

Mikael Nenonen

Katusuunnitelman toteutus katumittauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

Toukokuu 2015

Tekijä Otsikko	Mikael Nenonen Katusuunnitelman toteutus katumittauksessa
Sivumäärä Aika	51 sivua + 1 liite Toukokuu 2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	projektipäällikkö Mika Klubb yliopettaja Vesa Rope
<p>Tämän insinöörityön aiheena oli perehtyä Suomen katujen tekniikkaan, suunnitteluun, suunnitelmien sisältöön sekä katumittaukseen. Työn ensisijaisena tavoitteena oli perehdyttää lukija katutekniikan merkintä- ja kartoitusmittaukseen. Lisäksi tavoitteena oli luoda selkeä kuva kadun sisällöstä sekä toiminnasta, perehdyttämällä lukija samalla katusuunnitelmiin ja niiden sisältöihin.</p> <p>Työssä esitellään katuluokkien lisäksi kadun sisältö perusteellisesti sekä katutekniikan ja sen suunnitelmien tulkintaa. Työssä perehdyttiin suunnitelmien tulkintaan sekä rakentamisen aikana suoritettaviin merkintä- sekä kartoitusmittauksiin katusuunnitelman pohjalta. Rakentamisen vaiheiden aikana suoritettavien mittaustehtävien virhelähteiden tutkiminen oli osa insinöörityötä. Insinöörityössä pyrittiin esittämään myös kartoitusmittauksien jälkikäsitelyä.</p> <p>Insinöörityössä tutkittiin katusuunnitelman eri osa-alueita ja niiden sisältöä. Esimerkki suunnitelmina käytettiin Vantaan kaupungin alueelle laadittuja eri tahojen laatimia katusuunnitelmia. Työssä esitetyt merkintätavat olivat Oy Esari Ab:n Etelä-Suomen toimipisteen käyttämiä merkintätapoja katumittaustehtävissä.</p> <p>Työn tarkoituksena oli luoda Oy Esari Ab:n katumittauksia suorittaville mittaaajille perehdyttävä ohje katusuunnitelmien sisältöön, niiden tulkintaan ja katumittausten suorittamiseen.</p>	
Avainsanat	katu, katusuunnitelma, kadunsuunnittelu, katumittaus

Author Title	Mikael Nenonen Implementation of street plan in street measurement
Number of Pages Date	51 pages + 1 appendice May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Mika Klubb, Project Manager Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study the Finnish street engineering, street planning, the content of street plans and measuring of streets. The main goal of the project was to introduce the parts and functions of streets, as well as to present various street plans, their contents and meanings. For the thesis, the implementation of street plans and the marking and mapping methods during the building process were studied to establish the features and functions of streets.</p> <p>Interviews with land surveyors and street planners were used for the thesis. Street engineering literature establishing the building standards for streets was studied. For the thesis, the contents of street plans were studied with the help of land surveyors and street builders. Street plans and building techniques were presented with pictures to ensure the understanding of practical implementation.</p> <p>The thesis can be used as a guide to street plans and their contents, as well as to street measurements and their implementation. The training of new employees will be easier with the help of this thesis since they will be introduced to the methods to measure streets and interpret street plans.</p>	
Keywords	street, street plan, streets planning, street measurement

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Katu	1
2.1	Katuluokat	2
2.2	Kadun sisältö	3
2.2.1	Sadevesiviemäri	3
2.2.2	Jätevesiviemäri	5
2.2.3	Puhdasvesijärjestelmä	7
2.2.4	Rakennekerrokset	9
2.2.5	Suojaputket	10
2.2.6	Reunakivet	12
2.2.7	Viherkaistat ja istutukset	14
2.2.8	Viimeistelyt	14
3	Kadun suunnittelu	15
3.1	Suunnittelun lähtökohdat	15
3.2	Suunnitteluprosessi	16
4	Katusuunnitelma	17
4.1	Suunnitelman sisältö	17
4.1.1	Asemakuva	18
4.1.2	Pituus- ja tyyppipoikkileikkaus	20
4.1.3	Paalulukko-kohtaiset poikkileikkaukset	23
4.1.4	Tasaussuunnitelma	23
4.1.5	Mittaussuunnitelma	24
4.1.6	Valaisinsuunnitelma	25
4.1.7	Muut erikoissuunnitelmat	26
4.2	3D-suunnitelma	27
5	Katumittaus	28
5.1	Suunnitelman vaikutukset	28
5.2	Suunnitelman oleelliset kohdat mittauksen kannalta	28
5.3	Suunnittelumittaukset	29
5.4	Rakentamisen vaiheet	29
5.5	Rakentamisen aikaiset mittaukset	31
5.5.1	Rakentamista edeltävät työvaiheet	32

5.5.2	Rakentamisen aikana tehtävät mittaustyövaiheet	33
5.5.3	Merkintä- ja kartoitusmenetelmät	34
5.5.3.1	Kaivojen merkintä ja kartoitus	34
5.5.3.2	Valaisimien merkintä ja kartoitus	36
5.5.3.3	Katukorkeuksien merkintätyö	37
5.5.3.4	Muut kartoitus- ja merkintätyöt	43
5.5.4	Virheet ja virhelähteet	45
5.6	Jälkikäsittely	46
5.7	Laadunvarmistus	47
5.8	Vastuu	47
6	Yhteenveto	48
	Lähteet	49

Liite 1. Katuluokkien mukaiset kerrospaksuustaulukot

Käsitteitä

hulevesi	Sateesta ja lumen sulamisesta peräisin oleva valumavesi taajama-alueella
raekoko	Aineen rakeiden suuruus, esimerkiksi soran kivien keskimääräinen halkaisija. Ilmoitetaan millimetreinä.
takymetri	Erilaisissa kartoitus- ja merkintätehtävissä käytettävä koje, joka mittaa suuntaa ja matkaa.
orientointi	Takymetrille suoritettava toimenpide ennen mittaustehtävien aloittamista. Orientoinnilla määritetään takymetrin sijainti työmaan koordinaatistossa, suorittamalla vähintään kaksi etäisyys- ja kulmahavaintoa sijaintitiedoiltaan tunnettuihin pisteisiin. Myös karttapohjoisen määrittäminen kuuluu orientointiin.
mittaaja	Rakennustyömaalla työskentelevä maanmittaustekniikkaan perehtynyt henkilö, joka suorittaa työmaan kartoitus- ja merkintätyöt takymetri- ja GPS-tekniikkaa käyttäen.

1 Johdanto

Katutekniikka on yksi suurimmista rakennusalan osa-alueista, jolla tuetaan uusien asuin-alueiden toimivuutta. Katujen ollessa tärkeimmässä osassa Suomen liikennettä on niiden suunnittelu ja rakentaminen tärkeää suorittaa tarkasti. Katutekniikka koostuu monesta eri osa-alueesta, ja jokainen rakentamisen sekä mittaamisen eri työvaihe on omanlaisensa.

Tässä insinöörityössä perehdytään Suomen katujen sisältöön eli katutekniikkaan sekä infrastruktuuriin. Työssä käydään läpi katusuunnitelman suunnittelua sekä suunnitelman sisältöä. Työn tarkoituksena on toimia ohjeena katumittausta varten ja tuoda esiin katu-työmaan eri mittausvaiheet sekä menetelmät. Työssä esitetään kadun rakentamisen vaiheet, sekä sen aikana suoritettavat merkintä- ja kartoitusmenetelmät. Lisäksi insinöörityö perehtyy mittauksissa aiheutuviin mahdollisiin virheisiin sekä virhelähteisiin. Myös kartoitusaineistosta tehtävä jälkikäsittely pyritään esittelemään työssä. Työtä käsitellään käytännönläheisesti, jotta työ palvelisi mahdollisimman hyvin katuun liittyviä mittaustöitä. Työ tehdään Oy Esari Ab:lle.

Työssä selvitetään katujen kokonaisvaltainen sisältö perehtyen erityisesti katu- ja infratekniikkaan. Kadulle rakennettavat kohteet käydään läpi rakentamista sekä kohteiden mittaamista ajatellen. Yhtenä osana työhön kuuluu myös kadun suunnittelu, suunnittelun lähtökohdat sekä perehtyminen suunnitteluprosessiin. Työ sisältää katumittaukseen kuuluvia merkintä- ja kartoitusmenetelmiä, joita Oy Esari Ab:n Etelä-Suomen toimipiste käyttää jokapäiväisesti. Työn tavoitteena on luoda opastus katumittaukseen ja sen tarpeisiin sekä opastaa lukija katusuunnitelman tulkitsemiseen.

2 Katu

Katu on alueen, jota kutsutaan katualueeksi, sisällä oleva väylä liikenteelle. Kadusta riippuen liikenne vaihtelee aina raskaasta ajoneuvoliikenteestä kevyeen liikenteeseen. Kadut koostuvat moottoriväylistä, pääkaduista, alueellisista kokoojakaduista, paikallisista kokoojakaduista sekä tonttikaduista. Katu rakennetaan alueen asemakaavan mukaisesti. Asemakaavassa kaduille vahvistetaan nimet, joita käytetään osoitenumeron ohella kadun varrella olevien kiinteistöjen osoitteena. [3]

2.1 Katuluokat

Suomen kadut jaetaan omiin luokkiinsa niiden koon sekä käytön mukaan (taulukko 1). Luokkia on kuusi, joista luokka 1 tarkoittaa suurinta mahdollista katua, ja luokka 6 tarkoittaa pienintä katua. Luokittelu perustuu arvioituun liikennemäärään vuorokauden aikana. Katuluokka määrittää kadun leveyden, kaistojen lukumäärän, mahdollisten kevyenliikenteenväylien määrän sekä kadun perustuksien eli rakennekerrosten paksuuden. Rakennekerrosten paksuus puolestaan vaikuttaa kadun kantavuuteen.

Taulukko 1. Katuluokat, katuluokkien kuvaus sekä liikennemäärät per vuorokausi [1]

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

2.2 Kadun sisältö

Kadun sisältö koostuu kunnallis- ja katutekniikasta. Kunnallistekniikka käsittää viemäröinnin, puhdasvesijärjestelmän sekä sähkö- ja televerkoston. Katutekniikkaan kuuluu kadun rakentamiseen tarvittavat kerrokset, päällysteet, valaistukset sekä liikenteen ohjaus, kuten liikennemerkkit, liikennevalot sekä ajoratamaalaukset.

2.2.1 Sadevesiviemäri

Lähestulkoon kaikki Suomen viemäriverkostot rakennetaan erillisviemäröintiperiaatteella, jolla tarkoitetaan, että sadevedet ja kotitalouksista tulevat jätevedet johdetaan eri putkissa. Viemärit rakennetaan lähes aina viettoviemäreinä, joissa vesi virtaa putken kallistusten mukaan korkeammalta alaspäin. [11]

Kadun sadevesiviemäröinti on osa kadun omaa kuivatusjärjestelmää. Sadevedestä sekä lumensulamisesta johtuva valumavesi johdetaan sadevesiviemärijärjestelmää myöten takaisin suuremmille vesistöille, kuten mereen, järveen tai jokeen. Sadevesiviemäriverkostoon kuuluvat kaivot, putkitukset, salaojat sekä rummut. Sadevedestä käytetään myös nimikettä hulevesi.

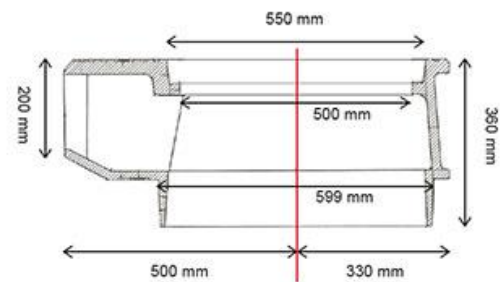
Sadevesikaivoja on kahdentyyppisiä, linjakaivoja sekä kerääviä kaivoja. Linjakaivo on umpinaisella kannella varustettu kaivo, joka toimii liitoskaivona kerääville kaivoille (kuva 1). Tällä tarkoitetaan sitä, että linjakaivo sijaitsee sadevesiviemärin runkolinjalla ja keräävä kaivo laskee keräämänsä valumavedet linjakaivoon, josta valumavesi virtaa runkolinjan viettoviemäreitä myöten eteenpäin aina vesistöille saakka. Keräävien kaivojen tarkoituksena on kuivattaa katu keräämällä katualueelle päässyt valumavesi (kuva 3). Keräävät kaivot sijoitetaan aina niin, että valumavesi pääsee kulkemaan tien reunoja myöten kallistusten mukaan kerääviin kaivoihin. Keräävät kaivot ovatkin yleensä tien alimmissa kohdissa, joihin vesi pääsee kerääntymään. Tällaiset kaivot on hyvin usein varustettu sakkapesällä, toisin kuin linjakaivot. Sakkapesällä tarkoitetaan noin 70 senttimetriä syvää tilaa kaivon vesijuoksun ja pohjan välillä. Sakkapesään päätty kaikki kellumaton roska, kuten hiekotushiekka ja muu sora sekä roska. Keräävien kaivojen konsistoina voidaan käyttää joko rutiläkansistoa tai reunakivikansistoa eli kitakansistoa (kuva 2). Keräävästä kaivosta käytetään myös nimikkeitä hörppykaivo, viiksikaivo ja reunakivikaivo.



Kuva 1. Paikalleen asennettu linjakaivo [21]



Sääd. kitakaivon kehys 680 x 860 mm
ns. kelluva



Kuva 2. Reunakiveen asennettava kitakaivo [22]



Kuva 3. Keräävät kaivot asennetaan usein reunakiven viereen. Kansisto on valuraudasta tehty ritiläkansi [21]

Kaivojen lisäksi sadevesijärjestelmään kuuluu salaojitus. Salaojituksella tarkoitetaan maan alla menevää putkitusta, jossa käytetään usein muovista rei'itettyä putkea. Salaojituksella pyritään pitämään katualueen rakennekerrokset kuivina. Maakerrokseen muodostuva vesi pääsee putkien reikiä myöten putkeen, ja sieltä valumaan sadevesiviemäriin. Tällä ennaltaehkäistään veden aiheuttamia kosteusvaurioita sekä talvisin roudan aiheuttamia tuhoja.

Katujen alle asennetaan myös usein rumpuja (kuva 4). Rummulla tarkoitetaan kadun poikittaissuuntaisesti sijoitettua putkea maakerrosten välissä. Rumpu asennetaan yleensä sellaisiin kohteisiin missä kadun alitse kulkee suurehko oja ja veden on päästävä virtaamaan ojaa myöten kadun alitse. Oja on kuitenkin sen verran pieni, ettei siltä tarvitse rakentaa. Tällöin ojan valumavesi pääsee virtaamaan kadun ali rumpua pitkin. Rumpuja käytetään usein risteysalueilla ja materiaalina voi olla betoni, muovi tai teräs.



Kuva 4. Rumpuja käytetään usein valumaveden johtamiseen tien ali [27]

2.2.2 Jätevesiviemäri

Jätevesiviemäreissä kulkee yhdyskuntajätevesi, joka koostuu pääosin kotitalouksien jätevesistä. Tässä tapauksessa jätevedellä tarkoitetaan käytettyä vettä, joka aiheutuu kotitalouksien sekä muiden kiinteistöjen veden käytöstä (kaavio 1). Kiinteistöistä aiheutuva

jätevesi laskee kiinteistöviemäristä myöten kadulla sijaitseviin kokoomaviemäreihin ja siitä jätevesi jatkaa suuriin runkoviemäreihin. Runkoviemärit on kytketty jätevedenpuhdistamoihin, jossa jätevesi puhdistetaan monen eri prosessin avulla ja lasketaan puhdistamisen jälkeen vesistöihin. Keskimäärin yksi suomalainen käyttää 155 litraa vettä päivässä. [5; 11; 16.]



Kaavio 1. Vuorokauden vedenkulutuksen jakaantuminen asukasta kohden [20]

Jätevesilinja koostuu putkistosta sekä tarkastuskaivoista (kuva 5). Tarkastuskaivoja on yleensä noin 50 metrin välein. Kaivoja sijoitetaan paikkoihin missä jätevesilinja muuttaa suuntaa joko pituus tai poikittaissuunnassa, koska normaalia jätevesiputkea ei voida taivuttaa. Myös haarautumiskohtiin sijoitetaan tarkastuskaivo. Tarkastuskaivoja käytetään putkistojen huolto- ja kunnostustoimia varten. Normaalien putkien ja kaivojen lisäksi tehdään myös paineviemäreitä. Paineviemäreitä käytetään sellaisissa tilanteissa missä jätevesi täytyy pumpata päälinjaan jätevesipumppaamalla (kuva 6). Usein jätevesi pääsee virtaamaan viettoviemäreitä myöten alaspäin päälinjalle, mutta joissain tapauksissa jätevesi voidaan joutua pumppaamaan ylöspäin päälinjalle. Tällöin jätevesi kulkee paineviemäriä pitkin, jossa ei ole tarkastuskaivoja välissä. Paine saadaan aikaiseksi jätevesipumppaamalla, joka paineistaa putken ja vesi saadaan kulkemaan ylöspäin.



