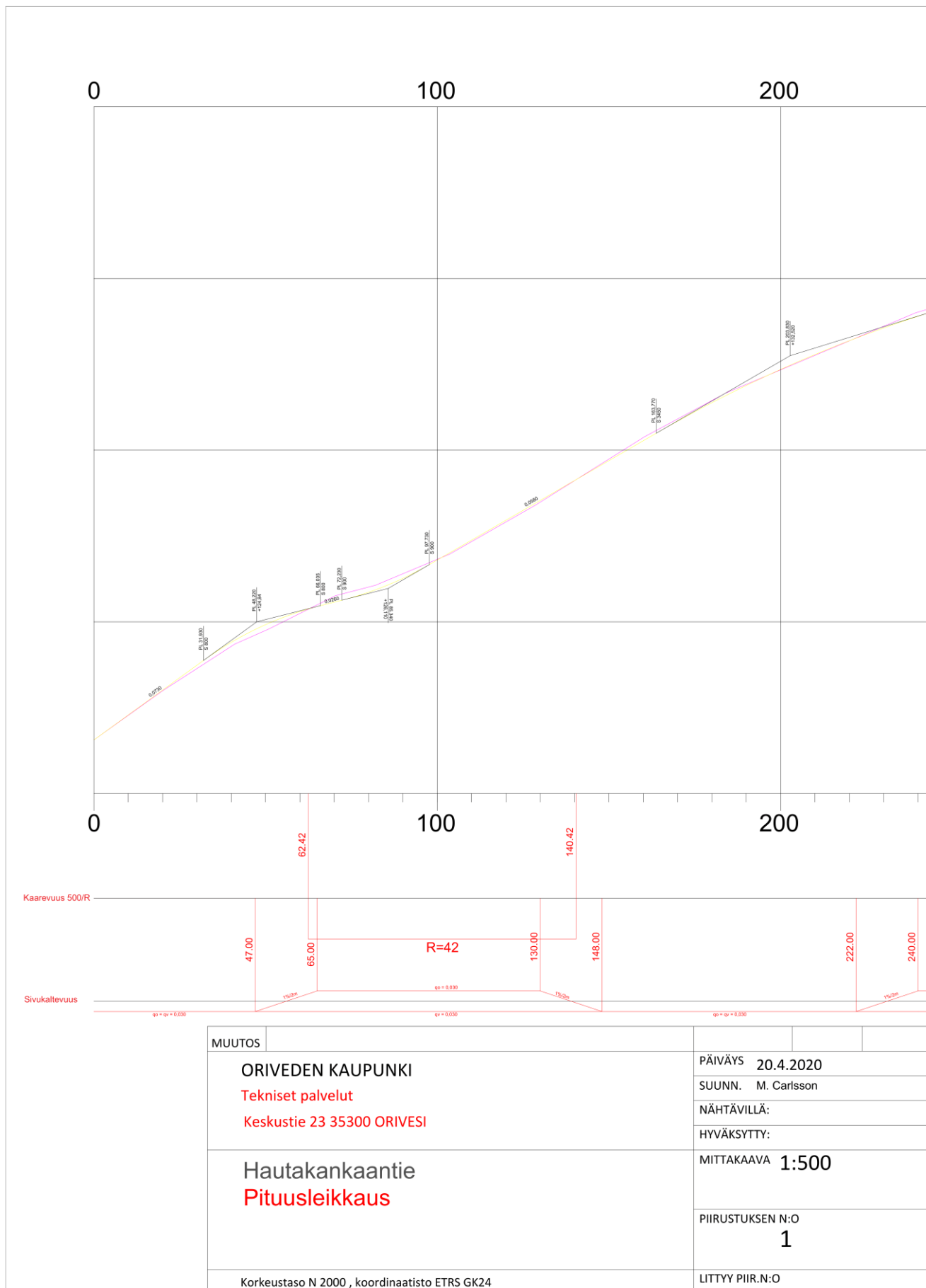
Liite 2. Saneerauskohteen viemäriverkko



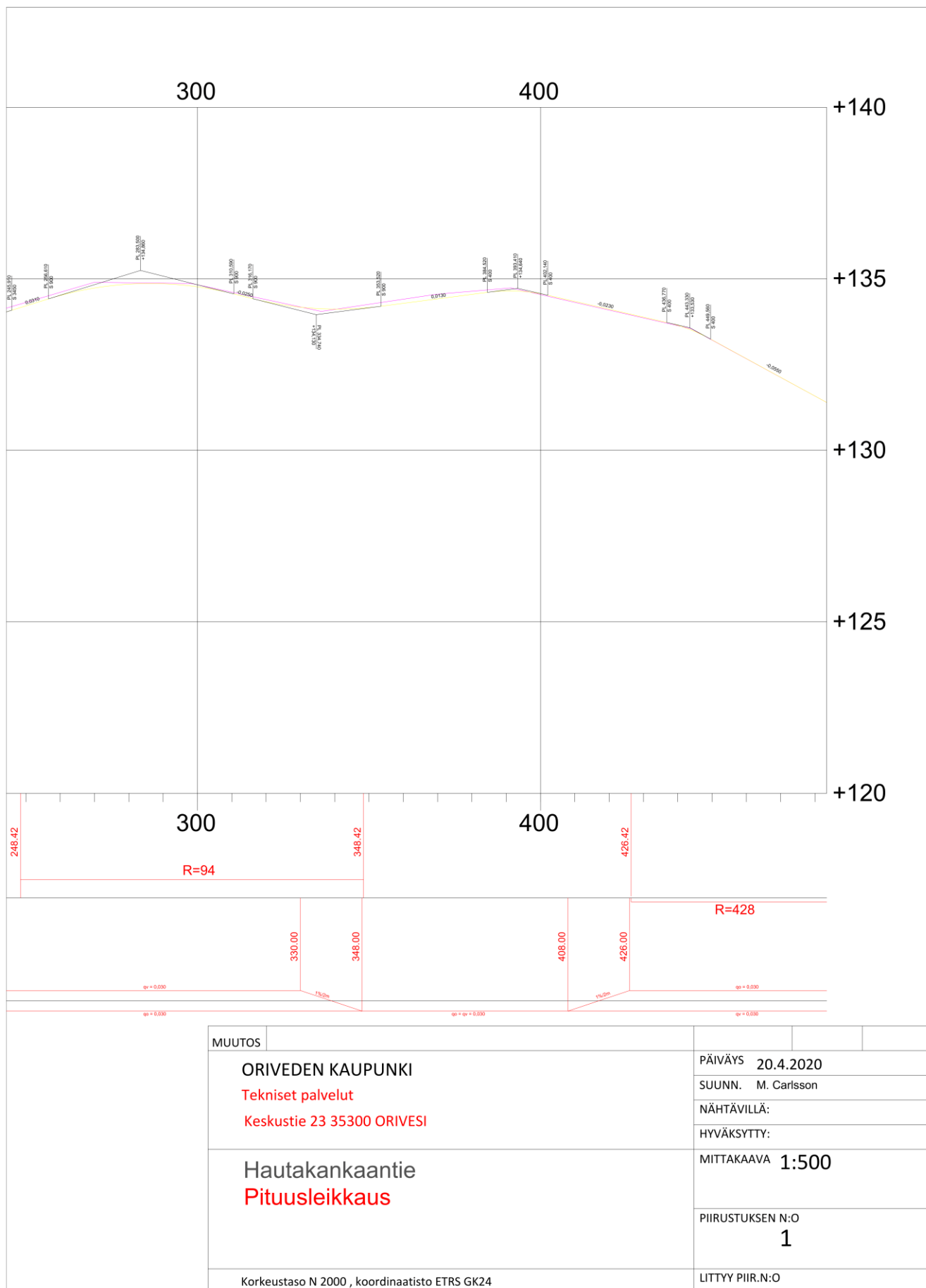
Liite 4. Väliaikainen käyttövesijohto pohjoinen



Liite 5. Hautakankaantien pituusleikkaus 1



Liite 6. Hautakankaantien pituusleikkaus 2



Liite 7. Hautakankaantien tyypipoikkileikkaus suoralle

Rakennekerrokset:

