

Henrik Renlund

PÄÄLLYSTETYÖN TYÖTAPATARKAS- TELU

Opinnäytetyö
Rakennustuotanto

Toukokuu 2016

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Henrik Renlund	Rakennusinsinööri	Toukokuu 2016
Opinnäytetyön nimi		
Päällystetyön työtapatarkastelu		38 sivua 2 liitesivua
Toimeksiantaja		
Destia Oy		
Ohjaaja		
Lehtori Juha Karvonen		
Tiivistelmä		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella puutteellisten suunnitelmien vaikutusta urakointiin tien saneerauskohteessa. Työ on tehty käyttämällä esimerkkitapausta osia Haminan sisääntuloväylien saneeraushankkeesta, jotka Destia Oy toteutti kesän 2015 aikana. Työn keskittyy lähinnä tien saneerauksessa päällysrakenteen olemassa olevan tasauksen epätasaisuuden aiheuttamiin ongelmakohtiin suhteessa tehtyihin suunnitelmiin sekä ongelmien poistamiseksi urakassa toteutettuihin ratkaisuihin.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa esitellään tien rakenteita kokonaisuutena ja tien rakennekerroksissa käytettäviä materiaaleja sekä tarkastellaan tiehen kohdistuvia lähinnä liikenteestä aiheuttavia kuormituksia ja muita rasituksia. Teoriaosuus perustuu sekä lähdekirjallisuuteen että käytännön urakoinnista peräsin olevaan kokemuseräiseen tietoon.</p> <p>Työssä tuodaan esille tien puutteellisten suunnitelmien työtekniisiä ja laadullisia vaikutuksia lopputulokseen ja sen pitkäaikaiskestävyyteen. Ongelmakohtien kartoituksen jälkeen työssä käydään läpi tien tasauksen uudelleen suunnittelun työvaiheet. Suunnittelussa lähtökohtana oli kustannusten, työmäärien ja massojen optimoiminen sekä samalla laadukkaan lopputuotteen saavuttaminen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kartoitettua ongelmakohtia, joista voi aiheutua suunnittelun ja toteutuksen ristiriitatilanteita. Kun suunnittelua tehdään vähäisillä lähtötiedoilla voi suunnitelmien noudattaminen, etenkin saneerauskohteissa, olla hankalaa. Työnäikainen muutossuunnittelu tai vaihtoehtoisten ratkaisujen esittäminen urakoitsijan toimesta edellyttää sujuvaa vuorovaikutusta tilaajan kanssa. Työssä on otettu esiin toteuttajan vastuu rakentamisen aikana, mikä tarkoittaa muun muassa suunnitelmissa havaittujen epäkohtien esiintuomista tilaajalle. Työn tarkoitus oli tuoda esille myös ratkaisukeskeiseen ja laadukkaaseen rakentamiseen tähtäävä näkökulma. On myös todettava että tässä työssä asiaa on käsitelty vain yhden urakan pohjalta ja soveltuva toteutustapa tulee valita kohteissa aina tapauskohtaisesti.</p>		
Asiasanat		
Tien suunnittelu, tierakenne, suunnitelma muutokset, rakentamisen laatu		

Author (authors)	Degree	Time
Henrik Renlund	Bachelor of Construction Engineering	May 2016
Thesis Title		
Review of Road Pavement Improvement		38 pages 2 pages of appendices
Commissioned by		
Destia Oy		
Supervisor		
Juha Karvonen, Senior Lecturer		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to study the impact of inadequate planning on the contract work on road renovation project. Part of the Hamina Entry Highway modernization project, which Destia Oy carried out during the summer of 2015, was used as the target. The thesis focuses mainly on the issues arising from the unevenness of the already existing alignment of the road and the relation of the made plans versus the solutions used.</p> <p>The theoretical part of the thesis presents the different structures of a road as a whole and the different materials used in structural layers as well as the stress caused mainly by traffic but also by other factors. The theoretical part presented in this study is based both literature and empirical knowledge from contracting.</p> <p>The study wishes to highlight the effects of poor planning on both the work process and the quality and durability of the final outcome. After mapping the problem areas the study examines the different phases of road alignment. The plan was based optimization of cost, labor and masses while achieving the best possible end result.</p> <p>As a result of the thesis it was possible to map out our problem areas that could possibly cause contradictions between the initial plan and the actual implementations. When the planning is carried out without sufficient knowledge it may be challenging to follow, particularly in renovation projects. Possible changes and updates in the plan by the contractor after the project has already started always require a well-functioning interaction between the contractor and the client. The thesis raises the issue of the implementing entity's accountability during the renovation process, which include for example informing the commissioner about the faults in the plans. It should, however, be noted that this thesis is based on one contract and suitable method should always be case-specific.</p>		
Keywords		
Road design, road structure, design changes, construction quality		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TIEN SUUNNITTELU	6
2.1	Palvelutaso	6
2.2	Tierakenteen kuormitukset	7
3	TIERAKENNE.....	8
3.1	Pohjamaa	9
3.2	Suodatinkerros.....	10
3.3	Jakavakerros	11
3.4	Sitomaton kantavakerros	14
3.5	Sidottu kantavakerros	18
3.6	Asfalttipäällysteet.....	20
4	HANKKEEN TOTEUTUS.....	23
4.1	Lähtötilanne	25
4.2	Tilaaajan näkemys päällystystöistä	26
4.3	Ongelmakohdat	27
4.4	Kivetetty keskisaareke	27
4.5	Melueste	29
4.6	Kuivatus.....	31
4.7	Suunnitelma muutokset	34
4.8	Pinnan kartoitus.....	34
4.9	Uusi tasaus.....	36
4.10	Jyrsintä, viimeistelytyöt ja tien käyttöönotto	37
5	YHTEENVETO	38