Kuva 5. Jätevesikaivo asennettuna jätevesilinjalle [26]



Kuva 6. Jätevesipumppaamo [27]

2.2.3 Puhdasvesijärjestelmä

Kadut, jotka ovat rakennustonttien ympäröiminä, sisältävät usein myös vesijohdon (kuva 7). Vesijohdossa kulkee puhdas käyttövesi. Putket ovat paineistettuja, joten vesi kulkee tiiviitä umpinaisia putkia myöten ilman välikaivoja. Vesijohdon runkolinjaan sijoitetaan

sulkuventtiilejä, joilla voidaan ohjata käyttöveden kulkemista (kuva 8). Sulkuventtiilillä tarkoitetaan sulkumekanismia, jolla voidaan katkaista veden jakelu esimerkiksi huolto-työn ajaksi. Venttiilistä käytetäänkin usein nimitystä sulku. Vesijohtoon liitetään myös paloposteja. Palopostilla tarkoitetaan maan alle tulevaa liitoskohtaa, josta lähtee nousu-putki maan pinnalle. Nousuputken päässä on liitin rakenne, jolla palokunta voi tulipalotilanteissa liittää sammutusletkun. Maan alle asennetun maapalopostin lisäksi paloposteja voidaan sijoittaa kiinteistöihin. Vesijohto on yhdessä jätevesiviemäroinnin kanssa usein syvimmällä maassa kulkeva putkilinja. [17]



Kuva 7. Vanhaan vesijohtoon liitetty uusi vesijohto [26]



Kuva 8. Vesijohtoon liitetyt kolme sulkuventtiiliä [26]

2.2.4 Rakennekerrokset

Viemäröinnin päälle levitetään rakennekerrokset. Rakennekerroksilla tarkoitetaan maaineskerroksia, joiden tehtävänä on kannatella kadulla kulkevaa ajoneuvoliikennettä. Rakennekerroksilla pyritään estämään roudan aiheuttamia vaurioita kadun pinnalle sekä suojaamaan kadun alla sijaitsevia viemäriinjoja. Rakennekerrosten paksuus vaikuttaa kadun kantavuuteen. Kun katuluokka on pienempi ja liikennemäärä on suurempaa ja raskaampaa, kadun kantavuuden on oltava suurempi ja katukerrokset paksummat. Mitä raskaampaa on ajoneuvoliikenne, sitä paksummat ovat kadun rakennekerrokset. Rakentajat käyttävät kerrospaksuustaulukkoa hyväkseen määrittääkseen rakennekerrosten paksuuden (liite 1). Katusuunnitelmaan suunnittelija määrittää rakennekerrosten paksuuden. Kerrosten paksuus voi vaihdella kadun eri kohdissa. Rakennekerrosten paksuus kertoo myös kadun kaivuussyvyyden kaivinkoneelle. Kerrokseen kuuluvat suodatinkerros, kantavakerros sekä päällyste. Suodatinkerroksen tarkoituksena on estää alus- ja päällysrakenteita sekoittumasta keskenään. Yleensä suodatinkerroksena on hiekkaa tai suodatinkangas (kuva 9). Suodatinkerroksen jälkeen tulee jakavakerros. Jakavana kerroksena käytetään yleensä murskattua kiviainesta, jossa raekoko vaihtelee käyttökohteesta riippuen 50–100 mm. Kantavakerros toimii ylimpänä ennen päällystettä. Kantavan kerroksen maksimiraekoko on 31 mm. Päällyste levitetään kantavakerroksen päälle. Päällyste voi puolestaan olla asfaltti, kivi, laatta, hiekka tms. Yleisimmin käytetty asfaltti

levitetään kahdessa osassa, joista ensimmäistä kerrosta kutsutaan pohjamassaksi ja viimeiseksi levitettyä kerrosta pintamassaksi. [2]



Kuva 9. Suodatinkangasta käytetään usein suodatinkerroksena [30]

2.2.5 Suojaputket

Kerrosten joukkoon, yleensä noin 50–70 cm:n syvyyteen, sijoitetaan sähkö-, valaisin- ja televerkosto. Tämä käsittää suojaputket sähköjohdoille, puhelinkaapeleille ja muulle dataliikenneverkolle sekä katuvalaistukselle. Yleensä suojaputket sijoitetaan vierekkäin sekä päällekkäin. Tästä käytetään nimitystä kaapelimatto (kuva 10). Suojaputket pyritään sijoittamaan kevyen liikenteen väylän alle, jonka päällä ei kulje raskasta ajoneuvo-liikennettä. Suojaputkien lisäksi katualueelle sijoitetaan kaapelikaivoja, jotka toimivat tarkastuskaivoina sekä mahdollistavat kaapeleiden sijoittamisen asennettuihin suojaputkiin. [1]



Kuva 10. Sähköjohdoille asennetut suoja-putket [21]

Sähkö- ja televerkoston lisäksi asennetaan katuvalaistukselle oma suoja-putki. Suoja-putki kulkee valaisimelta toiselle, ja sisään sijoitetaan valaistuksen oma sähkökaapeli. Suoja-putkien asennusvaiheessa asennetaan myös valaisimien jalustat, joihin jälkikäteen asennetaan itse katuvalaisin (kuva 11).



Kuva 11. Paikalleen asennettu katuvalaisimen jalusta [21]

2.2.6 Reunakivet

Kun kadun alla oleva infratekniikka on saatu valmiiksi ja päällyste on levitetty, voidaan asentaa reunakivet. Joissain tapauksissa reunakivet voidaan asentaa myös ennen päällysteen levittämistä. Reunakiven tarkoituksena on erottaa ajorata kevyen liikenteen väylästä. Useimmissa tapauksissa kevyen liikenteen väylän ja ajoradan välissä on vain reunakivi, mutta myös viherkaistat ovat yleistyneet. Reunakiviä käytetään myös erilaisten liikenteenjakaajien havainnollistamisessa (kuva 12). Liikenteenjakaajasta käytetään myös nimikkeitä saareke tai tulppa.



Kuva 12. Reunakiveä käytetään liikenteenjakaajassa eli saarekkeessa tai tulpassa [21]

Reunakiviä on Suomessa käytössä kolmenlaisia: luonnonkivi, liimakivi sekä valukivi (kuvat 13, 14 ja 15). Luonnonkivi on järeä, kallis mutta kestävä ratkaisu reunakiveksi. Materiaalina on graniitti, ja kivi kaivetaan osittain maan alle, mikä takaa kiven kestävyys. Luonnonkivi voidaan myös asentaa eri näkymillä. Tällä tarkoitetaan, montako senttimetriä kiveä on näkyvissä asfaltin päällä. Yleisimmin käytetyt näkymät ovat 12 cm ja 8 cm. Tämä riippuu kadun koosta ja liikenteen määrästä. Luonnonkivi voidaan myös asentaa suojateiden kohdille, joissa se upotetaan niin syväälle, että kiven näkymä on 0–3 cm. Tätä kutsutaan madallukseksi. Hieman edullisempi ratkaisu on liimakivi, joka on betonista vallettua hauraampaa materiaalia. Liimakiven pohjaan on levitetty pikiliimakerros, joka sulatetaan nestekaasupolttimella ja sen jälkeen kivi asetetaan paikoilleen. Kivi asennetaan viimeisen asfalttikerroksen päälle. Liimakivi ei ole kovinkaan pitkäkestoinen, johtuen

hauraasta materiaalista ja heikosta kiinnitystavasta. Liimakiveä ei ole erimallisia, eikä sen näkymä vaihtelee. Liimakiveä paljon muistuttava valukivi on myös yleistynyt reunakivenä. Valukivi nimensä mukaisesti valetaan suoraan paikoilleen. Valettava materiaali on myös eräänlainen betonisekoitus ja materiaalina yhtä haurasta kuin liimakivi. Valu tehdään suoraan viimeisen asfalttikerroksen päälle. Valukiven näkymä on koko ajan vakio.



Kuva 13. Luonnonkivistä tehty madallus suojatielle [21]



Kuva 14. Liimakivi on edullisempi, mutta hauraampi [21]



Kuva 15. Valukivi muistuttaa paljon liimakiveä [27]

2.2.7 Viherkaistat ja istutukset

Viherkaistoja sijoitetaan yleensä sellaisille kaduille, joissa kadun ajoneuvoliikenne on raskasta tai ajonopeus on yli 50 km/h. Viherkaistat luovat turvallisuutta kevyelle liikenteelle sekä yleistä viihtyvyyttä kaunistamalla katukuvaa. Viherkaistoille istutetaan usein lehtipuita, joille usein myös rakennetaan omat kastelujärjestelmät. Katualueelle saatetaan sijoittaa muita istutuksia esimerkiksi liikenteen jakajiin tai pientareelle. Viherkaistoja käytetään myös lumen sijoittamista varten. Kun lumi saadaan aurattua viherkaistoille, ei sitä tällöin tarvitse erikseen kuljettaa lumenvastaanottopaikoille.

2.2.8 Viimeistelyt

Katua viimeisteltäessä sijoitetaan tarvittavat liikenteelliset järjestelyt. Ajoratamaalauksilla luodaan kaistajärjestelyt, joka selventää kadun käyttöä. Kaistajärjestelyiden lisäksi ajoradalle maalataan suojatiet sekä mahdollisesti myös nopeusrajoitukset. Viimeistelyyn

kuuluu myös liikennemerkkien asennus sekä opasteiden sijoittelu. Lisäksi kadunvalaistus ja mahdollisten liikennevalojen asennus kuuluvat viimeistelytyöhön.

3 Kadun suunnittelu

Kadun suunnittelu on prosessi, jossa kaupungin rakentamishjelmaan otetut tai lähivuosina tulevat kadut suunnitellaan maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti. Kadun suunnittelu perustuu asemakaavassa suunniteltuun katuverkkoon, jossa asemakaava määrää kadun sijainnin sekä katuluokan. [2; 6.]

Suunnitteluprosessi sisältää kunnallistekniikan, maaston pohjarakenteiden ja asemakaavan yhteensovittamista. Yksityiskohtainen vesi- ja viemärirakenteiden suunnittelu toimii pääosana kadun suunnittelua. Suunnitteluun vaikuttaa myös kadun korkeusasema sekä kuivatusjärjestelyt. [2; 6.]

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Suomen katuverkosto koostuu asuinkaduista, kokoojakaduista sekä pääkaduista. Asuinkadun suunnittelussa pyritään lyhyisiin katupituuksiin, jolloin kevyen liikenteen väylää ei tarvita. Asuinkaduilla mitoittava kohtaamistilanne on henkilöauto + henkilöauto. Tällöin ajoradan leveys on vähintään 4,5 metriä. Asuinkaduille usein myös mahdollistetaan kadunvarsipysäköinti. [4]

Kokoojakaduille suunnitellaan kevyen liikenteen väylä. Ajoradan mitoitukseen vaikuttaa esimerkiksi kohtaava bussiliikenne. Jos kohtaavaa bussiliikennettä ei ole, vähimmäisleveys ajoradalle on 5,5 metriä. Pääkadut sen sijaan sisältävät usein vähintään 2+2 ajokaistaa. [4]

Katualueen kokonaisleveys vaihtelee riippuen kadun tyypistä. Kevyen liikenteen väylien määrä tai mahdolliset viherkaistat tuovat katualueelle lisää leveyttä. Katualueen minimi-levydeksi suositellaan uusilla alueilla 12 metriä. Jos ajoradan ja kevyen liikenteen väylän väliin suunnitellaan viherkaista, on viherkaistan leveyden oltava kolme metriä. Kevyen liikenteen väylän leveyssuositus on 3,5 metriä. [2]

3.2 Suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessi on monivaiheinen työ, joka koostuu usean eri suunnittelijan työpanoksesta. Useimmissa tapauksissa katusuunnittelua varten on laadittu asemakaava, jonka mukaan katusuunnitelma tehdään. Asemakaava määrittelee katualueen rajat ja osittain myös kadun kokoluokan. Kadun kokoon ja ajoradan leveyteen vaikuttaa muun muassa kadun tulevat liikennemäärät sekä mahdollisen julkisen tai raskaan liikenteen vaikutukset. Kokoluokan mukaan suunnittelija voi määrittää ajoradan leveyden ja näin ollen koko kadun leveyden. Bussipysäkkien lisäksi kadun kaarteiden on oltava riittävän loivia, jotta bussin on mahdollista kääntyä kadun mukaisesti. Myös kadun nopeusrajoitukset vaikuttavat kadun muotoihin. Nopeuksien kasvaessa kadun kaaret loivenevat sekä pysty- että vaakasuunnassa. [7]

Ennen suunnitteluprosessin aloittamista tarvitaan asemakaavan lisäksi pohjakartta, pohjatutkimukset sekä maastomalli. Pohjakartta perustuu kantakartan päälle lisättyihin johdotoihin sekä putkistoihin. Kantakarttaa käytetään myös kaavoituksen pohjana ja siitä selviää suurpiirteiset asiat alueen maastoon liittyen. Kantakartta on usein tarkin kaupunkialuetta kuvaava kartta-aineisto, jota pidetään yllä jatkuvasti. Kantakartassa esitetään kaikki rakentamiselle ja suunnittelulle tärkeät elementit. Suunnittelua varten kantakarttaan lisätään maan alla sijaitsevat sähkö- ja televerkoston kaapelit, ilmajohdot, vesi- ja viemärijärjestelmät, kaasuputket, kaukolämpöputket sekä valaistusjärjestelmät. Pohjakartan lisäksi alueella, johon katu suunnitellaan, suoritetaan pohjatutkimukset. Näillä tarkoitetaan maaperän koostumuksen määrittystä, pohjaveden korkeuden määrittystä sekä mahdollisen peruskallion korkeustietojen määrittystä. Pohjatutkimukset tarvitaan, jotta kadulle ja siihen liittyville järjestelmille saadaan oikeantyyppiset rakenteet, kuten riittävät kerrospaksuudet. Pohjatutkimusten perusteella tehdään myös päätös mahdollisista pohjanvahvistuksista. Näiden lisäksi suunnitteluun tarvitaan maastomalli alueesta. Maastomallin tärkeimpiä kohteita on alueen maaston korkeusasema sekä suunnitteilla olevaan katuun liittyvät, jo rakennetut kadut. Näistä selvitetään korkeusaseman lisäksi olemassa olevien vesi- ja viemärijohtojen korkeudet, joiden mukaan suunnitellaan tulevat vesi- ja viemäriverkot. [7; 14.]

Kadun suunnittelu voidaan aloittaa, kun tarvittavat lähtötiedot on kerätty. Katusuunnittelija luo ensiksi yleissuunnitelman, johon luodaan kadun vaaka- ja pystysuuntainen keskilinja sekä yleispiirteinen poikkileikkaus kadusta. Joissain tapauksissa yleissuunnitelma

on saatettu tehdä jo aiemmin. Silloin katusuunnitelmaa tehtäessä yleissuunnitelmaa käytetään suunnittelun pohjana. Suunnittelija saattaa tehdä useita katusuunnitelmaluonnoksia, joista valitaan paras suunnittelijaryhmän ja tilaajan kommenttien perusteella. Suunnitteluryhmä koostuu eri osa-alueiden asiantuntijoista (mm. geotekniikka, vesihuolto, katusuunnittelu), joista jokaisella on oma tehtävänsä suunnitteluprosessissa. Valitun luonnoksen perusteella saatetaan järjestää asukastilaisuus asianosaisille, jossa kuullaan mielipiteet ja niiden perusteella tehdään mahdollisesti muutoksia. Muutoksien jälkeen suunnitelma esitetään tilaajalle, joka koostuu kaupungin edustajistosta. Lopuksi kadusta laaditaan rakentamissuunnitelma. Suunnitelmaan kuuluu tarvittavat piirustukset sekä työselostus, joka ohjaa rakentamista. Työselostuksessa määritellään mm. eri rakenteiden koot ja materiaalit sekä työssä käytettävä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä. Kadun suunnitteluprosessi on pitkä projekti, joka elää jatkuvasti. Eri osapuolten vaatimusten takia suunnitelmaa saatetaan joutua muuttamaan useaan otteeseen. Suunnittelutyö on jatkuvaa vuorovaikutusta suunnittelijan ja tilaajan välillä. [7]

4 Katusuunnitelma

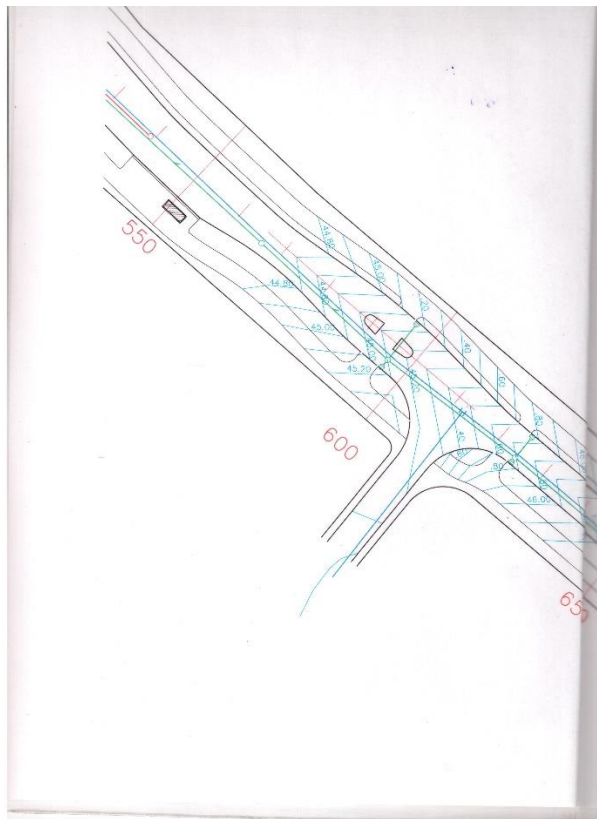
Katusuunnitelmalla pyritään toteuttamaan kadun rakentaminen ympäristön sekä kunnallistekniikan tarpeiden mukaan. Katusuunnitelman tarkoituksena on ohjata rakentamista.

4.1 Suunnitelman sisältö

Katusuunnitelma koostuu useasta eri suunnitelman osasta. Suunnitelman osiin lukeutuu lukuisia eri yksityiskohtaisia suunnitelmia normaalista asemakuvasta aina kaapelointisuunnitelmaan asti. Kuitenkin kaksi tärkeintä suunnitelman osaa katusuunnitelmasta ovat asemakuva sekä pituus- ja tyyppipoikkileikkaus, jotka käytännössä määräävät kadun sijainnin sekä korkeusaseman, mukaan lukien viemäröinnin. Jokainen katusuunnitelma tehdään tilaajan vaatimaan koordinaatti- ja korkeusjärjestelmään. Kyseiset järjestelmät on mainittava suunnitelmassa. Katusuunnitelmasta tulostettavat paperiversiot on laadittu myös mittakaavaan ja mittakaava on mainittu suunnitelmassa.