Päällyste 40mm AB16

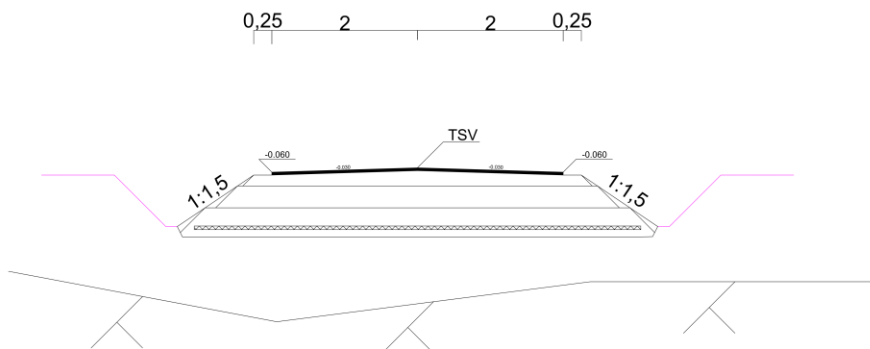
Kantava kerros 150mm 0/32 KaM

Jakava kerros 300mm 0/63 KaM

Suodatinkerros 250mm 0/8 Hk

XPS eristelevy 50mm (infralevy)

Suodatinkerros 100mm 0/8 Hk



MUUTOS			
ORIVEDEN KAUPUNKI Tekniset palvelut Keskustie 23 35300 ORIVESI	PÄIVÄYS	17.4.2020	
	SUUNN.	M. Carlsson	
Hautakankaantie Tyypipoikkileikkaus	NÄHTÄVILLÄ:		
	HYVÄKSYTTY:		
Korkeustaso N 2000 , koordinaatisto ETRS GK24	MITTAKAAVA	1:200	
	PIIRUSTUKSEN N:O	2	
	LITTYY PIIR.N:O		

Liite 8. Hautakankaantien tyypipoikkileikkaus kaarteelle

Rakennekerrokset:

Päällyste 40mm AB16

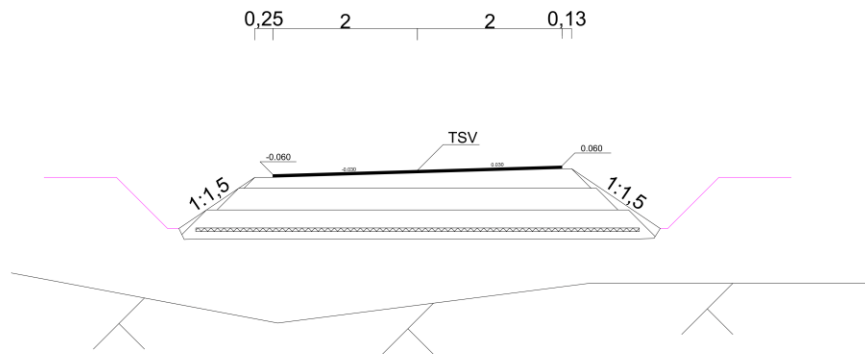
Kantava kerros 150mm 0/32 KaM

Jakava kerros 300mm 0/63 KaM

Suodatinkerros 250mm 0/8 Hk

XPS eristelevy 50mm (infralevy)

Suodatinkerros 100mm 0/8 Hk



MUUTOS			
ORIVEDEN KAUPUNKI Tekniset palvelut Keskustie 23 35300 ORIVESI		PÄIVÄYS 17.4.2020 SUUNN. M. Carlsson NÄHTÄVILLÄ: HYVÄKSYTTY:	
Hautakankaantie Tyypipoikkileikkaus		MITTAKAAVA 1:200 PIIRUSTUKSEN N:O 3	
Korkeustaso N 2000 , koordinaatisto ETRS GK24		LITTYY PIIR.N:O	

Liite 9. Aluekartta



MUUTOS			
ORIVEDEN KAUPUNKI	PÄIVÄYS 17.4.2020		
Tekniset palvelut	SUUNN. <u>M. Carlsson</u>		
Keskustie 23 35300 ORIVESI	NÄHTÄVILLÄ:		
	HYVÄKSYTTY:		
<u>Hautakanakaantie</u>	MITTAKAAVA 1:500		
<u>Yleiskartta</u>	PIIRUSTUKSEN N:O 4		
Korkeustaso N 2000 , koordinaatio ETRS GK24	LITTYY PIIR.N:O		