LIITTEET

Liite 1. Loadman kantavuusmittausten tuloksia

Liite 2. Tarkemittauksen tuloksia

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Destia Oy, joka on yksi suurimmista Infra-alan toimijoista Suomessa. Työn tarkoituksena on tarkastella kesällä 2015 Liikennevirastolle tehdyn Haminan sisääntuloväylien saneerausurakan ongelmakohtia ja niiden poistamiseksi urakassa toteutettuja ratkaisuja. Työ on pyritty suorittamaan hyvin käytännönläheisesti perustuen kenttätyössä havaittuihin käytännön ongelmiin.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi tien suunnitteluun ja kuormitukseen vaikuttavia tekijöitä sekä esitellään tierakenteen materiaaleja ja niiden toimintatarkoituksia. Teoriaosuudessa käsitellään tierakentamisen käytännön toimintatapoja sekä esitetään laadunvarmistusmalleja materiaalien ja tierakenteen toimivuuden varmistamiseksi. Tien kerroksittainen rakenne on käyty vaiheittain läpi materiaaleineen ja tekotapoineen perustuen ammattikirjallisuuteen, rakentamiseen liittyvään ohjeistukseen ja määräyksiin.

Esimerkkikohteena oleva saneeraushanke esitellään työssä kokonaisuutena, jotta saadaan kattava kuva hankkeen laajuudesta ja sen vaikutuksista tarkastelun kohteena olevaan osaan. Työn keskeisenä lähtökohtana oli arvioida puutteellisten suunnitelmien vaikutusta päällystystyöhön ja siitä edelleen aiheutuvia teknillisiä ja laadullisia ongelmia lopputulokseen. Päällystystyön suunnitelmien puutteellisuudesta aiheutuneet ongelmat käydään työssä läpi ja sitä kautta päästään tarkastelun lopussa paneutumaan pinnan tasauksen työnaikana toteutuneeseen uudelleen suunnitteluun. Tien päällystymisen uudelleensuunnittelun lähtökohtana oli tasauksen optimointi, jotta päästiin sopivaan massatasapainoon jyrkinnän ja päällystetyön osalta. Vanhan päällysteen pinnan kartoitus ja suunnittelu on pyritty tuomaan esille kuvin ja selostein, samalla päästään käsiksi suunnittelutyön vaatimiin resursseihin.

Opinnäytetyön tarkoituksena on myös tuoda esille rakentamisen vastuullisuutta kestävästä kehityksen näkökulmasta. Opinnäytetyössä on tarkoituksellisesti otettu esiin tilaajan ja urakoitsijan näkemyksiä suunnitelmien ja toteutuksen osalta, jotta pystyttiin osoittamaan havainnollisesti myös tilaajan toteamat epäkohdat. Rehellisen ja avoimen toteutustavan luominen hankkeessa auttoi molempia osapuolia saavuttamaan laadullisesti ja kustannustehokkaasti hyvän lopputuloksen.

2 TIEN SUUNNITTELU

Tien suunnittelun lähtökohtana on sen käytölle asetetut tarpeet ja sovitut suunnitteluperusteet. Tarpeet muodostuvat tien käyttäjien määrästä ja arvioituista laskennallisista käyttäjämäärien lisääntymisestä. Suunnitteluperusteissa otetaan huomioon tien käytössä sille tuleva kuormitus. Liikenneväylien suunnittelua ja mitoittamista tehtäessä ohjaavat niitä perusarvot. Nämä perusarvot määräytyvät tietyypin, tien merkityksen, liikennemäärien, liikenteenluonteen ja koostumuksen, paikallisten olosuhteiden sekä suunniteltujen nopeuksien perusteella. Tiehanketta suunniteltaessa on huomioitava sen toimivuus käyttäjän, ympäristötekijöiden, rakentamisen ja kestävän kehityksen näkökulmasta, jotta päästään toimivaan ja kestävään lopputulokseen. (Saarelainen, Loukkaanhuhta, Härö, Granlund, Mero, Hämäläinen & Rynänen 2013, 8.)