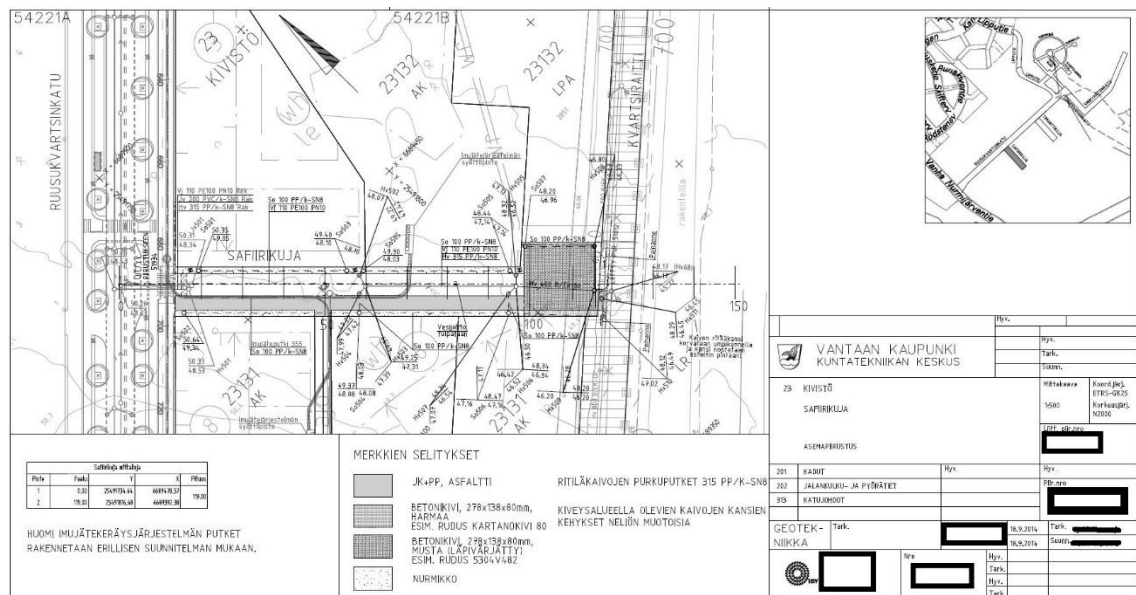
4.1.1 Asemakuva

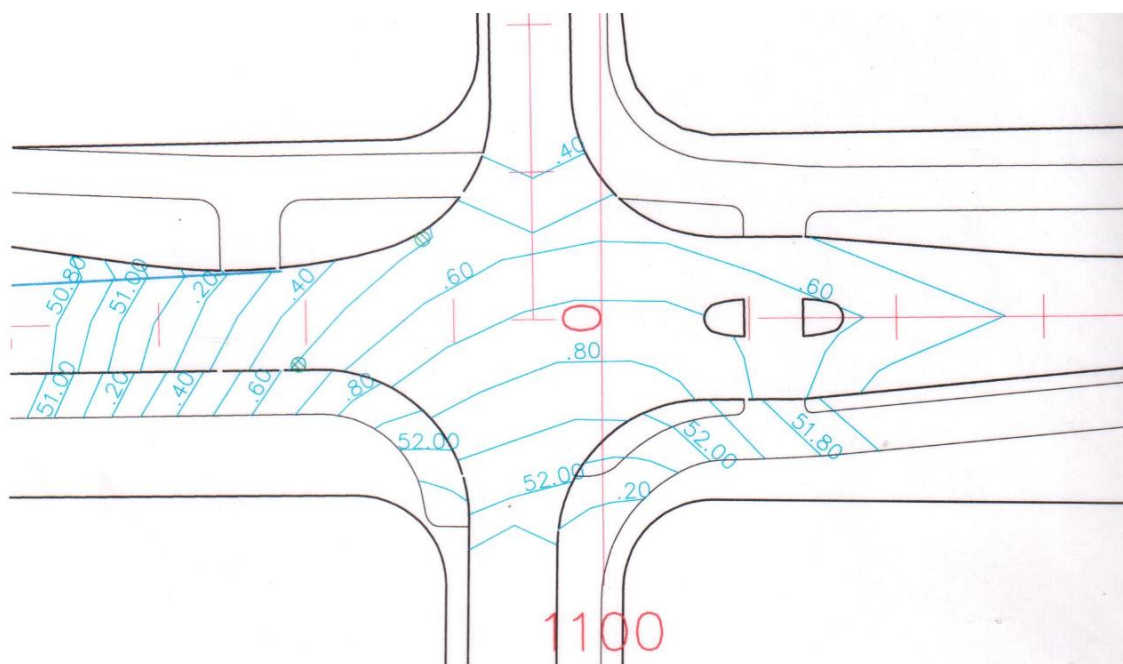
Asemakuvalla tarkoitetaan katusuunnitelman osaa, jossa ilmenee kadun sijainti sekä mahdollinen sisältö liittyen viemäröintiin sekä muihin rakenteisiin. Asemakuvasta myös nähdään kadun ulkonäkö ja muoto, esimerkiksi leveys ja pituus. Katusuunnitelman keskeinen linja on *mittalinja*, joka usein kulkee kadun keskilinjaa myöten (kuva 16). Mittalinjaa kutsutaan myös nimellä *tasausviiva* eli TSV. Mittalinja täten siis määrää kadun sijainnin ja muodon. Mittalinja on esitetty koordinaattilistana siten, että siitä selviää alkupiste, loppupiste sekä mahdolliset taitteet tai kaaret. Mittalinjaan liittyy myös käsite *paaluluku*. Tällä tarkoitetaan matkaa mittalinjan alkupisteeseen verrattuna. Esimerkiksi paaluluku 10 on 10 metrin päässä mittalinjan alkupisteestä. Paaluluvuista myös selviää kadun pituus. Paaluluvut myös helpottavat rakentamisvaiheessa eri tahojen yhteydenpidossa. Voidaan keskustella, millä paaluluvulla tällä hetkellä tietä työstetään, jolloin osapuolet ovat selvillä, mistä kohdasta keskustellaan. Asemakuvaan paalulukujen numerointi on yleensä esitetty 50 metrin välein, jolloin esimerkiksi paalulukujen 10, 20, 30, 40 numerointi jää esittämättä. Kaikki paaluluvut on kuitenkin esitetty asemakuvassa poikkiviivoin 10 metrin välein.



Kuva 16. Asemakuvasta selviää mittalinja sekä mittalinjan paaluluvut [25]

Kaikki kaivot sekä putket liittyen vesi-, jäte- ja sadevesiviemärintiin selviävät asemaku-
vasta (kuva 17). Asemakuvaan merkitään kaivot ja kaivojen vesijuoksujen korkeudet
sekä sijainnit. Vesijuoksulla tarkoitetaan putken sisäpuolen alapintaa, eli kohtaa missä
vesi virtaa. Myös putkien materiaali, koko eli halkaisija sekä vahvuus on usein merkitty
asemakuvaan. Asemakuvaan merkittyjen korkeuslukemien korkeus perustuu katusuun-
nitelman korkeusjärjestelmään. Suunnitelman korkeudet ovat korkeusjärjestelmän ver-
tauskorkeuksia korkeusjärjestelmän nollakohtaan. Esimerkiksi vuonna 2007 julkistetun
valtakunnallisen korkeusjärjestelmän N2000 nollataso on yleiseurooppalaisissa kor-
keusjärjestelmissäkin käytetty Amsterdamin nollapiste eli NAP. [18]





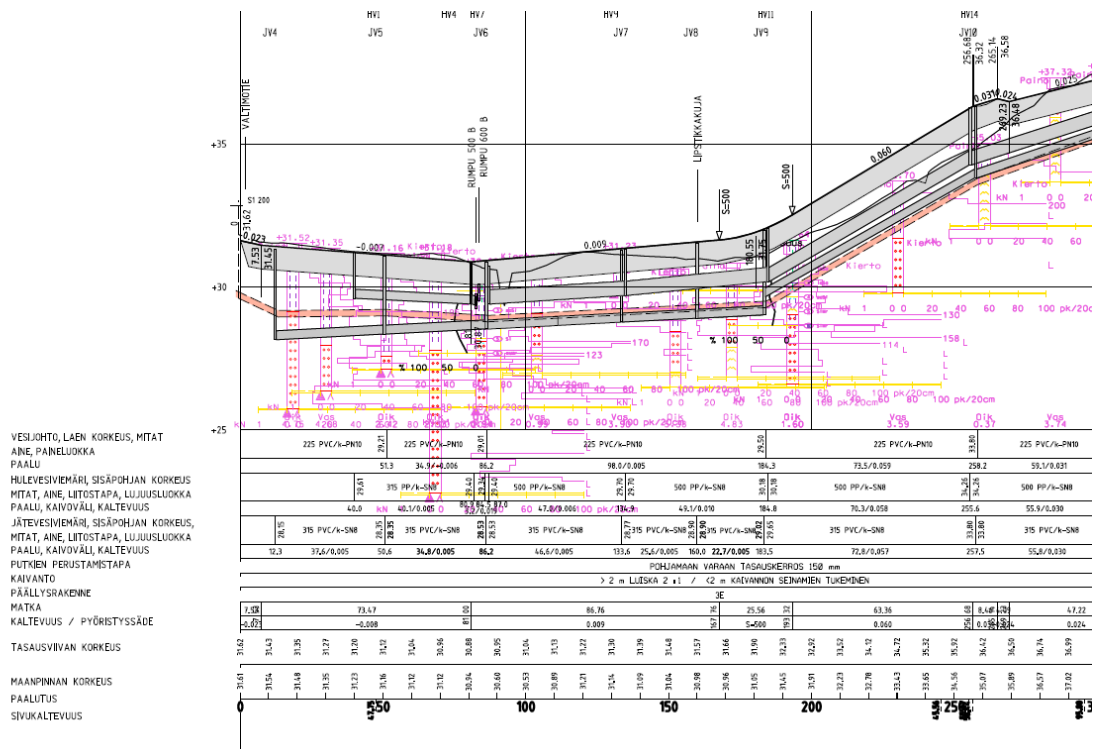
Kuva 18. Risteysalueen tasaus korkeuskäyrillä kuvattuna [25]

Asemakuva sisältää myös ajoradan reunat eli reunakivet sekä mahdollisten kevyen liikenteen väylien sijainnit. Myös liikenteenjakaajat ja suojateiden sijainnit on merkitty asemakuvaan. Nämä määrittävät kadun muotoja, leveyttä sekä käytettävyyttä. Koko katualueen rajat on merkitty asemakuvaan. Katualue rajautuu usein tontteihin eli näin ollen kiinteistön rajoihin.

4.1.2 Pituus- ja tyyppipoikkileikkaus

Pituusleikkaus määrittää kadun pystygeometrian. Pituusleikkaus on nimensä mukaisesti pitkittäissuunnassa kuvattu leikkaus kadusta, joka kuvaa katu mittalinjan eli tasausviivan (TSV) kohdalta (kuva 19). Pituusleikkauksesta selviää kadun pituuskaltevuudet, eli korkeusvaihteluiden aiheuttamat muutokset kadun pituussuunnassa. Kaltevuudet on merkitty joko prosenttilukuna tai pituusyksikköinä esimerkiksi 0,025 m/m. Merkintä kertoo, kuinka monta prosenttia tai senttimetriä katu kallistaa metrillä. Yksi prosentti vastaa yhtä senttimetriä ($1\% = 0.01\text{ m}$). Kadun korkeusasema on pituusleikkauksessa ilmoitettu paalulukujen mukaan eli 10 metrin välein. Tämän lisäksi, jos kadussa on pystysuuntaisia muutoksia korkeudessa, se on ilmoitettu tarkalla paaluluvulla sekä korkeudella. Näitä kutsutaan kadun ylimmiksi ja alimmiksi kohdiksi eli taitepisteiksi. Joissain katusuunnitelmissa kadun pituusleikkaus sisältää myös kaarevia pintoja. Tällöin kaaren säde sekä keskikohta, eli ylin tai alin paikka, on merkitty pituusleikkaukseen. Maanpinnan korkeus

sekä mahdollinen kalliopinnan korkeus on kuvattu myös pituusleikkauksessa. Näillä tarkoitetaan maaston pintoja ennen kadun rakentamisen alkamista.



Kuva 19. Pituusleikkaus [29]

Pituusleikkaus kertoo myös runkolinjan sijainnin linjakaivoineen sekä vesijuoksujen korkeudet. Kaivotietoihin on lisätty kaivojen välisten putkien pituus sekä vieton kallistuksen suuruus. Putkista ilmoitetaan niiden koko eli halkaisija, lujuusluokka eli vahvuus sekä materiaali.

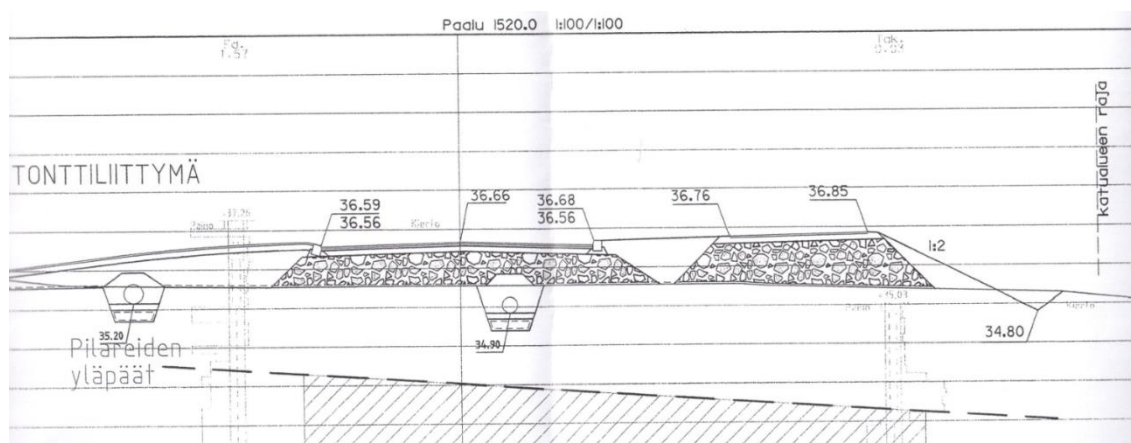
Kerroksien paksuus merkitään pituusleikkaukseen. Merkinnäissä käytetään katuluokittain meneviä merkintöjä, joita tulkitaan erillisestä taulukosta. Näillä tiedoilla sekä katu- luokkataulukolla rakentajat selvittävät kerrosten paksuuden (liite 1).

Pituusleikkauksessa on ilmoitettu kadun kairaustiedot. Näillä tarkoitetaan kairaamalla tehtyjä pohjatutkimuksia. Pohjatutkimuksista on luotu analyyskejä, joista voidaan päätellä maaperän kantavuutta, mahdollisen pohjaveden syvyyttä tai mahdollisen kalliopinnan korkeutta. Näiden tietojen avulla suunnittelija pystyy määrittämään tarvittavat perustukset sekä kerrokset kadulle. Jos katu rakennetaan esimerkiksi pehmeälle maaperälle, voi olla, että joudutaan tekemään pohjanvahvistuksia stabiloimalla maaperää. Stabiloinnilla

Tyypipoikkileikkauksesta selviää myös ajoradan alle asennettavien vesi-, viemäri- ja sadevesijärjestelmien putket (kuva 20). Putkituksista ei yleensä löydy tarkempaa tietoa tyypipoikkileikkauksesta, kuin järjestys, siitä mikä putkilinja menee syvimmällä.

4.1.3 Paalulukukohtaiset poikkileikkaukset

Kun tyyppipoikkileikkaus on periaatteellinen yleiskatsaus kadun poikkileikkauksesta, katusuunnitelmaan kuuluvat usein paalulukukohtaiset poikkileikkaukset (kuva 21). Näillä tarkoitetaan poikkileikkauksia, jotka ovat tietyn paaluluvun kohdalta tehty leikkaus, riippumatta siitä, ollaanko kadun risteysalueella vai ei. Useimmissa tapauksissa paalulukukohtaiset poikkileikkaukset ovat 20 metrin välein. Projektikohtaisesti poikkileikkauksia saattaa olla myös tiheämmin tai harvemmin. Paalulukukohtaisista poikkileikkauksista selviävät usein samat asiat kuin tyyppipoikkileikkauksesta. Paalulukukohtaisia poikkileikkauksia ei kuitenkaan jokaista katusuunnitelmaa varten tehdä. Esimerkiksi pienemmissä projekteissa, joissa kadulla ei tule suuria muutoksia, vaan katu noudattaa samaa poikkileikkausta lähestulkoon koko matkan, suunnittelija ei laadi paalulukukohtaisia poikkileikkauksia. Joissain tapauksissa suunnittelija saattaa laatia paalulukukohtaiset poikkileikkaukset, mutta niiden informaatio on todella vähäistä. Niistä saattaa puuttua korkeudet tai kallistukset.

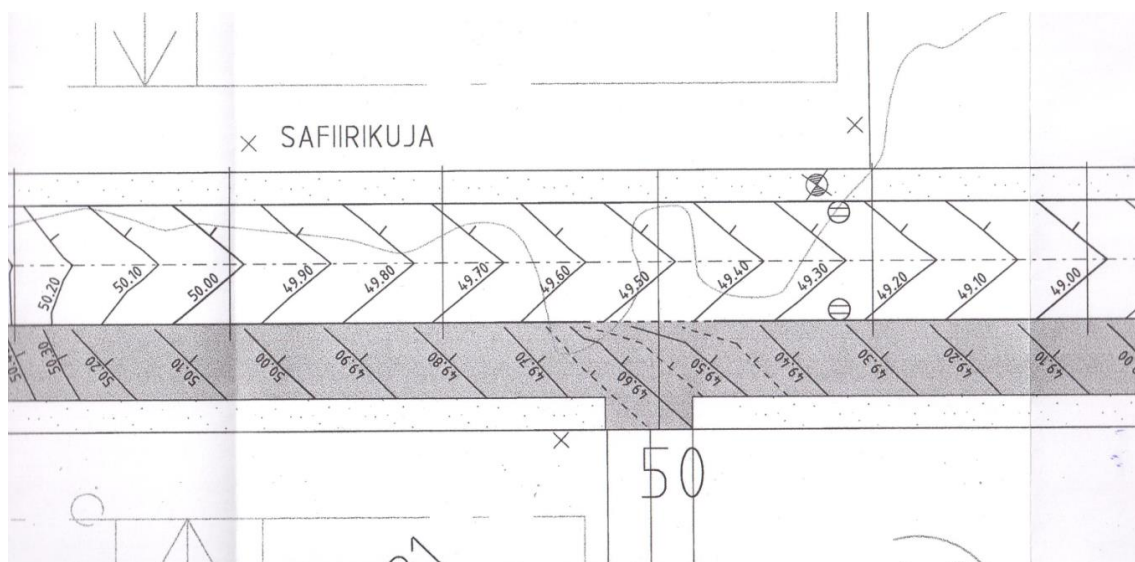


Kuva 21. Paalulukukohtainen poikkileikkaus muistuttaa paljon tyyppipoikkileikkausta [24]

4.1.4 Tasaussuunnitelma

Kadun korkeusasema määrittyy usein pituusleikkauksen mukaan, mutta katusuunnitelmaan kuuluu myös erillinen kuva kadun korkeudesta ja pystysuuntaisesta muodosta.

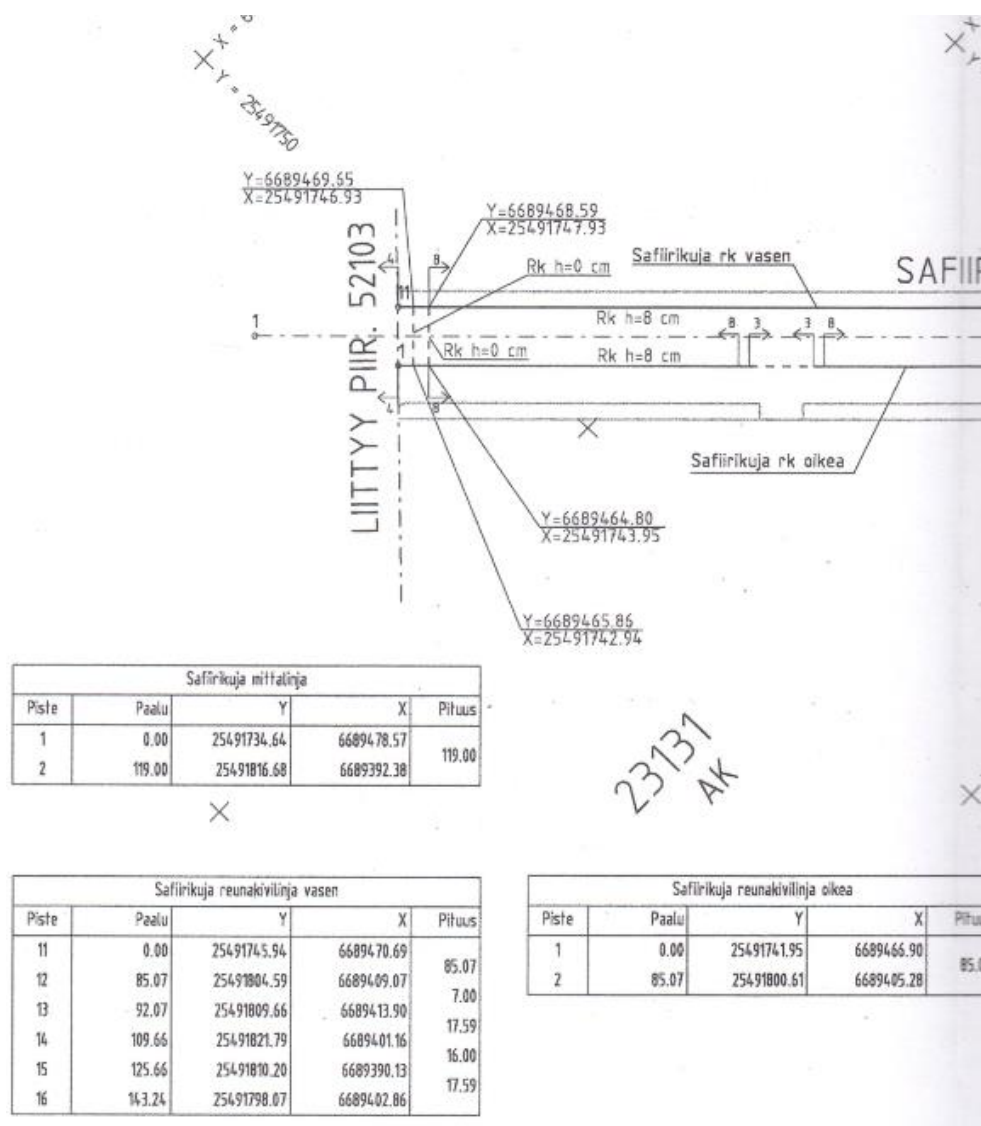
Tällä suunnitelmalla tarkoitetaan tasaussuunnitelmaa (kuva 22). Tasaussuunnitelmasta ilmenee kadun pinnan tasaus, ja se on kuvattu korkeuskäyrillä. Käyristä voidaan tulkita kadun kallistuksien suunnat sekä karkeasti laskea kallistuksien suuruudet. Tasaussuunnitelmaa voidaan käyttää risteysalueilla tai silloin kun pituusleikkauksesta uupuu tasausviivan korkeus. Näissä tapauksissa pituusleikkaukseen on yleensä mainittu, että korkeus määräytyy tasauskuvan mukaan.



Kuva 22. Esimerkkikuva tasaussuunnitelmasta [23]

4.1.5 Mittaussuunnitelma

Mittaussuunnitelma pyrkii antamaan kadun mittajaalle kaiken tarpeellisen tiedon liittyen kadun linjoihin. Linjoilla tarkoitetaan esimerkiksi mittalinjaa, eli tasausviivaa tai esimerkiksi reunakivilinjaa. Mittaussuunnitelmaan on kyseiset linjat merkitty koordinaattilistana, josta mittaja voi tarpeen tullen syöttää linjat takymetriinsä. Mittaussuunnitelmasta ilmenevät myös mahdolliset erikoisratkaisut, esimerkiksi reunakiven näkymän vaihtelut. Mittaussuunnitelmaa ei välttämättä laadita joka kadusta, mutta se on isoimmissa projekteissa hyvinkin yleinen suunnitelma. (Kuva 23.)

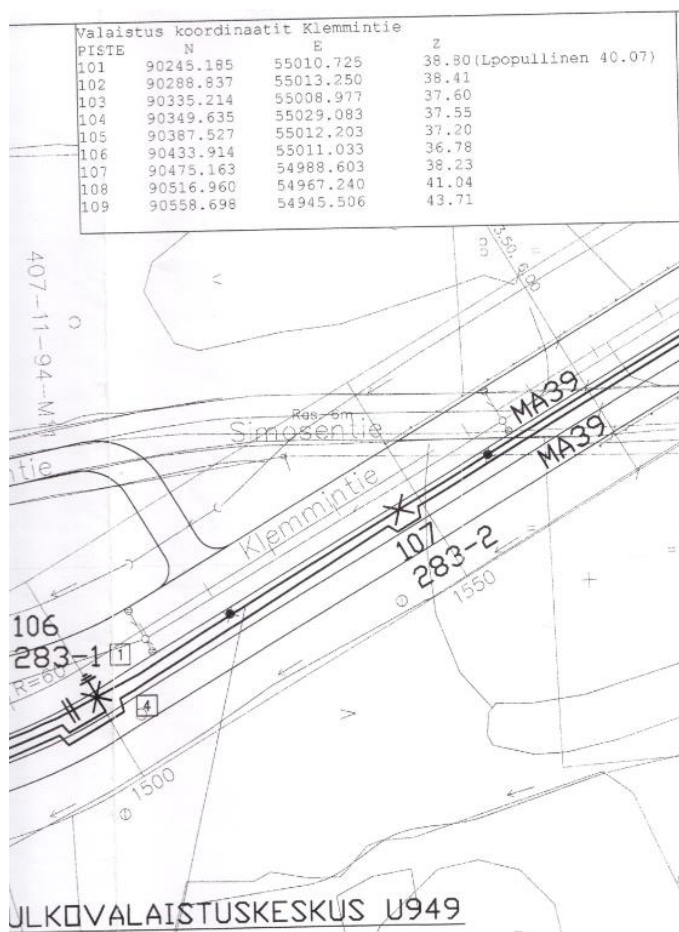


Kuva 23. Mittaussuunnitelma [23]

4.1.6 Valaisinsuunnitelma

Katuvalaisimien paikat ovat usein merkitty katusuunnitelmassa asemakuvaan. Tämän lisäksi kadun valaistuksesta on oma suunnitelma (kuva 24). Valaisinsuunnitelmasta selviää katuvalaisimien sijainnin lisäksi valaisinsuojaputkien likimääräinen sijainti. Tällä esitetään usein liitos, jossa kadun uusi valaistusjärjestelmä liitetään kaupungin valaisinverkkoon. Valaisinsuojaputkien reitit valaisimelta toiselle on myös kuvattu valaisinsuunnitelmassa. Näiden perusteella putket asennetaan noin 50 cm:n syvyyteen. Valaisinsuunnitelmasta saattaa ilmetä myös erilaisten varausten asentaminen. Näillä tarkoitetaan suojaputkia, jotka asennetaan maan alle tulevaisuutta ajatellen. Putkilla ei ehkä vielä ole

käyttöä, mutta muutaman vuoden päästä varaukset voivat olla tärkeitä. Valaisinsuunnitelmaan listataan valaisimien sijainti koordinaateilla, sekä valaisinjalustan yläpinnan korkeus. Näiden tietojen avulla suoritetaan jalustan asentaminen. Suunnitelmassa on myös tarkasti kuvattu valaisimen malli.



Kuva 24. Valaisinsuunnitelma [24]

4.1.7 Muut erikoissuunnitelmat

Katusuunnitelmaan saattaa liittyä myös erikoissuunnitelmia riippuen kohteesta. Näillä suunnitelmilla tarkoitetaan kohteita, joihin tarvitaan rakentamista varten erikseen oma suunnitelmansa. Erikoissuunnitelmiin voidaan mainita kaapelisuunnitelma. Tällä tarkoitetaan erikseen laadittua suunnitelmaa maan alle tulevien kaapeleiden suojaputkien asentamista varten. Kuvasta selviää suojaputkien likimääräinen sijainti sekä putkien määrä. Suunnitelmasta ilmenevät myös jakokaappien sijainnit, joilla tarkoitetaan kadun

reunaan asennettua metallista kaappia, joka toimii sähköjakeluverkon haaroituskoh-
tana. Nykypäivänä tele- ja viestintäverkkojen tarpeen kasvun takia, kadun alle sijoitetaan
toistakymmentä eri suojaputkea sähkölle sekä tele- ja viestintäverkolle.

Katualueelle voidaan myös sijoittaa erikoistekniikkaa esimerkiksi paineviemäri. Paine-
viemäri vaatii erikseen pumppaamon, jolla jätevesi pumpataan paineviemäriä pitkin pää-
linjaan. Pumppaamo on erittäin isokokoinen ja koostuu kahdesta eri säiliöstä sekä use-
asta lähtevästä putkesta. Pumppaamon asentamista varten suunnittelija laatii erikois-
suunnitelman, joka sisältää enemmän korkeus- ja sijaintitietoja kuin esimerkiksi tavalli-
nen asemakuva.

Erikoissuunnitelmilla tarkoitetaan myös maisemointiin liittyviä suunnitelmia. Maisemoin-
tiin voidaan lukea esimerkiksi istutukset tai erikoiskivetykset. Katualueella esimerkiksi
kiertoliittymiin käytetään usein erikoiskiviä, jotka asennetaan tiettyyn muotoon tai kuvi-
oon. Tätä varten suunnittelija laatii erikoissuunnitelman.

4.2 3D-suunnitelma

Suurin osa katusuunnitelmista laaditaan 2D-kuvina, edellä mainittujen suunnitelmaku-
vien mukaisesti. Kuitenkin 3D-suunnitelmat ovat yleistymässä. Kadun rakentamiseen
3D-suunnitelma ei tosin rakentajia niinkään helpota, mutta esimerkiksi mittaaajaa, suun-
nittelijaa tai kaivinkoneen kuljettajia suunnitelma voisi hyödyttää. 3D-suunnitelmasta käy-
tetään nimitystä tietomalli. Tietomalli tunnetaan maailmalla nimityksellä BIM (Building In-
formation Model). Tietomallilla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka sisältää rakentamisen
elinkaaren sekä erittäin paljon informaatiota rakennettavista kohteista. Tietomallilla voi-
daan helposti myös muodostaa aikatauluja, kustannusarvioita, simulaatioita sekä muita
laskelmia. Tietomallin käyttäminen on nykypäivänä todella yleistä talonrakennuksessa.
[8; 15.]

Katutekniikkaan on tulossa, osittain jo toteutunutkin, Inframodel 3 (IM3) -tiedostofo-
ormaatti. Tämä tiedostoformaatti on kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva tie-
donsiirtomenetelmä eri osapuolten välillä. LandXML on puolestaan XML-formaattiin pe-
rustuva malli, joka sisältää pisteitä, viivoja sekä pintoja, perustuen mitattuun dataan
maastosta. Esimerkiksi Liikennevirasto edellyttää Inframodel 3 -tiedonsiirtoformaattia jo

jokaisesta kohteestaan. Kyseessä on siis kolmiulotteinen malli, joka sisältää tien tai kadun sisällön, eli sijainti ja korkeustiedot. Mallia voidaan käyttää suunnittelussa, mittaamisessa, koneohjauksessa tai joissain tarkastussovelluksissa. Tämän mallin käyttö mittauksissa helpottaa mittaajan työtä huomattavasti, kun takymetrissä on valmiiksi koko katu mallina. Sijainti ja korkeustietojen merkintämittaukset sekä tarkastusmittaukset käyvät käden käänteessä kyseisen mallin avulla. [9; 10.]

5 Katumittaus

Katumittauksella tarkoitetaan merkintä- ja kartoitusmittaustehtäviä. Käytännössä mittaaja pyrkii merkitsemään katusuunnitelman eri merkintätavoin maastoon, jotta kadun rakentaminen olisi mahdollista. Tämän lisäksi mittaaja kartoittaa rakennetut kohteet eli toteutuneet rakentamiset.

5.1 Suunnitelman vaikutukset

Katusuunnitelma on eräänlainen ohje mittaajalle siitä, mitä kadulle rakennetaan. Mitä paremmin mittaaja osaa suunnitelmaa tulkita sekä tuntee suunnitelman sisällön, sitä helpompi hänen on suorittaa tarvittavat työtehtävät. Suunnitelman vaikutukset mittauksen kannalta ovat erittäin oleelliset. Puutteellinen suunnitelma voi jopa pahimmassa tapauksessa estää koko merkintämittauksen, jolloin koko rakentamisprosessi vaikeutuu. Tapaukset, joissa katusuunnitelma on joiltain osin puutteellinen, johtavat usein siihen, että mittaaja joutuu soveltamaan merkinnöissään. Näissä tapauksissa mittauksen laatu sekä luotettavuus kärsivät, kuten myös rakentaminen. Esimerkiksi suunnitelmasta saattaa puuttua korkeus- tai sijaintitietoja, jolloin merkintämittaus ei välttämättä onnistu lainkaan. Joissain tapauksissa suunnitelmissa ilmenee myös virheitä korkeus- tai sijaintitiedoissa. Näissä tapauksissa rakentajat ilmoittavat mahdollisesta virheestä työmaanjohdolle, joka puolestaan on yhteydessä suunnittelijaan.

5.2 Suunnitelman oleelliset kohdat mittauksen kannalta

Mittaaja tarvitsee merkintämittausta varten kadun rakenteiden sijainti- sekä korkeustiedot. Katusuunnitelmassa kyseiset tiedot löytyvät asemakuvasta sekä pituusleikkauksesta. Asemakuvan sisältö takaa mittaajalle tarvittavat lähtötiedot sijaintia ajatellen.

Suunnittelijalta saatu asemakuva digitaalisessa muodossa voidaan ladata mittajaan takymetriin, josta mittaja pääsee merkitsemään käytännössä koko suunnitelman sisällön maastoon. Asemakuva on lähtökohtaisesti kaksiulotteinen, joten kuvassa olevat viivat eivät välttämättä ole piirretty oikeaan korkeustasoon. Tätä varten mittaja tarvitsee pituusleikkauksen, josta hän voi selvittää kadun korkeusaseman. Asemakuvaan on kuitenkin viiteviivoin merkitty esimerkiksi kaivojen korkeustietoja, joita tulkitsemalla mittaja pärjää hyvin. Tärkeimpiä kohteita merkintämittauksissa ovat kaivot, valaisimet sekä kadun linjat, kuten keskilinja, ajoradan reunat, kevyenliikenteenväylän reunat sekä reunakivet. Näiden kohteiden korkeus- ja sijaintitiedot mittajaan on selvitettävä ennen merkitmistä.

5.3 Suunnittelumittaukset

Jotta kadun suunnittelu olisi mahdollista, tarvitsee suunnittelija tiedot olemassa olevasta maastosta. Katuja suunnitellaan usein paikkoihin, joissa ei ole aiempaa rakentamista vielä tehty, esimerkiksi metsiin, joihin suunnitellaan uutta asuinalueita. Vanhoja katuja voidaan myös muokata, jos esimerkiksi kadun käyttötarkoitus tai katuluokka muuttuu. Katuja saatetaan myös saneerata, jos kadun sekä sen alla sijaitsevien viemäriinjojen elinkaari on tullut päätökseen. Tapauksesta riippumatta suunnittelija tarvitsee mahdollisimman yksityiskohtaiset tiedot, joko maastosta ja metsästä, joihin katu rakennetaan, tai olemassa olevasta kadusta, joka saneerataan. Kyseistä informaatiota kutsutaan maastomalliksi, jonka mittaja laatii takymetri- tai GPS-tekniikkaa käyttäen. Maastomalliin kuuluvat kaikki rakennetut rakenteet sekä olemassa olevan maaston korkeustiedot. Myös mahdolliset esillä olevat kalliot sekä erittäin suuret kivet on kartoitettava suunnittelijalle.

5.4 Rakentamisen vaiheet

Kadun tullessa uudelle alueelle, esimerkiksi metsään, on katualue raivattava puhtaaksi ennen rakentamista. Puut kaadetaan ja pintamaat, kuten kannot ja muut viherkasvit kaivetaan ja kuljetetaan pois. Kun liikkuminen tulevan kadun alueella on mahdollista, voidaan aloittaa rakennustyöt. Usein kadun rakentaminen aloitetaan rakentamalla liitoskohta olemassa olevaan vesi- ja viemäriverkostoon. Kadun sisällöstä riippuen vesi-, sadevesi- ja viemäriverkoston liitokset tehdään ensimmäisenä. Sadevesiliitos saattaa olla

olemassa olevaan kaivoon tai esimerkiksi ojaan käyttäen purkuputkea. Kuitenkin periaatteena on, että aloitetaan sieltä, mihin viemäriverkot laskevat, oli sitten kyseessä jokin runkolinja tai oja.

Viemäriinjoja rakennetaan eteenpäin putki kerrallaan ja samalla, kun kaivinkone kaivaa kanaalia putkistoille, kaivetaan myös ympäriltä oikeat kerrossyvytydet. Kaivannon toisella puolella toimii toinen kaivinkone, joka puolestaan täyttää kaivettua kaivantoa, johon putkistot on asennettu, sekä ympäriltä kaivettuja kerrossyvytyksiä. Kaivannot täytetään suunnitelman mukaisesti oikealla maa-aineksella. Tätä prosessia kutsutaan massanvaihdoksi. Tällä periaatteella mennään koko kadun läpi, siten että jokainen putki ja kaivo on asennettu suunnitelman mukaiselle paikalle ja kerrokset on vaihdettu kantaviin kerroksiin. Kaapeleiden suojaputket voidaan rakentaa samalla kun viemäriinjoja asennetaan, mutta myös mahdollisesti jälkikäteen. Sama koskee valaisimien suojaputkia sekä jalustoja.