Tien saneerauskohteissa, joissa tien linjausta ei pystytä muuttamaan tai se ei ole järkevää jo olemassa olevan infrastruktuurin kannalta, keskitytään enemmän tien palvelutason parantamiseen. Liikenneväylien suunnittelua ohjaavat Liikenneviraston asettamat normit ja ohjeet.

2.1 Palvelutaso

Palvelutasoa mitataan eri maissa maakohtaisiksi sovelletuilla mittareilla. Usein perusteena käytetään amerikkalaista HCM-teosta (Highway Capacity Manual). Palvelutarkastelujen tekemiseen käytetään maakohtaisia ohjeistuksia ja tietokoneohjelmia, joissa on muokattu esimerkiksi palvelutason luokkarajoja, mallien parametrejä ja palvelutasomittareita. Suunnittelussa käytettävät mitoittavat liikennetilanteet ovat myös maakohtaisia, jotta ne vastaisivat kunkin maan valitsevia liikenneolosuhteita. Suomessa on käytössä IVAR-ohjelmisto (Investointihankkeiden vaikutusten arviointiohjelmisto), jossa on juuri viimeisimmän HCM-painoksen HCM2000-käsikirjan mukaiset Suomen olosuhteisiin muokatut mallit. IVAR-ohjelmistoa käytetään apuvälineenä tiehankkeiden suunnittelussa ja sillä pystytään muun muassa tarkastelemaan tulevien hankkeiden ja suunnitelmien käytännön vaikutuksia. (Ojala, Enberg & Luttinen 2007, 5.)

Palvelutason mittauksen pohjana ovat pääasiallisesti tien käyttäjän kokemukset. Tyypillisiä tien käyttäjän havaitsemia ongelmia ovat liikenteen sujuvuus, tien poikittais- ja pituussuuntainen epätasaisuus, keväällä esiintyvät routahei-

tot, painumien aiheuttamat kallistuksen muutokset, päällysteeseen tulleet halkeamat ja reiät sekä tien pitkittäissuuntainen urautuminen. (Lehtonen, Kallionpää, Salo, Onninen, Immonen, Manelius 2004, 10.)

Palvelutaso vaikuttaa myös muuhun kuin tien käyttäjän liikenneturvallisuuteen, ajonopeuteen ja ajomukavuuteen. Epätasainen ja vaurioitunut tie lisää liikenteen aiheuttamaa melua, joka häiritsee tien käyttäjää sekä sen lähistöllä asuvia. Huono palvelutaso vaikuttaa myös kunnossapitoon ja sen kustannuksiin, jotka voivat koitua ajan kuluessa odottamattoman kalliiksi. Urautumisesta ja kaltevuuden muutoksista aiheutuva veden kertyminen tielle lisää vesiliirron mahdollisuutta ja on täten vaaraksi liikenneturvallisuudelle. Raskaalle liikenteelle erittäin haitallista on pituussuuntainen epätasaisuus, se alentaa ajonopeuksia, heikentää ajomukavuutta sekä voi aiheuttaa kuorman rikkoontumista. Tierakenteen palvelutason ylläpitäminen ja sen muutoksiin vastaaminen on haasteellista, mutta oikeilla ratkaisuilla ja materiaaleilla sekä hyvällä kunnossapidolla saadaan turvattua kestävä ja toimiva tieverkosto. (Lehtonen, Kallionpää, Salo, Onninen, Immonen, Manelius 2004, 10.)

2.2 Tierakenteen kuormitukset

Suurimmat kuormitukset tierakenteeseen aiheutuvat liikenteestä ja roudasta. Nämä otetaan huomioon tierakenteen suunnittelussa ja mitoituksessa. Tierakenteen paksuudella, hyvällä kuivatuksella ja oikeilla materiaalivalinnoilla estetään roudan haitalliset vaikutukset tierakenteessa ja saadaan estettyä kuormituksista aiheutuvat muodonmuutokset päällysrakenteessa. Tien käytön suurin kuorma syntyy liikenteestä, eli siellä liikkuvista ajoneuvoista. Etenkin raskaat kuljetusajoneuvot, joiden sallittu yhdistelmäpaino ja -pituus ovat kasvaneet ajoneuvojen kehityksen myötä, aiheuttavat suuria kuormia. Tämän lisäksi automäärä teillämme on kasvanut yli kolminkertaiseksi viimeisen 30 vuoden aikana (kuva 1). Nämä seikat aiheuttavat kulumista ja vaurioita etenkin vanhemmalle tieverkostolle, jota ei ole suunniteltu vastaamaan nykypäivän liikenteen aiheuttamia rasituksia.