Kaikki puhdasvesi-, sadevesi-, ja viemärijärjestelmien putkistot ja kaivot asennetaan alustalle, jota kutsutaan arinaksi. Arinalla tarkoitetaan kaivannon pohjalle tai perustusrakenteen päälle tehtyä asennusalustaa. Arinan päälle asennetaan putki, kaivo tai muu rakenne. Arina tehdään yleensä hiekasta, sorasta tai murskeesta (0-32 mm). Arina voidaan myös tehdä mm. hirrestä, betonista, teräksestä, betonimurskeesta tai muusta uusiomateriaalista. Tällöin arinan päälle tehdään erikseen asennusalusta hiekasta, sorasta tai murskeesta. Suurin sallittu raekoko asennusalustalle on 32 millimetriä. Viemäriverkoston putkien syvyys määräytyy suunnitelman mukaan, jossa suunnittelija on ottanut huomioon viemäriverkoston vietot, jotta vesi saadaan johdettua oikeaan paikkaan. Syvyys myös määräytyy roudan syvyyden mukaan. [1; 11.]

Viemäriinjoille on omat suositukset putkien minimikaltevuuksista, jolla varmistetaan veden riittävä virtausnopeus viettoviemäriissä, joka on noin 0,6–0,7 m/s (taulukko 2). Jätevesiviemäreissä on myös otettava huomioon viemäriin kiintoainesten huuhtoutuminen ainakin kerran vuorokaudessa. Suositeltava kaltevuus riippuu putken koosta sekä materiaalista ja sen ominaisuuksista. [11]

Taulukko 2. Minimikaltevuudet määräytyvät putken halkaisijan mukaan [11]

Putkikoko (mm)	Pienin kaltevuus (%)	Huuhtoutumista vastaava virtaama (l/s)
200	0,45	2,5
300	0,30	6
400	0,25	9
500	0,20	14
600	0,16	25
800	0,13	35
>800	0,10	-

Kun rakenteiden rakentaminen on suoritettu, voidaan muokata kadun viimeinen kerros suunnitelman mukaisesti. Kerrokset sekä kaivojen kannet pyritään jättämään noin 20 senttimetriä alle suunnitellun korkeustason, koska viimeiset 20 senttimetriä kadun kerroksista muokataan oikeille sivukallistuksille oikeaan korkeusasemaan. Tällä pintojen muokkauksella tarkoitetaan tien höyläystä. Mittaajan korkeusmerkkejä hyväksikäyttäen tiehöylä eli tiekarhu, joka on tienrakentamisen järeä työkone, levittää hienompaa hiekkaa koko kadun matkalle. Tämä hiekka höylätään oikeaan pituus- ja sivukallistukseen, käyttäen tiekarhun keskellä olevaa terää. Samalla viimeiset kerrokset jyrätään useaan otteeseen, jotta kadun kerroksista tulee riittävän tiiviit. Hiekkakerroksen päälle voidaan levittää tasaisesti ensimmäinen asfalttikerros. Koska kadun pinta on höylätty oikeilla pituus- ja sivukallistuksilla ja asfalttikerros on kauttaaltaan tasainen, kadun pinnan muodosta tulee suunnitellun mukainen. Jos kadulle asennetaan luonnonkivet reunakiveksi, asennus tapahtuu, kun ensimmäinen asfalttikerros on levitetty. Kun kivet on asennettu, voidaan levittää viimeinen asfalttikerros. Kadun luokasta riippuen asfalttikerroksia tulee 2–4, joista jokainen on usein 4 cm paksu.

Kadun viimeistelytyöihin kuuluu mm. valaisimien asentaminen jalustoihin, sekä kaivojen kansistojen vaihto. Esimerkiksi reunakivikaivoihin asennetaan ritaläkansi vasta kun katu on kokonaan valmis, jotta sadevesilinjaan ei pääse valumavettä rakentamisen aikana.

5.5 Rakentamisen aikaiset mittaukset

Katusuunnitelma kuuluu merkitä maastoon kunkin työvaiheen edellyttämällä tavalla ja tarkkuudella. Katualueelle merkitään riittävä määrä paaluja, korkeusmerkkejä tai muita

rakentamisen aloittamisen vaatimia merkkejä. Näiden perusteella työ on tehtävissä tai aloitettavissa suunnitelman mukaisesti sekä on mahdollista todeta luotettavasti työn suunnitelmanmukaisuus. Rakennustyön edetessä merkkejä tarkistetaan sekä suoritetaan lisää merkintämittauksia, jotta rakentaminen suunnitelman mukaisesti on mahdollista. [1]

Ensisijaisesti merkintämittaukset suoritetaan suunnitelman mukaisesti käyttäen suunnitelmassa annettuja korkeus- ja sijaintitietoja. Tarpeen vaatiessa mittaaaja suorittaa lisälaskentoja suunnitelmassa annettujen lähtöarvojen perusteella. [1]

5.5.1 Rakentamista edeltävät työvaiheet

Ennen kuin rakentaminen alkaa, on mittaaajan suoritettava työvaiheita, jotta mittaaminen on mahdollista rakentamisen alkaessa. Näihin työtehtäviin kuuluu mm. työmaan mittausperustan rakentaminen sekä tarpeellisten lähtötietojen hankkiminen ja selvittäminen.

Mittausperustalla tarkoitetaan lähtöpisteverkostoa, jota mittaaaja käyttää hyväkseen takymetrin orientoinnissa. Takymetri orientoidaan vähintään kahden tunnetun pisteen avulla, mielellään useammalla, luotettavan tuloksen saamiseksi. Pisteet voivat olla maassa tukevasti, esimerkiksi pulttikalliossa tai isossa lohkarieessä tai rautaputki syvälle maahan upotettuna. Myös rakenteisiin kiinnitettävät tarrapisteet ovat suosittuja. Näistä pisteistä muodostuu työmaalle mittausperusta. Mittausperusta luodaan olemassa olevia kaupungin tai valtion tekemiä kiintopisteitä käyttäen. Kiintopisteiden korkeus- ja sijaintitiedot ”tuodaan” työmaan mittausperustan pisteisiin takymetrillä, esimerkiksi jonomittauksena. Mittausperustan pisteet on syytä rakentaa paikkoihin, joissa ne säilyvät luotettavasti koko työmaan rakentamisen aikana. Pisteet on hyvä sijoittaa työmaan ympärille siten, että kun takymetri orientoidaan pisteitä käyttäen, suoritettavat mittaukset pysyvät pisteiden sisällä. Mitattavat kohteet eivät siten saa olla kauempana takymetristä kuin orientointiin käytetyt pisteet. Työmaan edetessä mittaaaja voi tehdä myös väliaikaisia apupisteitä työmaalle, joista orientointi onnistuu myös. Pisteiden luotettavuutta on myös hyvä tarkastaa työmaan edetessä. Erilaiset räjäytystyöt tai muut maansiirtotyöt saattavat aiheuttaa virhettä mittausperustan pisteille. Tällöin on hyvä luoda uusia pisteitä käyttämällä luotettavia pisteitä ja poistaa epäluotettavat käytöstä.

Mittausperustan luomisen lisäksi mittaaaja tarvitsee tarvittavat lähtötiedot mittausten suorittamiseksi. Kadun rakentamisessa tämä tarkoittaa suunnitelmia. Suunnittelija tuottaa

suunnitelmat digitaalisina sekä tulostaa eri osapuolille paperiset versiot. Mittaaja lataa takymetriinsä digitaalisen version asemakuvasta merkintämittauksia varten. Katumittauksessa on myös mahdollista syöttää tien geometria kauttaaltaan takymetriin. Tämä tosin vaatii erikoismoduulin takymetriin, jotta se on mahdollista. Lähtötietoihin kuuluvat myös erilaiset laskennat sekä mallien luonnit. Kadun suunnitelmasta riippuen mittaaja voi luoda digitaalisen mallin, esimerkiksi suunnitellusta pinnasta. Mallia käyttäen mittajan on helppo suorittaa merkintämittauksia kyseiselle alueelle.

5.5.2 Rakentamisen aikana tehtävät mittaustyövaiheet

Katua rakennettaessa merkintätyöt aloitetaan lähes aina katualueen merkinnällä. Katualue tarkoittaa aluetta, jonka sisään kadun sijainti määrittyy suunnitelman mukaisesti. Siksi katualueen rajat myös määrittävät työmaan rajat. Katualue saattaa usein rajautua yksityisten tonttien rajoihin, tästä syystä maaston merkitään rajapyykkejä sekä rajamerkkejä. Mittaaja käy läpi kaikki katualueeseen liittyvät rajapyykit, toteaa niiden olemassaolon sekä kartoittaa ne tarvittaessa. Rajapyykit, joita mittaaja ei löydä, on ilmoitettava raportissa tilaajalle. Katualueella jo olemassa olevien laitteiden ja rakenteiden sijainti selvitetään ja merkitään tarvittaessa maastoon ennen työn aloittamista. Merkintätehtäviin kuuluu lähes kaikkien rakennettavien rakenteiden merkintä. Merkinnät vaihtelevat kohteen ja tarpeiden mukaan. Usein mittaaja sopii merkinnöistä rakentajien kanssa. Lähtökohtana on, että rakentaminen onnistuu vaaditulla tavalla kyseisistä merkinnöistä. Rakenteiden merkintämittausten lisäksi mittaaja merkitsee myös ajoradan reunat sekä ajoradan korkeudet. [1]

Merkintämittausten lisäksi mittaaja suorittaa kartoitukset rakennettavista kohteista. Jokaisesta kohteesta mittauksen tilaajalla on omat tarpeet siitä, mistä kohtaa kohteet on kartoitettava ja kuinka tiheästi. Kartoitettaviin kohteisiin kuuluu mm. rakennetut kaivot sekä niistä lähtevien putkien vesijuoksut. Puhdasvesijärjestelmän putket sulkuventtiileineen on myös kartoitettava. Lisäksi kaikki sähkö- ja televerkkojen suoja-putket kartoitetaan. Asennetut valaisimet sekä niiden välille asennetut suoja-putket kuuluvat kartoitettavien kohteiden joukkoon. Tavoitteena on, että tilaaja saa kadun valmistuttua tiedot kaikista rakennetuista kohteista.

Mittaustyövaiheisiin kuuluu merkintä- ja kartoitusmittausten lisäksi erilaisia tarkistus- ja valvontamittauksia. Esimerkiksi rakennettuja kaivoja joudutaan työmaan edetessä valvomaan mahdollisen painumisen takia, suorittamalla tarkistusmittauksia. Kun alueelta

kaivetaan paljon maata pois, saattavat kaivuutyöt aiheuttaa useiden senttimetrien painumista työmaan jo rakennetuissa kaivoissa. Myös pohjaveden liikehdintä aiheuttaa maaperään muutoksia, mihin puolestaan saattaa aiheuttaa painumisia.

5.5.3 Merkintä- ja kartoitusmenetelmät

Kadun eri rakennettavien kohteiden merkintätavat sekä menetelmät vaihtelevat eri mitaajien ja tilaajien välillä. Asiakas saattaa vaatia joissain tapauksissa enemmän merkintöjä tai kartoituksia kuin toisissa tapauksissa. Myös monet eri merkintätavat ovat mitaajan omien kokemusten sekä osaamisen perusteella tehtyjä tai määritettyjä. Tarkoituksena on kuitenkin merkitä rakennettavat kohteet siten, että rakentaminen onnistuu vaadittujen toleranssien mukaisesti. Merkintätyössä on hyvä kommunikoida rakentajien kanssa riittävästi, jotta merkit on sijoitettu oikein ja tulkinta selkeää.

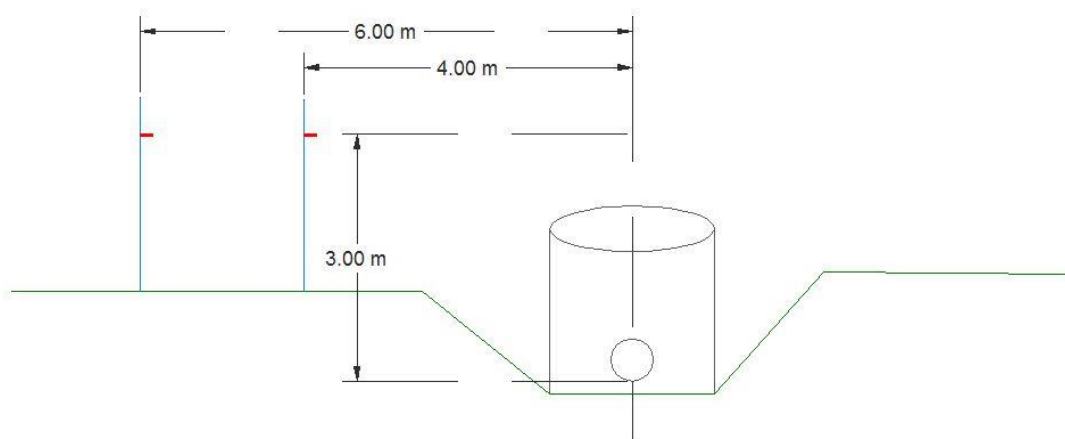
5.5.3.1 Kaivojen merkintä ja kartoitus

Kaivojen merkintätyössä on otettava huomioon kaksi seikkaa: sijainti sekä korkeus-asema. Riippuen kaivon mallista sekä tarkoituksesta merkintätavat poikkeavat hieman toisistaan. Merkinnot suoritetaan maastoon puurimoilla taikka paaluilla, joihin kiinnitetään korkeuslappu. Kun mitaaja merkitsee rakennettavaa kaivoa, oli sitten kyseessä sadevesi- tai jätevesikaivo, merkit on pyrittävä sijoittamaan niin, ettei niistä aiheudu haittaa rakentamiselle. Kaivon rakentaminen kuitenkin vaatii suurehkon kaivannon, johon kaivo sijoitetaan. Puurimat on hyvä sijoittaa riittävän kauas kaivannosta, jotta kaivinkone sekä muut työmaa-ajoneuvot mahtuvat työskentelemään sekä liikkumaan kaivannon ympärillä.

Kun kaivo rakennetaan viemäriinjalle (ks. linjakaivoista luku 2.2.1. Sadevesiviemäri), merkitään kaivon keskusta. Kun puolestaan merkitään keräävä kaivo (ks. luku 2.2.1. Sadevesiviemäri), joka usein sijaitsee reunakiven vieressä, merkitään reunakiven sijainti. Reunakiven sijainti on tässä tapauksessa tärkeämpi, koska keräävä kaivo ei saa sijaita reunakiven alla, vaan aivan reunakiven vieressä.

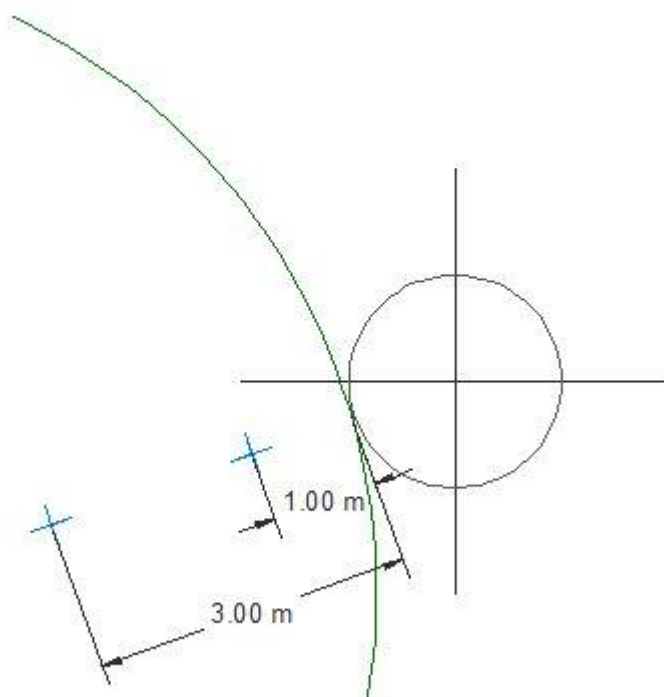
Kaivon keskusta merkitään kahdella puurimalla siten, että puurimat sekä kaivon todellinen keskusta ovat samalla linjalla (kuva 25). Kaivoa lähempänä oleva rima toimii yleensä etäisyytenä kaivon keskusta, ja taaempi rima toimii suuntana. Yksi puurima on myös hyvä laittaa kaivon keskustan paikalle. Tähän rimaan rakentajien on helppo suunnata

rakennettavat putket edelliseltä kaivolta. Näin ollen puurimoja käyttäen rakentajat saavat kaivon kohdalleen. Puurimoihin merkitään korkeuslaput, joihin tulee kaivon alimman vesijuoksun korkeus. Rimoihin myös kirjoitetaan etäisyys kaivon keskusta sekä kaivon suunnitelman mukainen tunnus ja numero, esimerkiksi HV 5 (Hulevesi 5). Puurimoihin kiinnitettävät korkeuslaput laitetaan samalle tasolle molempiin rimoihin. Kaivon tullessa kaivannon pohjalle ja rimojen ollessa maanpinnan päällä on korkeuslaput sijoitettava usein niin, että ne ovat tietyn metrimäärän korkeudella tavoitellusta vesijuoksun korkeudesta. Esimerkiksi jos kaivon vesijuoksun korkeus on 30.20 metriä, korkeuslaput voidaan maanpinnan korkeudesta riippuen sijoittaa korkeuteen 33.20. Näin ollen korkeuslaput ovat kolmen metrin korkeudella vesijuoksusta. Lappuihin kirjataan vielä erikseen niiden korkeus (3 m), jolloin myös rakentajat tiedostavat lappujen korkeusaseman. Tilanteesta, tilaajasta ja rakentajasta riippuen voidaan kaivon merkintä suorittaa myös vain maalilla tai esimerkiksi yhdellä sivuun sidotulla puurimalla ja korkeuslapulla. Kuvassa 25 on linjakaivon keskusta merkitty kahdella puurimalla neljän ja kuuden metrin päähän kaivon keskustasta. Punaiset korkeuslaput ovat kolmen metrin korkeudella linjakaivosta lähtevän putken vesijuoksusta.



Kuva 25. Linjakaivon merkintätapa kahdella puurimalla sekä korkeuslapuilla [21]

Keräävä kaivo merkitään samalla periaatteella, mutta puurimoihin kirjoitetaan etäisyys reunakivestä, eikä kaivon keskustasta, kuten linjakaivossa. Kuvassa 26 vihreä linja kuvaa kaartuvaa reunakivilinjaa, ja siniset ristit ovat puurimojen sijainnit, jotka ovat asetettu metrin ja kolmen metrin päähän reunakivestä. Näillä merkeillä rakentajat saavat reunakivikaivon asennettua juuri kiven reunaan.



Kuva 26. Reunakivikaivon merkintä kahdella puurimalla [21]

Kun kaivo on saatu asennettua oikeaan paikkaan, suoritetaan kaivon kartoitus. Ennen kartoitusta on kuitenkin hyvä tarkistaa kaivon sijainnin sekä korkeuden oikeellisuus. Mahdolliset virheet korkeuden tai sijainnin suhteen on hyvä ilmoittaa rakentajille, jotka tekevät päätöksen korjaamisen suhteen. Asennetusta kaivosta kartoitetaan keskusta sekä kaikki lähtevät vesijuoksut. Useimmissa tapauksissa tilaaja haluaa myös tietää asennetun kaivon sekä lähtevien putkien koon ja materiaalit. Nämä on hyvä lisätä lisätietoihin pisteitä kartoittaessa. Myös kaivojen väliin asennettavat putket kartoitetaan, jos tilaaja vaatii.

5.5.3.2 Valaisimien merkintä ja kartoitus

Valaisimien merkintä suoritetaan lähes samalla tavalla kuin kaivonkin merkintä. Valaisimesta asennetaan rakennusvaiheessa pelkkä jalusta. Valaisimen jalusta on valaisimen koosta riippuen 0,8–2,2 metriä korkeita, betonista valettuja jalustoja. Jalustasta jätetään maanpinnalle näkyviin 15 senttimetriä. Valaisimesta merkitään jalustan keskusta käyt-

täen kahta puurimaa etäisyyttä sekä suuntaa varten. Puurimoihin kiinnitetään korkeuslaput samaan tasoon. Korkeuslaput voivat olla joko samalla korkeudella kuin valaisimen jalustan yläpinta tai esimerkiksi metrin ylempänä.

Valaisimen jalusta kartoitetaan, kun jalusta on asennettu. Ennen kartoitusta on hyvä tehdä tarkistusmittaus sijainnin ja korkeuden suhteen. Sijainnissa on tärkeää varmistaa, että jalustan etäisyys tien reunasta vastaa suunniteltua paikkaa mahdollisimman hyvin. Esimerkiksi suoralla kadulla valaisimien on oltava suorassa linjassa keskenään, jotta ne ovat siistissä jonossa.

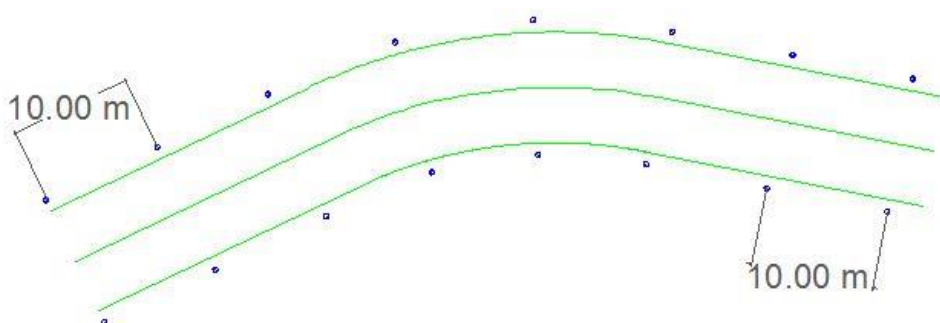
5.5.3.3 Katukorkeuksien merkintätyö

Katukorkeuksia käytetään kaivuutöissä, eli massanvaihdoissa sekä tienpinnan höyläyksessä. Katukorkeuksilla tarkoitetaan puurimoja, joihin on kiinnitetty yksi tai useampi korkeuslappu. Nämä korkeuslaput, joita kutsutaan myös nimellä sihtilappu, kiinnitetään puurimoihin kuvaamaan katusuunnitelman mukaista kadun valmiin pinnan korkeutta. Valmiin pinnan korkeudella tarkoitetaan viimeisen asfalttikerroksen pintaa. Korkeuslapuista rakentajat voivat varmistaa tavoitellun kadun pinnan korkeuden, ja näin ollen massanvaihdon jälkeen jäänyt pinnan korkeus vastaa katusuunnitelman katukorkeutta. Massanvaihdon pinta tosin jätetään jopa 20 senttimetriä alle valmiin pinnan korkeuden, koska tiehöylä viimeistelee massanvaihdon jälkeisen tason oikeaan muotoon sekä korkeustasoon, niin että sen päälle voidaan levittää asfalttikerrokset.

Tyypillisesti puurimat lyödään maahan yhden metrin päähän ajoradan reunasta. On tärkeää, että kaikki puurimat asetetaan yhtä kauas ajoradan reunasta, jotta kadun rakentaminen on selkeää. Tällöin puurimat eivät ole ajoradan alueella työkoneiden edessä. Tapauksesta riippuen rimat voidaan myös laittaa kahden tai jopa kolmen metrin päähän ajoradasta. Katukorkeudet voidaan myös laittaa esimerkiksi jalkakäytävän reunan taakse, riippuen kohteesta ja kohteen rakentamisjärjestyksestä. Katukorkeudet sekä puurimat määrittävät maastoon kadun sijainnin, niin vaaka- kuin pystysuunnassa.

Katukorkeudet sijoitetaan usein kymmenen metrin välein kadun molemmille puolille, noudattaen samaa etäisyyttä ajoradan tai jalkakäytävän reunasta (kuva 27). Puurimat myötäilevät kadun mittalinjaa ja sijoitetaankin, joitain poikkeuksia lukuun ottamatta, lähes aina tasapaaluluvuille, esimerkiksi 100, 110, 120 jne. Kun puurimat korkeuslappuineen sijoitetaan kadun molemmille puolille, samoille paaluluvuille, kymmenen metrin välein,

on jokaisella puurimalla pari toisella puolella katua. Ilman paria korkeusmerkintä on lähes hyödytön. Tasapaalulukujen lisäksi puurimat täytyy sijoittaa kadun korkeimpiin ja matalimpiin kohtiin, jotka selviävät pituusleikkauksesta. Kun korkeuslapusta katsotaan kadun toisella puolella sijaitsevaan korkeuslappuun, saadaan aikaiseksi taso, johon voidaan verrata kadun pintaa. Tästä syystä korkeuslappuja kutsutaan myös nimellä sihtilappu, koska käyttötarkoitus perustuu sihtaamiseen eli tähtäämiseen toisen korkeuslapun kanssa. Kadun kaartaessa on rimoja laitettava tiheämmin, jotta kaari saadaan riittävän tarkasti luotua. Riippuen kaaren säteestä puurimoja on hyvä laittaa jopa kolmen metrin välein.



Kuva 27. Puurimojen sijoittelu ajoradan ulkopuolelle [21]

Korkeuslaput kiinnitetään puurimoihin yleensä yhden metrin korkeuteen tavoitellusta korkeudesta. Jos korkeuslaput olisivat samassa korkeudessa kuin katu kuuluu rakentaa, olisivat korkeuslaput aivan puuriman juuressa kiinni, jolloin sihtaaminen olisi hyvin hankalaa. Joissain tapauksissa korkeuslaput joudutaan sijoittamaan kahden metrin korkeuteen suunnitelman mukaisesta pinnasta. Näissä tapauksissa olemassa olevan maanpinnan korkeus on niin ylhäällä, että metrin korkeus ei riitä. Kuvassa 28 sinisellä kuvatut puurimat ovat metrin päässä keltaisella kuvatun ajoradan reunasta, ja punaiset korkeuslaput ovat metrin korkeudella ajoradasta, ja niiden välinen kaltevuus vastaa kadun kaltevuutta.



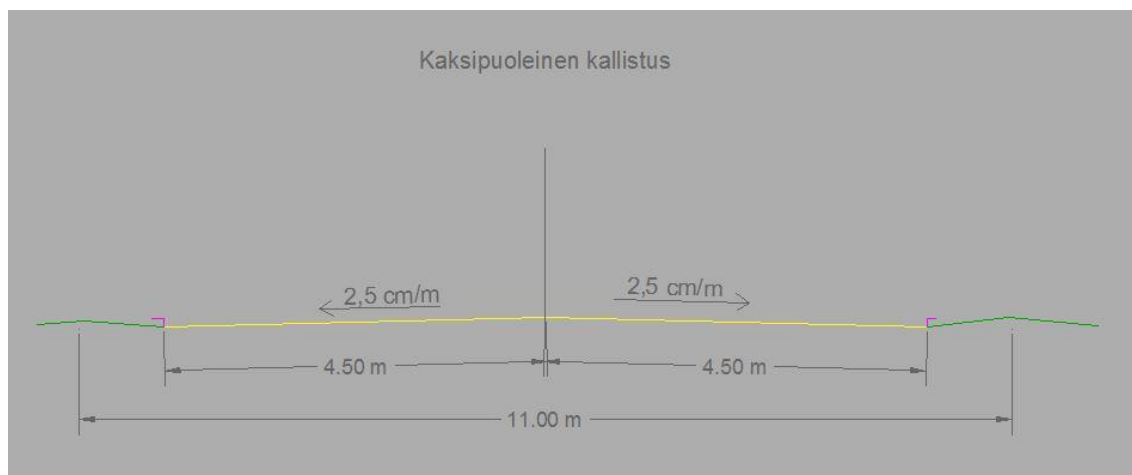
Kuva 28. Kadun pinta ja sen kallistus saadaan helposti sihtaamalla korkeuslapusta toiseen [21]

Korkeuslappujen lukumäärä yhdessä puurimassa vaihtelee yhdestä kolmeen. Yhtä korkeuslappua puurimaa kohden käytetään silloin kun kyseessä on yksipuoleisella sivukallistuksella oleva katu (kuvat 28 ja 29). Tällä tarkoitetaan sitä, että kadun sivukallistus kallistaa kauttaaltaan samaan suuntaan.



Kuva 29. Samaa suuntaan kallistava yksipuoleinen kadun kallistus [21]

Tapauksella, jossa kadun sivukallistus on kaksipuoleinen, tarkoitetaan, että katu kallistaa kahteen eri suuntaan muodostaen kadun keskilinjalle harjan (kuva 30). Kun kadun sivukallistus on kaksipuoleinen, on korkeuslapuilla muodostettava kaksi eri tasoa: taso kadun oikean puolen kaistalle sekä taso kadun vasemman puolen kaistalle. Tätä varten puurimoihin on kiinnitettävä kaksi korkeuslappua, jotka kuvaavat kaistojen pintoja.

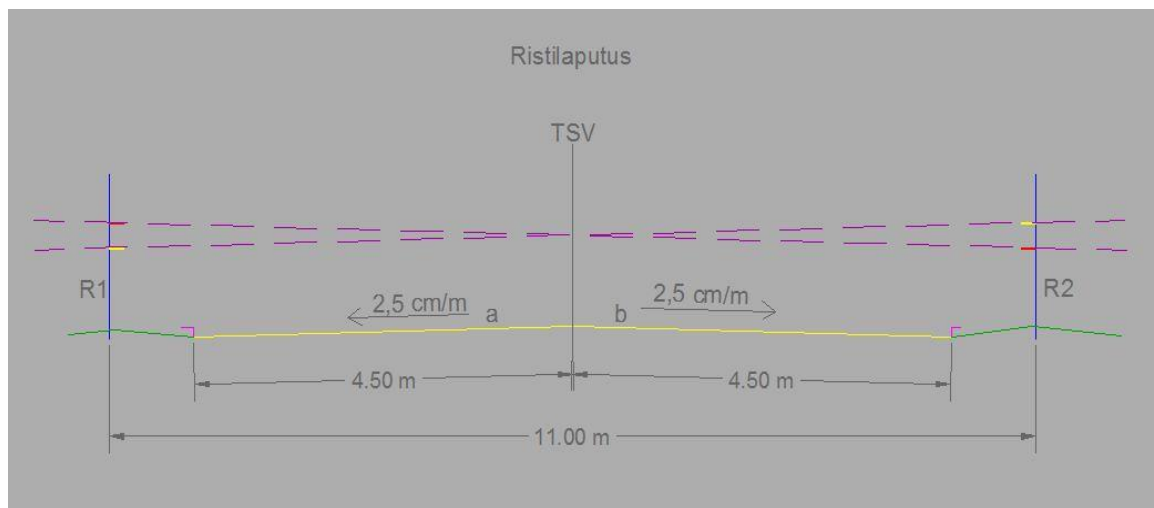


Kuva 30. Kadun sivukallistus voi olla myös kaksipuoleinen [21]

Kallistuksen määrä vaihtelee, mutta yleisimmät sivukallistukset ovat 2,5 cm ja 3,0 cm metrin matkalla, riippuen suunnitelmasta. Katusuunnitelmissa kallistuksen määrä voidaan joissain tapauksissa ilmoittaa prosentteina, jossa yksi prosentti vastaa yhtä senttimetriä metrillä ($2,5 \% = 2,5 \text{ cm/m}$). Puurimoihin kirjoitetaan riman sijaintitietoja korkeuslappujen lisäksi. Merkintätussilla rimaan kirjataan paalulukku, joka kertoo riman sijainnin mittalinjalla, etäisyyden ajoradan reunaan eli reunakiveen, sekä matkan kadun keskilinjaan eli mittalinjaan. Puurimoista rakentajat voivat paikantaa itsensä paalulukkuja tulkiten sekä tietävät myös, missä ajorata kulkee.

Yksipuoleisella kallistuksella kadun korkeuksien merkintätyö on hyvin yksinkertainen. Mittaajan on vain huolehdittava, että molempien puolien korkeuslaput ovat metrin ylempanä oikeasta pinnasta. Kaksipuoleisessa kadussa on otettava huomioon kallistuksen määrä sekä puuriman etäisyys kadun keskilinjaan. Puurimoihin kiinnitetään kaksi eriväristä korkeuslappua, joista toinen väri kuvaa oikeanpuoleista kadun kaistaa ja toinen puolestaan vasenta. Tätä kutsutaan ristilaputukseksi (kuva 31). Ristilaputuksen ideana on, että tiehöylän kuljettaja sihtaa toisen puolen alemmasta lapusta vastakkaisen puolen ylempään lappuun, muodostaen näin tason kadun toiselle kaistalle. Sama toimii toisella puolella katu. Tämän takia lappujen värit ovat eriväriset, esimerkiksi toisella puolella

alempi lappu on keltainen, kun taas toisella puolella keltainen lappu on ylempänä. Siirdataan eli tähdätään siis keltaisesta keltaiseen tai esimerkiksi punaisesta punaiseen. Kuvassa keltaiset korkeuslaput muodostavat tason kaistalle a, kun taas punaiset laput muodostavat tason kaistalle b.

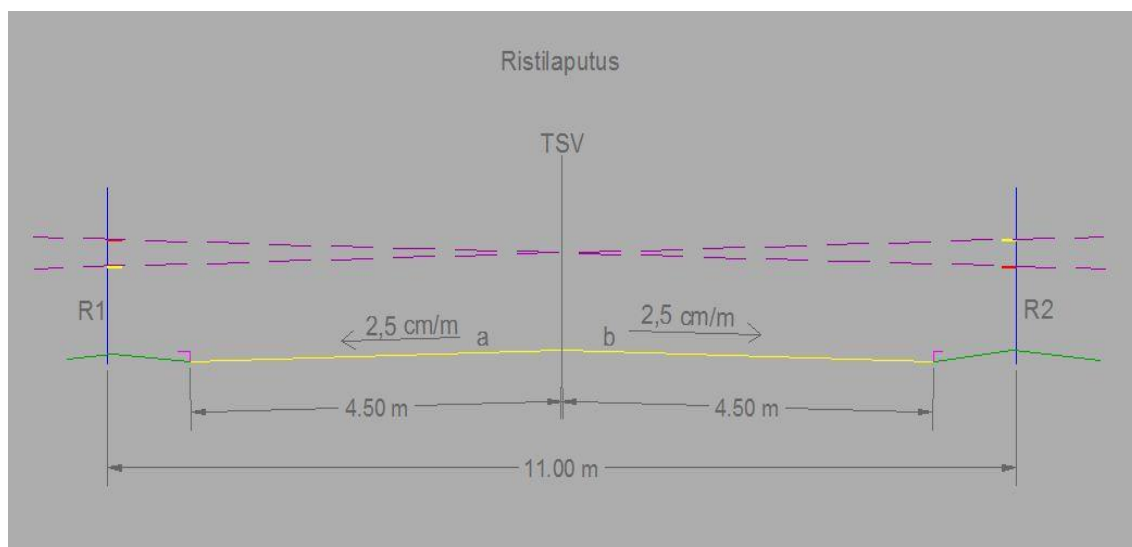


Kuva 31. Esimerkki kadun kaksipuoleisen sivukallistuksen korkeusmerkinnästä, eli ristilaputuksesta [21]

Puuriman alempi lappu on metrin ylempänä ajoradan reunasta, mutta ylemmän lapun sijainti on laskettava. Ylemmän lapun sijainti määräytyy vastakkaisen kaistan sivukallistuksen sekä matkan mukaan. Korkeuslappujen korkeusasemaa laskettaessa on otettava huomioon vastakkaisen kaistan kallistus sekä puuriman etäisyys keskilinjaan nähden. Sivukallistus kerrotaan matkalla, jolloin saadaan korkeuden muutos, ja tähän korkeusmuutokseen lisätään vastakkaisen korkeusmuutos, jotta saadaan ylemmän korkeuslapun paikka määritettyä. Esimerkiksi jos ajoradan leveys on 4,5 metriä ja puuri asetetaan metrin päähän ajoradan reunasta, saadaan matkaksi 5,5 metriä. Kadun sivukallistuksen ollessa 2,5 cm metrillä lasketaan $5,5 \text{ m} \cdot 0,025 \text{ m}$, josta saadaan korkeuden muutos eli 0,1375 m (13,8 cm). Kun tämä matka lisätään alemman korkeuslapun korkeuteen, saadaan taso, joka on samalla korkeudella kuin kadun keskilinja eli harja. Jotta saadaan aikaiseksi ristilappu, on tuohon vielä lisättävä toisen kaistan kallistus kerrottuna puuriman etäisyydellä keskilinjaan. Usein kadun kaistojen kallistukset ovat molemmin puolin samat ja niin lasketaan myöskin tässä tapauksessa. Tällöin lisätään vielä sama 13,75 cm eli yhteensä 27,5 cm alemman korkeuslapun korkeuteen, jolloin saadaan laskettua ylemmän lapun paikka. $5,5 \text{ m} \cdot 0,025 \text{ m} \cdot 2 = 0,275 \text{ m}$. Ristilaputus suoritetaan vain tapauksissa, jossa on kaksipuoleinen sivukallistus.