Vuosi	Henkilöautot	Pakettiautot	Kuorma-autot	Linja-autot	Muut	Yhteensä
1940	8 824	1 391	14 464	2 482	0	27 161
1950	26 814	3 299	26 512	3 539	1 092	61 256
1960	183 409	19 751	45 839	5 778	2 115	256 892
1970	707 218	56 220	45 881	8 093	4 971	822 383
1980	1 218 014	95 609	52 227	8 933	8 726	1 383 509
1990	1 926 326	207 226	54 269	9 287	20 621	2 217 729
2000	2 120 749	236 290	64 820	9 811	16 917	2 448 587
2010	2 858 244	343 343	116 476	13 607	12 646	3 344 316
2014	3 172 735	400 396	137 285	16 202	11 923	3 738 541

Kuva 1. Automäärän kehitys (Autoalan tiedotuskeskus)

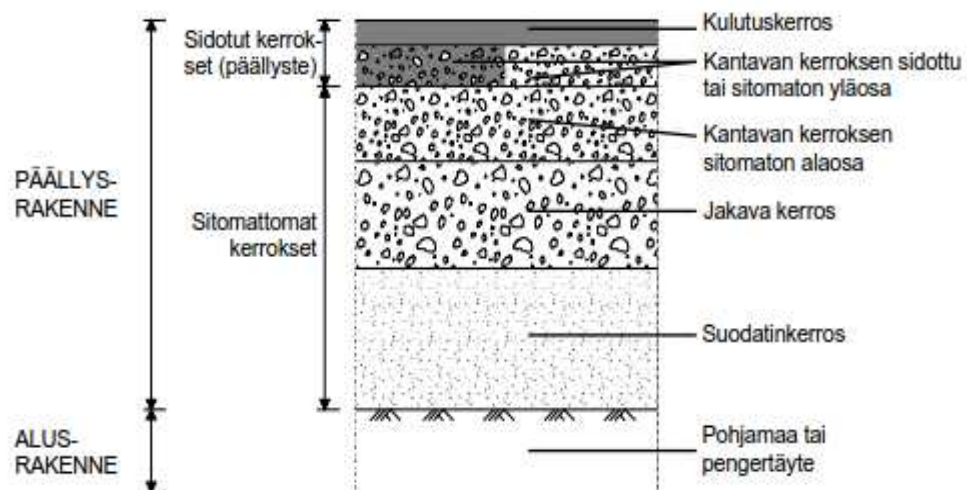
Suomen oloissa vuodenajoista johtuvat lämpötilaerot ja sään vaihtelut aiheuttavat tietä kuormittavia ja rasittavia ympäristötekijöitä. Näitä ovat routa, lämpötilan muutokset, sade, lumi, lumen sulaminen ja auringon säteily. Etenkin talvesta johtuvat kunnossapitotoimet, kuten tien suolaus ja auraus, ovat toimenpiteitä, jotka lisäävät ympäristötekijöiden kuormituksia. Tierakenteet ovat erityisen alttiita roudalle, sillä talvisin roudan tunkeutumista hidastava lumipeite joudutaan auraamaan tieltä pois. Huonosti kuivatetussa tierakenteessa routa voi vaurioittaa päällysrakennetta. Rakenteeseen kapillaaristi nouseva vesi laajenee jäätyessään ja voi näin ollen aiheuttaa tierakenteeseen pysyviä muodonmuutoksia ja kantavuuden heikentymistä. Routineet tien kohdat näkyvät etenkin keväisin epätasaisuuksina tien pinnassa. (Lehtonen, Kallionpää, Salo, Onninen, Immonen, Manelius 2004, 13.)

3 TIERAKENNE

Suomen maaperän pohjaolosuhteet vaihtelevat paljon, mikä aiheuttaa kaikelle rakentamiselle omat haasteensa. Etenkin tien rakentamisessa, jossa rakennetaan laajalle alueelle, maaperäolosuhteet vaihtelevat hyvinkin paljon. Suomen kallioperä on hyvin pienipiirteistä ja kantavat pohjamaat voivat sijaita hyvinkin syvällä tai sitten liian pinnassa. Tielinjausta suunniteltaessa pyritäänkin pääsemään maaperätutkimusten ja tien pituusprofiilin tarkan suunnittelun avulla optimaaliseen massatasapainoon, eli tiealueen leikattavat ja pengerrettävät maa-alueet olisivat tasapainossa toistensa suhteen. Tien tasausta suunniteltaessa pystytään vaikuttamaan laskennalliseen massatasapainoon ja sitä voidaan vielä tarkentaa sekä optimoida hieman rakentamisen aikana otetaan

huomioon kuitenkin rakennustekniset vaatimukset. Hyvin suunnitellulla tasa-uksella säästytään rakentamisen aiheuttamilta muuhun ympäristöön haitallisilta sivuvaikutuksilta, esimerkiksi maan siirrosta aiheutuvilta raskaan ajoneuvon kuormituksilta.

Kallio on tärkeimpiä tierakenteen rakennusmateriaaleja. Kalliosta saadaan louhimalla hyvää rakennusmateriaalia jokaiseen tienrakentamisen rakennusvaiheeseen. Isoimmat kiviainekset käytetään löyhien maakerrosten massanvaihtoihin sekä louhepenkereisiin. Rikottamalla ja murskaamalla kalliota siitä saadaan rakennusaineet jakavaan ja kantavaan kerrokseen sekä myös kiviaines asfalttiin. Kuvassa 2 on esitelty tien rakennetta, päällysrakenne sekä sen alla oleva ns. alusrakenne, joka on joko leikattu luonnonmaapohja tai täytönä tehty pengeri.



Kuva 2. Tien kerrosrakenne (Belt, Lämsä, Savolainen & Ehrola 2002)

3.1 Pohjamaa

Ennen tien suunnittelua on tielinjalla suoritettava kohteessa tarpeenmukaiset pohjatutkimukset sekä kartoitettava olemassa olevien maalajien laadut ja niiden kerrospaksuudet. Pohjatutkimukset tehdään yleensä kairaamalla. Samalla otetaan maanäytteitä joko kairaamalla, poraamalla tai kaivamalla kaivinkoneella koekuoppia ja ne tutkitaan geolaboratoriossa. Koekuoppia kaivamalla ei saada näytteistä häiriintymättöminä, joten niistä ei saada todettua maan lujuutta laboratoriotutkimuksissa yhtä tarkasti kuin häiriintymättömistä eli luonnontilaisista maanäytteistä.

Löyhien maakerrosten kuten saven tai savisen siltin päälle rakennettaessa on huomioitava niiden tuleva kokoonpuristuminen. Löyhä maakerros alkaa kuormituksen lisääntyessä konsolidoitumaan eli se alkaa painumaan kasaan ja samalla siitä puristuu ylimääräinen vesi pois huokostilavuuden pienentyessä. Maaperän painuminen on huomioitava suunnittelussa ja on tehtävä tarvittavat toimenpiteet. Jos maa-aineksia ei ole mahdollisuus tai se ei ole kannattavaa vaihtaa kantaviin kitkamaihin massanvaihdolla, niin pinnan painuminen voidaan estää tekemällä paalulaatta betonista, jossa kantavat paalut lyödään aina kantavaan maaperään asti tai kuormat otetaan vastaan kitkapaaluilla. Löyhä maa-aines voidaan myös stabiloida eli vahvistetaan maa-aines sekoittamalla siihen sideaineita, jotka ovat tyypillisesti sementti- tai kalkkipohjaisia ja saattavat sisältää myös plussementtiä, masuunikuonaa, lentotuhkaa tai kipsiä. Yksi tapa ehkäistä painumia on maaperän ennenaikainen ylikuormittaminen, joka on yksi esikonsolidointimenetelmistä. Maaperätutkimusten johdosta oletettava painuma-alue kuormitetaan esimerkiksi tierakenteeseen käytettävällä murskeella, josta tehdään painopenkka. Painopenkan käytön huonona puoleena voidaan pitää sen vaatimaa aikaa, sillä se vaatii usein kuukausia.

3.2 Suodatinkerros

Suodatinkerrosta käytetään, kun rakennetaan hienojakoisen pohjamaan päälle ja sen tehtävänä on päällysrakenteen paksuuden kasvattamisen lisäksi estää pohjamaan ja kantavien kerrosten sekoittuminen keskenään. Suodatinkerros rakennetaan suunnitelmien mukaan kaivetun alimman rakenne pinnan (ARP) päälle siten, ettei se pääse sekoittumaan pohjamaan kanssa. Suodatinkerroksessa käytetään puhdasta hiekkaa, eikä siinä saa esiintyä savea tai eloperäistä maa-ainesta kuten humusta. Suodatinkerroksen paksuus vaihtelee kohteesta riippuen ja sen rakeisuusvaatimukset karkeamman kiviaineksen osalta riippuvat sen kerrospaksuudesta. Alle 0,5 metrin täytössä maksimi rakekoko on 31,5 mm ja yli 0,5 metrin täytössä saa olla 31,5- 200 mm rakeita korkeintaan 5 % painosta. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