Esimerkki 1

Kuvan 32, riman 1 (R1) alempi lappu määräytyy kadun sivukallistuksen ja riman etäisyyden mukaan. Kallistuksen ollessa 2,5 senttimetriä metrillä rima sijaitsee 5,5 metrin päässä tasausviivasta (TSV), eli $5,5 \cdot 0,025 = 0,1375$ m. Tällöin alempi lappu on tasausviivasta 13,75 senttimetriä alempana. Riman 1 (R1) ylempi lappu lasketaan kaistan b sivukallistuksen ja riman 1 etäisyyden tasausviivan mukaan, eli $5,5 \cdot 0,025 = 0,1375$ m. Tässä tapauksessa se on sama, koska kadun profiili molemmilla puolilla on sama. On myös tapauksia, jossa kaistan leveys saattaa olla eri tai kallistuskin voi olla eri. Ylemmän lapun korkeusasema lisätään TSV:n korkeuteen, jolloin korkeuslappujen väliksi muodostuu 27,5 senttimetriä. Riman 2 korkeuslaput lasketaan samalla tavalla. Lopputuloksena kuvan keltaiset korkeuslaput muodostavat tason kaistalle a, kun taas kuvan punaiset korkeuslaput muodostavat taso kaistalle b.



Kuva 32. Esimerkki 1 mukainen havainnekuva ristilaputuksesta [21]

Tiehöylän kuljettaja asettaa kaistalle metrin korkuisen mittatikun ja sen jälkeen sihtaa mittaajan lapuista sekä vertaa tien olemassa olevaa tasoa suunniteltuun tasoon. Tällä perusteella hän tietää, kuinka paljon on lisättävä maa-ainesta, jotta katu saadaan oikeaan tasoon. Mittatikussa on usein korkeuslappu, joka on asetettu yli metrin korkeuteen esimerkiksi korkeuteen 1.16 metriä. Tiehöylän on jätettävä kadun pinta hieman vajaaksi, koska päälle levitetään vielä asfaltti, joka tässä tapauksessa olisi yhteensä 16 senttimetriä paksu kerros. Kun kadun pinta on oikean muotoinen ja kauttaaltaan 16 senttimetriä alla valmiin pinnan, asfaltti voidaan levittää tasaisesti koko kadun päälle.

Kun kyseessä on kaksipuoleisella kallistuksella oleva katu, niin höylän kuljettaja katsoo lappuja ristiin alemmasta ylempään, ja jos kyseessä on yksipuoleinen kallistus, korkeuslappuja on vain yhdet, joten kuljettaja sihtaa lapusta lappuun. Tällä periaatteella tiehöylän kuljettaja käy läpi koko kadun niin monta kertaa, kuin katu on oikeassa tasossa ja oikeilla sivukallistuksilla valmiina asfaltin levitykseen.

Ajoradan korkeuslappujen lisäksi rakentajat saattavat tarvita erikseen korkeuslaput kevyen liikenteen väylää varten. Periaate merkintämittauksessa on täysin sama kuin ajorataa merkittäessä. Kevyen liikenteen väylät ovat aina yksipuoleisella kallistuksella ja kallistavat usein ajoradalle päin, josta sitten valumavesi siirtyy ajoradalle ja sen kallistuksilla reunakivikaivoille.

Tiekorkeuksien merkintätyö on vähenemässä kehittyvän tekniikan myötä. Tiehöyliin sekä kaivinkoneisiin on nykyään mahdollista asentaa koneohjausjärjestelmä. Tällä tarkoitetaan järjestelmää, johon voidaan ladata katusuunnitelman taseus suoraan ja koneen käyttäjä näkee ohjaamossa olevasta näytöstä tavoitellun pinnan tason. Järjestelmä kertoo suoraan kuljettajalle, kuinka paljon hiekkaa on lisättävä tai poistettava. Järjestelmä toimii joko GPS-paikantimien avulla tai robottitakymetriajärjestelmällä.

5.5.3.4 Muut kartoitus- ja merkintätyöt

Katumittauksiin kuuluu myös muita erilaisia kartoitus- sekä merkintätöitä. Esimerkiksi kerrosten väliin asennettavat kaapelisuoja-putket on kartoitettava. Merkintätyötä kyseisten suoja-putkien asentamista varten ei yleensä tehdä. Suunnitelmissa suoja-putkien sijainti on usein likimääräinen, esimerkiksi kevyen liikenteen väylän alle.

Kun kadun pintaan on saatu levitettyä ensimmäinen asfalttikerros, työmaan mittaaaja suorittaa reunakivien merkintätyön. Katusuunnitelman reunakivilinjoja käyttäen mittaaaja merkitsee reunakiven sijainnin yleensä 10 metrin välein ja kaartuvissa kohteissa jopa kolmen metrin välein. Tarkoituksena on merkitä merkintämaalilla tai asfalttinaulalla asfalttiin merkki, joka on metrin sivussa tulevasta reunakivilinjasta. Kaikkien kaarien päädyt on merkittävä, madalluksien alkamis- ja päättymiskohdat on merkittävä sekä erilaiset saarekkeet eli liikenteen jakajat on merkittävä. Lisäksi merkkeihin on ilmoitettava korkeusluku, joka kertoo kivien asentajille reunakiven yläpinnan korkeuden. Merkittäessä on otettava myös huomioon suunnitelman mukainen reunakiven näkymä, eli näkymä joka jää näkyviin, kun viimeinen asfalttikerros on levitetty. Kaarille merkitään myös niiden

säteet ja merkintöjä tehdään kolmen metrin välein. Reunakivien tarkemmat tiedot löytyvät joko asemakuvasta tai mittaus suunnitelmasta. (Kuva 33.)



Kuva 33. Reunakivimerkintä, jossa suora (SR) muuttuu kaareksi, jonka säde on 10 metriä (R 10). Merkinnän korkeuslukema + 14, kuvaa kiven yläpinnan korkeustasoa. Tällöin reunakiven yläpinnan korkeus on 14 senttimetriä ylempänä kuin ympyrän keskellä oleva täplä. [21]

Useissa katutyömaakohteissa saattaa tulla kalliota esiin rakennettaessa. Kalliot on räjäytettävä pois siten, että oikeat kerrossyvyudet saadaan kaivettua tai putkistojen kanaalit saadaan kaivettua. Tätä varten katutyömaan mittaaja merkitsee esiin kaivetun kallion pinnan päälle merkintämaalilla louhintakorkeuksia. Nämä kertovat louhijalle, kuinka paljon kalliota on louhittava pois. Lukemien perusteella louhija poraa kallion täyteen reikiä ja asettaa reikiin dynamiittia räjäytystä varten. Ennen räjäytystä kallion pinta on myös kartoitettava. Kartoitetusta datasta luodaan maastomalli, jonka avulla voidaan laskea tilavuudet, jotka kertovat louhitun kallion määrän kuutiometreinä. Referenssinä käytetään suunnitelmaa ja sen mukaan tehtyjä louhintavarauksia.

Katutyömaa saattaa myös tarvita muita erikoismerkintätöitä. Erilaiset erikoisrakenteet kuten muuntajat, jätevesipumppaamot tai palopostit vaativat oman merkintätönsä. Tilanteesta, tarkkuusvaatimuksesta ja rakentajasta riippuen merkinnät suoritetaan merkintämaalilla, puurimoilla sekä korkeuslapuilla.

5.5.4 Virheet ja virhelähteet

Lähtökohtaisesti yksikään suoritettava mittaus ei ole absoluuttisen tarkka. Suoritettavat mittaukset ovat inhimillisenä toimintana erehtyväistä. Mittauksesta saatava tulos on arvio mitattavasta arvosta. Mitattavan kohteen arvon sekä mittaustuloksen arvon erotusta kutsutaan mittausrvirheeksi. Esimerkiksi merkintämittauksessa mittaaja pyrkii saamaan merkintänsä paikalleenmittaustoleranssien sisään. [12; 13.]

Mittausten virheet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: karkea virhe, systemaattinen virhe sekä satunnainen virhe. Karkealla virheellä tarkoitetaan selkeästi kohteen arvosta poikkeavaa mittaustulosta, joka syntyy usein inhimillisestä virheestä tai laiteviasta, esimerkiksi jos mitta-asteikko luetaan väärin, mittalaitteistoon tulee toimintahäiriö tai tietojen tallennuksessa tapahtuu virhe. Karkean virheen sattuessa mittaus suoritetaan uudestaan ja uudestaan, kunnes tulos ei poikkea muista mittauksista. Jos kuitenkin karkeaa virhettä ei saada eliminoidua, on mittauskalusto vietävä kalibroitavaksi. Systemaattisella virheellä tarkoitetaan virhettä, joka johtuu mittausprosessista eli menetelmästä, tai havaintotilanteeseen ja havaintogeometriaan aiheutuneesta virheestä. Satunnaisella virheellä tarkoitetaan virhettä, joka aiheutuu aina mitattaessa. Satunnaista virhettä on tosin vaikea havaita, ellei mittalaite ole todella tarkka. Lähtökohtaisesti, esimerkiksi etäisyyttä mitattaessa, mittaustuloksilla on hajontaa kun mitataan riittävän tarkkoilla laitteilla. Satunnainen virhe ei yleensä aiheuta harhaa tuloksiin, kunhan mittauksia on suoritettu riittävän monta. Tällöin eri suuntiin olevat virheet kumoavat toisensa. [12; 13.]

Mittaustulosta ilmoitettaessa ei yleensä tiedetä mittausrvirhettä. Kun suoritetaan erittäin tarkkoja mittauksia esimerkiksi teollisuudessa, mittaaja ilmoittaa tuloksien yhteydessä mittausepävarmuuden. Epävarmuus voidaan laskea, ja annettu mittaustulos ilman mittausepävarmuutta on usein täysin merkityksetön. Katumittauksessa ei mittaajalta vaadita mittausepävarmuutta, koska tarkkuusvaatimukset eivät ole samanlaiset kuin esimerkiksi teollisuudessa. [12; 13.]

Merkintämittauksessa, jossa mittaaja merkitsee esimerkiksi paikkaa, johon hänen on lyötävä puurima katukorkeuden merkintää varten, hän pyrkii saamaan paaluluvun mahdollisimman tarkasti oikein ($< 0,5$ cm), samoin etäisyyden ajoradan reunaan yhtä tarkasti. Kun sijainti on määritetty, hän merkitsee pisteen merkintämaalilla maahan. Merkintämaalien pisteen halkaisija on 1–3 senttimetriä. Tähän lyödään puurima, jonka koko voi olla 2,5 cm x 4 cm; puuriman sijainnin kokonaistarkkuus muuttuu 0,5 senttimetristä jopa

viiteen senttimetriin. Kuitenkin mittajaan on suoritettava merkintä mahdollisimman tarkasti, jotta merkintämenetelmistä aiheutuva virhe pysyisi mahdollisimman hallittuna.

Katutyömaan suurimmat ja yleisimmät mittausvirheet aiheutuvat lähtöpisteistä. Työmaa-alueelle tuotujen käyttöpisteiden tarkkuus vaihtelee lähtöpisteiden mukaan. Kaupungin tai valtion pisteet, joita mittaja käyttää lähtöpisteinä, saattavat olla vanhoja, eikä niiden tarkkuus ole kovin luotettava. Kuitenkin katutyömaan käyttöpisteet on tuotava kaupungin kiintopisteistä, joiden pitäisi olla luotettavimmat kiintopisteet työmaan lähetyvillä. Joissain tapauksissa lähtöpisteet saattavat sijaita kaukana työmaasta, ja mitä kauempaa pisteet tuodaan, sitä enemmän työmaan pisteisiin aiheutuu virheitä.

5.6 Jälkikäsittely

Jälkikäsittelyllä tarkoitetaan mittausaineiston, eli kartoituksien käsittelemistä sellaiseen muotoon, johon tilaaja aineiston haluaa. Näitä kutsutaan usein tarkkeiksi. Tarkkeet on aineisto, jonka mittaja palauttaa asiakkaalle. Tämä on siis tuote josta asiakas usein myös maksaa. Tästä syystä jälkikäsittelyssä tuotettavan aineiston on oltava selkeää, helposti tulkittavaa sekä tarkkuusvaatimukset täyttävää. Käytännössä tarkkeet ovat informaatio rakennetuista kohteista. Asiakkaan tilauksesta riippuen tarkkeet ovat usein digitaalista vektoriaineistoa, joka koostuu pisteistä sekä viivoista. Pisteillä ja viivoilla on sijaintitiedot sekä usein informaatiota rakennetusta kohteesta, kuten koko ja materiaali. Esimerkiksi kaivoa kartoitettaessa pisteen sijainti- ja korkeustietojen lisäksi kaivosta täytyy tietää halkaisija sekä materiaali. Nämä tiedot liitetään tarkekuvaan viiteviivoilla. Katutyössä asiakkaalle palautetaan sadevesi-, jätevesi- sekä puhdasvesijärjestelmien tarkkeet, kuten myös asennetut suojaputket, valaisimet ja valaisimien suojaputket. Yleisimpiä tiedostomuotoja palautettaville tarkkeille ovat dwg- sekä dxf- tiedostomuodot. Kadulle asennetut kohteet päivitetään kaupungin kantakartalle tarkkeiden mukaisesti.

Rakennettujen kohteiden lisäksi mittajaan täytyy suorittaa jälkikäsittely mahdolliselle kalliopinnalle. Louhintaa tehtäessä on mittajaan vastuulla suorittaa louhitun kallion tilavuuden määrittäminen. Mittajaan määrittämällä tilavuuksilla louhija laskuttaa tilaajaa louhittujen kuutiometrien perusteella.

5.7 Laadunvarmistus

Kun katutyömaan merkintämittaukset aloitetaan, on mittajaan varmistettava, että mittauksessa käytettävät mittausvälineet, kuten robottitakymetri sekä GPS-tekniikka, mahdollistavat rakentamiselle asetettujen tarkkuusvaatimusten noudattamisen. Kalusto sekä mittausmenetelmät valitaan siten, että ne täyttävät vaaditun rakentamistarkkuuden. Kalusto tulee olla kalibroituna ennen mittaustyöhön ryhtymistä. [1]

Mittauksista saatujen tuloksien oikeellisuuteen mittajaa ei voi luottaa täysin. Merkintätyössä on otettava huomioon lukuisia seikkoja, jotka vaikuttavat mittauksien tuloksiin. Epäilemällä mittaustulosten oikeellisuutta pystyy mittaaja helposti paikallistamaan mahdolliset karkeat tai systemaattiset virheet ja suorittamaan tarvittaessa mittauksen uudestaan. Jokaisen merkintämittauksen jälkeen mittajan on syytä tarkistaa mittaus käyttäen esimerkiksi toista menetelmää. Kun mittaaja paikantaa karkean virheen ja suorittaa merkinnän uudestaan ja saa saman tuloksen aikaiseksi, täytyy hänen selvittää systemaattisen virheen mahdollisuus sekä varmistaa, että merkintä vastaa suunnitelmaa. Myös katusuunnitelmassa saattaa olla virhe. Mittauksen päättyessä mittajan täytyy todeta, että mittaukset ovat luotettavia. Tämän takia mittaaja suorittaa varmistustoimenpiteen takymetrillä. Takymetrin tasaus on tarkistettava, eli on varmistettava, ettei takymetri ole kallistunut. Jos näin on käynyt, on mittaukset syytä tarkistaa uuden orientoinnin jälkeen. Takymetrin orientointi on myös syytä tarkistaa merkitsemällä uudestaan jokin piste, jota orientoinnissa käytettiin. Jos merkintä ei osu pisteen keskelle, on orientointiin tullut mittauksen aikana virheitä. Tässäkin tapauksessa mittaukset on syytä tarkastaa uudestaan. Mittausten laadunvarmistukseksi katutyömaan pisteverkkoa täytyy päivittää työmaan edetessä. Työmaan kestosta riippuen käyttöpisteet kannattaa tuoda työmaalle uudestaan kaupungin kiintopisteistä muutama kertaan rakentamisen aikana.

5.8 Vastuu

Katutyömaan vastuu jakautuu työmaan rakentavan mestarin, rakentajien sekä mittajan välillä. Käytännössä työmaan rakentava mestari on vastuussa rakentajista, jotka puolestaan vastaavat rakenteiden asentamisesta. Asennuksella on omat toleranssinsa, jotka ovat sijaintitoleranssi ja suuntatoleranssi. Näiden mukaan asentajien on saatava rakenteet asennettua. Asentaminen kuitenkin edellyttää mittaajalta paikalleenmittaustolerans-

sit, jolla tarkoitetaan rakennuspaikalla olevaa tilaa, jonka rajojen sisällä paikalleenmitatun pisteen tai viivojen on sijaittava. Kaupungilla virheen suuruudesta riippuen vastuuhenkilöä ei yleensä laiteta virheestä vastuuseen, vaan työ korjataan ja rakentamista jatketaan. Yksityisellä puolella pienemmästäkin virheestä työn vastuuhenkilö voi joutua maksamaan, ellei kyseessä ole täysin yhden yrityksen pyörittämä työmaa. Useimmilla mittausyrityksillä on vastuuvakuutus, jolla tarkoitetaan vahinkovakuutusta. Tällöin mittausvirheestä johtuva purkutyö ja muut kustannukset menevät vakuutukseen. Vastuuvakuutuksen määrä vaihtelee tuhansista euroista jopa yli miljoonaan euroon.

6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä pyrittiin esittelemään Suomen katujen sisältämää tekniikkaa. Työ perehtyi niin viemäriverkostoon kuin kadun viimeistelyyn kuuluviin rakenteisiin. Katutekniikan lisäksi työssä perehdyttiin katusuunnitelmiin, niiden sisältöön sekä suunnitteluprosessiin. Katusuunnitelmasta pyrittiin esittelemään kaikki eri suunnitelmien osat. Tarkoituksena oli auttaa lukijaa tulkitsemaan katusuunnitelman eri osia sekä niiden sisältöä. Työssä esiteltiin sekä kadun rakentamisen vaiheet että sen aikana suoritettavat mittaus-tehtävät.