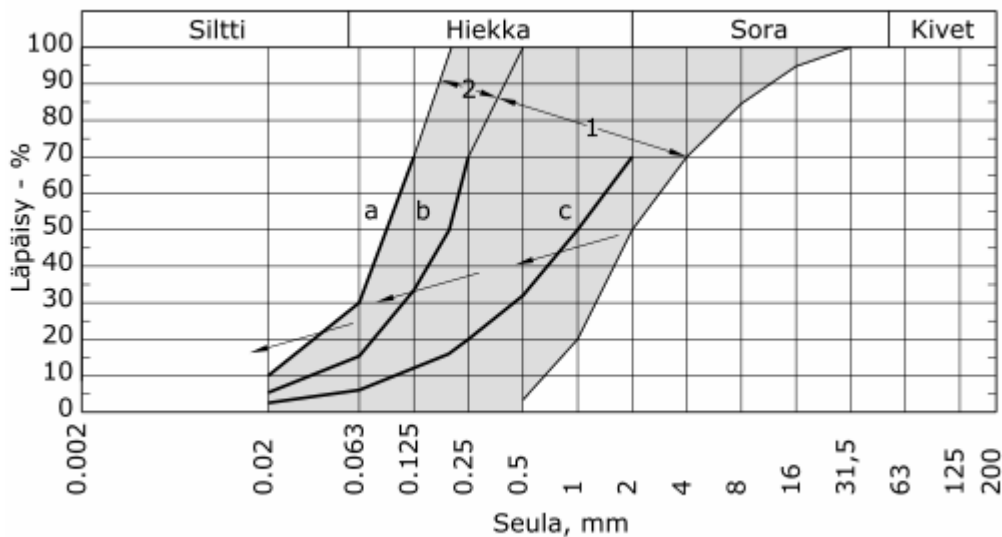
Suodatinkerroksen materiaalin tulee täyttää kuvan 3 kaavassa olevat ehdot, jossa d_{20} on läpäisyprosenttia vastaava rakekoko millimetreinä.

$$\frac{d_{20} \text{ eristys/suodatin}}{d_{20} \text{ pohjamaa}} \leq 40$$

$$\frac{d_{20} \text{ jakava}}{d_{20} \text{ eristys/suodatin}} \leq 40$$

Kuva 3. Suodatinkerroksen materiaalin laskentakaava (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

Kuvassa 4 on esitetty ohje suodatinkerroksen materiaalin valintaan. Suodatinkerroksen rakeisuuskäyrä tulee yleensä olla alueella 1, mutta alue 2 sallitaan, jos suunnitelma-asiakirjoissa on niin todettu ja rakennuspaikka on hyvin kuivattu. Rakeisuuskäyrän tulee noudattaa raja-alueen reunan muotoja, eikä se saa ylittää raja-alueiden paksuja viivoja nuolen suunnassa. Mikäli päällysrakenteen paksuutta ei tarvitse lisätä voidaan suodatinkerros jättää pois. Tällöin kerrosten sekoittuminen voidaan estää suodatinkankaalla. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

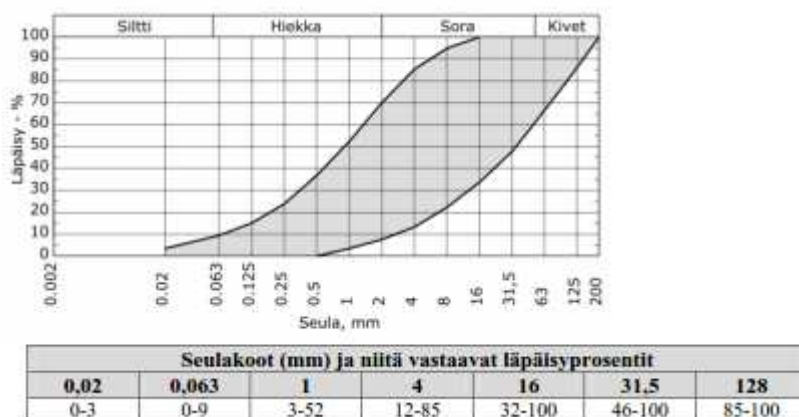


Kuva 4. Suodatinkerroksen materiaalin rakeisuusvaatimukset (Rakennustietosäätiö RTS 2016, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

3.3 Jakavakerros

Mikäli päällysrakenteen paksuutta ei tarvitse lisätä voidaan suodatinkerros jättää pois. Tällöin kerrosten sekoittuminen voidaan estää suodatinkankaalla. Tierakenteen pääperiaatteena on, että se rakennetaan kerroksittain routimat-

tomista maa- aineksista. Jokaisen kerroksen alla tulee olla hyvin vettä läpäisevä kerros, jolla estetään veden kertyminen tien välikerrokseen ja saadaan näin pidettyä tierakenne kuivana. Näin rakennekerrokset eivät pääse kyllästyään vedellä, joka aiheuttaa kantavuuden heikentymistä sekä routimista. Jakavan kerroksen tehtävänä on jakaa kuormat kantavan kerroksen ja pohjajalteen välillä. Jakavakerros tehdään tasalaatuisesta ja puhtaasta murskeesta tai sorasta, jotka täyttävät vaatimukset teknisiltä ominaisuuksiltaan. Luonnonsorasta ja kalliomurskeesta tehtävän jakavankerroksen rakeisuusvaatimukset varmistetaan pesuseulonnalla. Luonnonsorasta tutkitaan 0,02 mm seulan läpäisy prosentti hydrometrikokeella vain, jos hienoainespitoisuus eli 0,063 mm seulan läpäisy on 5- 9 paino- % (kuva 5). Jos kerrospaksuuden sallimien maksimiraekokoa suurempien tai halkaisijaltaan yli 150 mm:n kivien paino-osuus on yli 5 %, niin materiaali joudutaan seulomaan. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)



Kuva 5. Jakavaan rakennekerrokseen käytettävän luonnonsoran rakeisuusvaatimukset (Rakennustietosäätiö RTS 2016, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

Sora- tai kalliomurskeesta tehtävän jakavan kerroksen standardin mukaiset rakeisuusvaatimukset ovat 0/32, 0/40, 0/45, 0/56, 0/63 ja 0/80. Suurirakeisempia 0/90, 0/125, 0/180, 0/250 murskeita voidaan myös käyttää, kunhan siitä ei ole haittaa työn aikaiselle liikkumiselle ja valmiin kerroksen laatuvaatimukset täyttyvät. Etenkin kalliomurskeesta tehdyt karkeammat materiaalit ovat hyvin yleisesti käytettyjä rakennusmateriaaleja jakavassa kerroksessa. Jakavaan kerrokseen käytettävä kiviaines valitaan yleensä kohdekohtaisesti ja siihen vaikuttaa kiviaineksen saatavuus, laadulliset vaatimukset ja kerrospaksuus. Enimmäisraekokona pidetään puolta kerralla tehtävän jakavan kerroksen ker-

rospaksuudesta. Laatuvaatimukset ovat hyvin lähellä toisiaan hienoainespitoisuuksien osalta verrattuna luonnonsoran jakavaan kiviainekseen, sillä jakavaan kerrokseen käytettävän kalliomurskeen hienoainespitoisuus eli 0,063 mm:n seulan läpäisevä osuus saa olla korkeintaan 7 paino-% ja soramurskeen korkeintaan 9 paino-%. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

Työkohteista riippuen voidaan joskus tehdä yhdistelmä rakenteita, jolloin esimerkiksi ohut jakava kerros tehdään yhtäaikaisesti kantavan kerroksen kanssa kantavan kerroksen kiviaineksista. Toinen yhdistelmä rakenne voidaan tehdä katurakenteissa, jossa suodatinhiekkä korvataan jakavan kerroksen soral-la. Tämä edellyttää, että tukirakenteen kokonaispaksuutta ei pienennetä ja päällysrakenteen pohjalle asennetaan suodatinkangas. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

Tierakennetta tehtäessä tulee huomioida laatuun vaikuttavat tekijät. Kiviainek-sien lajittuminen tapahtuu etenkin karkeimmilla materiaaleilla helposti, jos sitä joudutaan liikuttelemaan useasti. Karkeampi kiviaines jää helposti kerroksen pintaan, jolloin kerros ei ole enää homogeeninen, ja tämä aiheuttaa ongelmia rakenteen tiiveyden saavuttamisessa. Kerralla tehtävät kerrospaksuudet pitää sopeuttaa vaatimusten mukaisiksi tiivistyskaluston ja rakennusmateriaalin ominaisuuksien mukaan. Yksi tierakenteeseen ja jakavaan kerrokseen vaikut-tava tekijä, joka tulee huomioida, on rakentamisen aikainen työmaaliikenne. Raskailla ajoneuvoilla ajettaessa ilman sidottuja kerroksia työmaatiet urautu-vat helposti ja tämä aiheuttaa epätasaisen tiiveyden tierakenteessa. Työn ai-kaisessa liikenteessä on hyvät puolensa tiiveyden ja kantavuuden kannalta, mutta se pitää ohjata hallitusti koko tierakenteen osalle.

Rakenteen laatua seurataan kerroksittain mitattavilla kantavuus ja tiiveysko-keilla sekä pintojen korko- ja sijaintimittauksilla. Laatu- ja toleranssivaatimuk-set tiukentuvat, mitä lähemmäs valmista pintaa mennään. Laatuvaatimukset todetaan ja varmistetaan työkohtaisesti valitulla tavalla. Pinnan muodot ja kor-kotasot tarkistetaan takymetrimittauksella ja kantavuudet sekä tiiveydet tarkis-tetaan usein esimerkiksi levykuormituskokeella, pudotuspainolaitteella tai pa-rannetulla Proctor- kokeella (kuva 6). (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1
< 125	$\leq 2,2$
125 - 134	$\leq 2,3$
135 - 144	$\leq 2,4$
145 - 154	$\leq 2,5$
155 - 164	$\leq 2,6$
165 - 174	$\leq 2,7$
175 - 184	$\leq 2,8$
≥ 185	$\leq 2,9$