Insinööriyön tarkoituksena oli opastaa lukija katusuunnitelman avulla suorittamaan katusuunnitelman tehtävän rakentamisen edellyttämät merkintämittaukset. Lisäksi työssä esitettiin rakennettavien kohteiden kartoitustarpeet ja mittausaineiston jälkikäsitelyä. Työssä perehdyttiin myös mittauksen varmuuteen, virheisiin sekä virhelähteisiin.

Lähteet

- 1 Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02. 2002. Helsinki. Suomen kunta-liitto.
- 2 Kiljunen, Matti. 2014. Liikennesuunnittelu. Kurssimateriaali. Luento 7. Maanmit-taustekniikka, Metropolia ammattikorkeakoulu. Liikennesuunnittelu, katu- ja kun-nallistekniikka.
- 3 Katupoikkileikkausten suunnitteluohjeet. 2001. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. Liikennesuunnitteluosasto. Verkkojulkaisu. <<http://www.hel.fi/hel2/ksv/Ai-neistot/Liikennesuunnittelu/Autoilu/katu1.pdf>> Luettu 16.12.2014.
- 4 Kiljunen, Matti. 2014. Liikennesuunnittelu. Kurssimateriaali. Luento 6. Maanmit-taustekniikka, Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 5 Veden kulutus. 2014. Päivitetty 18.12.2014. Verkkojulkaisu. Motiva. <http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus> Lu-ettu 20.12.2014
- 6 Katujen ja vesihuollon suunnittelu. 2014. Verkkojulkaisu. Vantaan kaupunki. <http://www.vantaa.fi/fi/kadut_ja_liikenne/katujen_suunnittelu_ja_rakentami-nen/_katujen_ja_vesihuollon_suunnittelu> Luettu 14.1.2015.
- 7 Laitinen, Tuomas. 2015. Maanmittausinsinööri, Vantaa. Haastattelu 27.1.2015.
- 8 Alan kehittäminen. Tietomallinnus. 2015. Verkkojulkaisu. Suomen rakennusinsi-nöörien liitto. <<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>>. Luettu 5.2.2015.
- 9 The LandXML project. 2015. Verkkojulkaisu. <<http://www.landxmlproject.org>>. Luettu 5.2.2015.
- 10 Inframodel 3 -tiedonsiirtoformaatti otetaan yleiseen käyttöön. 2015. Verkkojul-kaisu. InfraBIM. <<http://www.infrabim.fi/inframodel-3-tiedonsiirtoformaatti-otetaan-yleiseen-kayttoon/>>. Luettu 5.2.2015.
- 11 Tuokko, Piia. 2006. Kaava-alueen kunnallistekniikan toteutus. Verkkojulkaisu. Hämeen ammattikorkeakoulu. <<http://www.ymparistosuunnittelija.fi/upl/web-site/kuvat/Makiviinikanasemakaavaalueenkunnallistekniikka.pdf>>. Luettu 5.2.2015.
- 12 Mittausepävarmuus ja siihen liittyvää terminologiaa. Ei päivystä. Mittaustekniikan perusteet. Kurssimateriaali. Verkkojulkaisu. Teknillinen korkeakoulu <<http://metrology.tkk.fi/courses/s108-195/Luento6.pdf>>. Luettu 25.2.2015.

- 13 Vermeer, Martin. 2015. Johdanto geodesiaan. Mittausvirheet ja epävarmuus. Verkkojulkaisu. Aalto yliopisto. <<http://users.aalto.fi/~mvermeer/johd.pdf>>. Luettu 1.3.2015.
- 14 Kantakartan kuvaus. 2015. Verkkojulkaisu. Helsingin paikkatietohakemisto <<http://ptp.hel.fi/paikkatietohakemisto/?id=6>>. Luettu 28.2.2015.
- 15 Alan kehittäminen. Tietomallinnus. BIM 2010. 2015. Verkkojulkaisu. Suomen rakennusinsinöörien liitto. <<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus/bim-2010.html>>. Luettu 1.3.2015.
- 16 Jätevedenpuhdistus. Miten jätevesi puhdistetaan? 2015. Verkkojulkaisu. Vesilaitosyhdistys. <http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto/jatevedet/jatevesien_puhdistaminen/jatevedenpuhdistus>. Luettu 5.3.2015.
- 17 Väänänen, Johannes. 2009. Palopostit ja palovesiasemat osana vesihuoltoverkkoa. Diplomityö. Verkkojulkaisu. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://www.vvy.fi/files/621/DI-tyo_Vaananen_2009_05_14_Sammutusvesi.pdf>. Luettu 5.3.2015.
- 18 Poutanen, Markku. 2006. Suomen uusi korkeusjärjestelmä N2000. Verkkojulkaisu. Maankäyttölehden arkisto. <http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk406/mk406_970_poutanen.pdf>. Luettu 5.3.2015.
- 19 Stabilointi. 2015. Verkkojulkaisu. Lemminkäinen infra <<http://www.lemminkainen.fi/globalassets/documents/infra/fi/paving/stabilointi.pdf>>. Luettu 5.3.2015.
- 20 Vedenkulutus. 2015. Päivitetty 18.12.2014. Verkkojulkaisu. Motiva. <http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus>. Luettu 20.12.2014.
- 21 Nenonen, Mikael. 5.3.2015.
- 22 Kaivon kansistot. Säädettyä kitakaivo. 2015. Verkkojulkaisu. Jupalco. <<http://www.jupalco.com/kannet10.html>>. Luettu 5.3.2015.
- 23 Safiirikujan katusuunnitelma. Ramboll. 2015.
- 24 Klemmintien katusuunnitelma. Destia. 2015.
- 25 Nikinmäentien katusuunnitelma. Pöyry Finland Oy.
- 26 Katutyömaiden seurantakuvat. 2015. Vantaan kaupunki.
- 27 Nenonen, Mikael. 12.3.2015.

- 28 IfraRYL. 2010. Osa 1. Katuluokat. Luettu 12.3.2015.
- 29 Elmontien katusuunnitelma. 2015. Vantaan kaupunki.
- 30 Siitonen, Pertti. 2010. Perusparannusprojekti. Yksityistien perusparannus. Verkkojulkaisu. Pertti Siitonen Oy. <<http://www.perttisiitonen.fi/?sivu=kuvia&catid=172>>. Luettu 13.3.2015.

Katuluokkien mukaiset kerrospaksuustaulukot

Liite 02 Katuluokka 1

Liite:T3. Normaalipäälyls rakenne kantavuusvaatimuksen mukaan.

Pohjanmaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04
	AB 0,12	AB 0,12	AB 0,18	AB 0,18	AB 0,18	AB 0,18	AB 0,18
	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,20	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15
				Tukikerros 0,40	Tukikerros 0,60	Tukikerros 0,80	Tukikerros 1,05
Kokonaispaksuus	0,31	0,31	0,42	0,77	0,97	1,17	1,42

Liite:T4. Kantavuusarvot kerroksittain. Huom! Päälyls rakenteen kokonaispaksuus pohjamallie E...G määräytyy kantavuus- ja routamitoituksen perusteella.

Pohjamaa (MN/m ²)	Päälyls rakenteen kokonaispaksuus, m	Tavoitekantavuus kerrosten päältä, MN/m ²			
		Jakava	Kantava	Ensimm. AB	Päälylyste
A (300)	0,31	—	300	368	611
B (200)	0,31	—	231	293	510
C (100)	0,42	—	161	216	510
D (50)	0,77	123	166	220	518
E (20)	0,97	112	156	209	500
	1,07	126	168	224	524
	1,17	136	177	234	542
	1,24	143	184	226	500 ¹⁾
	1,34	149	189	231	507 ¹⁾
	1,44	154	195	236	514 ¹⁾
	1,54	158	197	239	520 ¹⁾
	1,64	162	200	242	525 ¹⁾
	1,17	111	155	209	500
	1,27	129	172	227	529
F (10)	1,37	141	182	239	550
	1,44	150	190	232	507 ¹⁾
	1,54	156	195	238	517 ¹⁾
	1,64	161	200	242	524 ¹⁾
	1,74	165	203	246	530 ¹⁾
	1,42	111	154	207	500
	1,52	120	163	218	514
	1,62	128	171	226	528
G (5)	1,72	135	176	233	540

¹⁾ Sidotut kerrokset AB 3 x 120 + AB 100 (0,15 + 0,04).

Liite 03 Katuluokka 2

Liite:T5. Normaalipäälysrakenne kantavuusvaatimuksen mukaan.

Pohjamaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04
	AB 0,10	AB 0,10	AB 0,15	AB 0,15	AB 0,15	AB 0,15	AB 0,15
	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava
	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15
				Tukikerros 0,30	Tukikerros 0,55	Tukikerros 0,75	Tukikerros 0,95
Kokonaispaksuus	0,29	0,29	0,34	0,64	0,89	1,09	1,29

Liite:T6. Kantavuusarvot kerroksittain. Huom! Päälysrakenteen kokonaispaksuus pohjamaille E...G määräytyy kantavuus- ja routamitoituksen perusteella.

Pohjamaa (MN/m ²)	Päälysrakenteen kokonaispaksuus, m	Tavoitekantavuus kerrosten päältä, MN/m ²			
		Jakava	Kantava	Ensimm. AB	Päällyste
A (300)	0,29	—	300	349	561
B (200)	0,29	—	230	275	465
C (100)	0,34	—	144	182	422
D (50)	0,64	109	153	191	439
E (20)	0,89	104	147	185	429
	0,99	119	162	202	458
	1,09	131	173	214	478
	1,19	140	181	222	492
	1,29	146	187	229	502
	1,34	152	192	234	511 ¹⁾
	1,44	156	195	238	517 ¹⁾
	1,09	103	147	185	428
F (10)	1,19	124	167	207	466
	1,29	139	180	221	490
	1,39	149	189	231	505
	1,49	156	195	237	516
	1,54	162	200	242	520 ¹⁾
	1,64	166	203	246	525 ¹⁾
	1,74	169	206	249	530 ¹⁾
	1,29	98	142	179	420
G (5)	1,39	111	154	193	442
	1,49	120	163	203	460
	1,59	128	171	211	473
	1,69	134	176	217	483
	1,79	140	181	222	492

¹⁾ Sidotut kerrokset AB 2 x 120 + AB 100 (0,10 + 0,04).

Liite 04 Katuluokka 3

Liite:T7. Normaalipäällysrakenne kantavuusvaatimuksen mukaan.

Pohjamaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04
	AB 0,05	AB 0,05	AB 0,12	AB 0,12	AB 0,12	AB 0,12	AB 0,12
	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava	Kantava
	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15	kerros 0,15
			Tukikerros	Tukikerros	Tukikerros	Tukikerros	
			0,30	0,50	0,75	0,95	
Kokonaispaksuus	0,24	0,24	0,31	0,61	0,81	1,06	1,26

Liite:T8. Kantavuusarvot kerroksittain. Huom! Päällysrakenteen kokonaispaksuus pohjamaille E...G määräytyy kantavuus- ja routamitoituksen perusteella.

Pohjamaa (MN/m ²)	Päällysrakenteen kokonaispaksuus, m	Tavoitekantavuus kerrosten päältä, MN/m ²			
		Jakava	Kantava	Ensim. AB	Päällyste
A (300)	0,24	—	300	368	435
B (200)	0,24	—	231	293	353
C (100)	0,31	—	144	196	369
D (50)	0,61	109	153	206	385
E (20)	0,81	93	137	188	358
	0,89	112	156	194	352
	0,99	126	168	208	372
	1,09	136	177	218	387
	1,19	143	184	226 ¹⁾	397 ¹⁾
	1,29	149	189	231 ¹⁾	405 ¹⁾
	1,39	154	194	236 ¹⁾	411 ¹⁾
	1,49	159	197	239 ¹⁾	416 ¹⁾
	1,59	163	200	242 ¹⁾	421 ¹⁾
F (10)	1,06	99	143	195	368
	1,14	120	164	203 ¹⁾	365 ¹⁾
	1,24	135	177	218 ¹⁾	386 ¹⁾
	1,34	145	186	228 ¹⁾	400 ¹⁾
	1,44	153	193	235 ¹⁾	410 ¹⁾
	1,54	159	198	240 ¹⁾	417 ¹⁾
	1,64	163	201	244 ¹⁾	423 ¹⁾
	1,74	167	204	247 ¹⁾	427 ¹⁾
G (5)	1,26	98	142	194	366
	1,34	111	154	193 ¹⁾	350 ¹⁾
	1,44	120	163	203 ¹⁾	365 ¹⁾
	1,54	128	171	210 ¹⁾	376 ¹⁾
	1,64	135	176	217 ¹⁾	385 ¹⁾

¹⁾ Sidotut kerrokset AB 2 x 120 + AB 100 (0,10 + 0,04).

Liite 05 Katuluokka 4

Liite:T9. Normaali-päälysrakenne kantavuusvaatimuksen mukaan.

Pohjamaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
	AB 0,05 Kantava kerros 0,15	AB 0,05 Kantava kerros 0,15	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,30	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,55	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,80	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 1,00
Kokonaispaksuus	0,20	0,20	0,24	0,54	0,79	1,04	1,24

Liite:T10. Kantavuusarvot kerroksittain. Huom! Päälysrakenteen kokonaispaksuus pohjamaille E...G määräytyy kantavuus- ja routamitoituksen perusteella.

Pohjamaa (MN/m ²)	Päälysrakenteen kokonaispaksuus, m	Tavoitekantavuus kerrosten päältä, MN/m ²			
		Jakava	Kantava	Ensimm. AB	Päälyste
A (300)	0,20	—	300	—	350
B (200)	0,20	—	231	—	275
C (100)	0,24	—	145	185	250
D (50)	0,54	109	153	191	256
E (20)	0,79	104	148	185	250
	0,89	119	162	202	267
	0,99	131	173	214	282
	1,09	140	181	222	292
	1,19	146	187	229	299
	1,29	152	192	234	305
	1,39	156	195	238	310
	1,49	160	198	241	314
	1,04	111	154	193	258
	1,14	129	171	211	280
F (10)	1,24	141	182	223	293
	1,34	150	190	232	303
	1,44	156	195	238	310
	1,54	161	200	242	315
	1,64	165	203	246	319
	1,74	169	206	249	323
	1,24	105	148	187	250
	1,34	116	159	198	264
G (5)	1,44	124	167	207	275
	1,54	132	174	214	283
	1,64	137	179	220	289
	1,74	142	183	225	295

Liite 06 Katuluokka 5

Liite:T11. Normaalipäällysrakenne kantavuusvaatimuksen mukaan.

Pohjamaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
	AB 0,05 Kantava kerros 0,15	AB 0,05 Kantava kerros 0,15	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,30	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,40	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,65	AB 0,04 AB 0,05 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,80
Kokonaispaksuus	0,20	0,20	0,24	0,54	0,64	0,89	1,04

Liite:T12. Kantavuusarvot kerroksittain. Huom! Päällysrakenteen kokonaispaksuus pohjamaille E...G määräytyy kantavuus ja routamitoituksen perusteella.

Pohjamaa (MN/m ²)	Päällysrakenteen kokonaispaksuus, m	Tavoitekantavuus kerrosten päältä, MN/m ²			
		Jakava	Kantava	Ensimm. AB	Päällyste
A (300)	0,20	—	300	—	350
B (200)	0,20	—	231	—	275
C (100)	0,24	—	144	181	244
D (50)	0,54	109	153	191	256
E (20)	0,64	69	111	145	200
	0,74	93	137	174	235
	0,84	112	156	194	260
	0,90	126	168	—	208
	1,00	136	177	—	218 ¹⁾
	1,10	143	184	—	226 ¹⁾
	1,20	149	189	—	231 ¹⁾
	1,30	154	194	—	236 ¹⁾
	1,40	158	197	—	239 ¹⁾
	1,50	162	200	—	242 ¹⁾
F (10)	0,89	75	118	153	210
	0,99	99	143	181	243
	1,05	121	164	—	203 ¹⁾
	1,15	135	177	—	218 ¹⁾
	1,25	146	186	—	228
	1,35	153	193	—	235 ¹⁾
	1,45	159	198	—	240 ¹⁾
	1,55	163	201	—	244 ¹⁾
	1,65	167	204	—	247 ¹⁾
	1,04	72	115	149	205
G (5)	1,14	91	134	171	232
	1,24	105	148	187	250
	1,30	116	160	—	200 ¹⁾
	1,40	124	167	—	207 ¹⁾
	1,50	132	174	—	214 ¹⁾

¹⁾ Sidekerroksen AB-kerros jätetään tekemättä ja kulutuskerros tehdään 0,05 m:n paksuisena.

Liite 07 Katuluokka 6

Liite:T13. Normaalipäälyysrakenne kantavuusvaatimuksen mukaan.

Pohjamaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
	AB 0,03 Kantava kerros 0,15	AB 0,03 Kantava kerros 0,20	AB 0,04 Kantava kerros 0,15	AB 0,04 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,30	AB 0,04 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,60	AB 0,04 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 0,80	AB 0,04 Kantava kerros 0,15 Tukikerros 1,00
Kokonaispaksuus	0,18	0,18	0,24	0,49	0,79	0,99	1,19

Liite:T14. Kantavuusarvot kerroksittain. Huom! Päälyysrakenteen kokonaispaksuus pohjamaille E...G määräytyy kantavuus- ja routamitoituksen perusteella.

Pohjamaa (MN/m ²)	Päälyysrakenteen kokonaispaksuus, m	Tavoitekantavuus kerrosten päältä, MN/m ²			
		Jakava	Kantava	Ensimm. AB	Päälyyste
A (300)	0,18	–	300	–	320
B (200)	0,18	–	230	–	250
C (100)	0,24	–	161	–	187
D (50)	0,49	109	153	–	178
E (20)	0,79	112	156	–	182
	0,89	126	168	–	195
	0,98	136	177	–	193 ¹⁾
	1,08	143	184	–	200 ¹⁾
	1,18	149	189	–	205 ¹⁾
	1,28	154	194	–	210 ¹⁾
	1,38	158	197	–	213 ¹⁾
	0,99	111	154	–	180
F (10)	1,09	129	171	–	198
	1,18	141	182	–	198 ¹⁾
	1,28	150	190	–	206 ¹⁾
	1,38	156	195	–	212 ¹⁾
	1,48	161	200	–	216 ¹⁾
	1,58	165	203	–	219 ¹⁾
	1,19	105	148	–	175
	1,29	116	159	–	185
G (5)	1,38	124	167	–	183 ¹⁾
	1,48	132	174	–	189 ¹⁾

¹⁾ AB-kerros tehdään 0,03 m:n paksuisena.