Kuva 6. Levykuormituslaitteella jakavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset (Rakennustietosäätiö RTS 2016, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

3.4 Sitomaton kantava kerros

Sitomattomilla kantavilla kerroksilla tarkoitetaan tierakenteen kulutuskerroksen ja jakavan kerroksen väliin tulevaa kallio- tai soramurskeesta tehtyä kerrosta. Kuten jakavassa kerroksessa materiaalin tulee olla tasalaatuista, eikä se saa sisältää epäpuhtauksia, ympäristölle haitallisia aineita sekä kiviaines ei saa olla rapautunutta tai rapautumisherkkää. Kantavan kerroksen materiaalien hienoainespitoisuuksien maksimi-arvot ovat samat kuin jakavassa kerroksessa, kalliomurskeella 7 % ja soramurskeella 9 %. Kantavaan kerrokseen käytettävien murskemateriaalien rakeisuus on yleensä hieman pienempi kuin jakavassa kerroksessa. Standardoidut murskerakeisuudet ovat 0/D: 0/32, 0/40, 0/45, 0/56 ja 0/63. D vastaa enimmäisraekoon läpäisyprosenttia, jonka on oltava 85-99 % ja 1,4D läpäisyprosentti 100 %. Murskelaaduista käytetään yleensä lyhenteitä, murskerakeisuuden eteen laitetaan yleisesti lyhenne joko KaM, joka tarkoittaa kalliomursketta, tai SrM, joka tarkoittaa soramursketta. Kantavan kerroksen kiviaineksen iskunkestävyyttä ja rapautumisherkkyttä testataan Los Angeles- testin ja kuulamylykokeiden avulla.

Seula, mm	Raekoko, mm ja rakeisuusluokka							
	0/32		0/40		0/45		0/56 ja 0/63	
	G _O	G _A	G _O	G _A	G _O	G _A	G _O	G _A
0,5	5...15	5...15	5...15	5...15	5...15	5...15	-	-
1	11...21	15...30	11...21	15...30	11...21	15...30	5...15	5...15
2	17...28	22...33	17...28	22...33	17...28	22...33	11...21	15...30
4	26...38	30...42	26...38	30...42	-	-	17...28	22...33
5,6	-	-	-	-	26...38	30...42	-	-
8	39...51	43...57	-	-	-	-	26...38	30...42
10	-	-	39...51	43...57	-	-	-	-
11,2	-	-	-	-	39...51	43...57	-	-
16	58...70	63...77	-	-	-	-	39...51	43...57
20	-	-	58...70	63...77	-	-	-	-
22,4	-	-	-	-	58...70	63...77	-	-
31,5	-	-	-	-	-	-	58...70	63...77

Kuva 7. Kantavan kerroksen murskeiden tyyppirakeisuuden ja rakeisuustulosten keskiarvojen sallittu vaihteluväli (Rakennustietosäätiö RTS 2016, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

Taulukossa esitetään rakeisuuskäyrän muotoa ja ohjealueen leveyttä, jossa yleisemmin Suomessa käytetty G_O tarkoittaa avointa rakeisuutta ja kapeaa ohjealuetta, kun taas Euroopassa yleisemmin käytetty G_A tarkoittaa normaalia, kapeaa ohjealuetta (kuva 7). Rakeisuusluokka valitaan kuitenkin aina hankekohtaisesti. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

Ennen sitomattoman kantavan kerroksen levitystä, kuten muissakin rakennekerroksissa, on varmistettava levitettävän alustan pintojen tasot ja sijainnit. Korkojen vaihtelu jakavan kerroksen pinnassa voi vaikuttaa heikentävästi kantavan kerroksen ja lopputuloksen laatuun. Materiaalimenekki voi kasvaa merkittävästi tai kantavan kerroksen paksuusvaatimukset eivät täyty. Sitomattoman kantavan kerroksen paksuudet vaihtelevat yleisimmin kohteesta riippuen 150-300 mm välillä, joten ohuemmat kerrospaksuudet vaativat pohjalta aina tarkempaa suorutta jotta päästään mahdollisimman homogeeniseen rakenteeseen. Talviolosuhteet on huomioitava tarkoin maanrakentamisessa. Jää ja lumi on aina poistettava rakenteesta ennen sen päälle rakentamista ja sulanut rakennekerros on tiivistettävä aina uudelleen ennen uuden kerroksen levittämistä. Jäässä olevista vettä sisältävistä materiaaleista ei voi rakentaa valmiita kerroksia pakkasella.

Sitomattoman kantavan kerroksen levittäminen tierakenteeseen tehdään yleensä puskukoneella tai tiehöylällä. Levitysvaiheessa on vaarana

kiviaineksen lajittuminen, ja tämä työvaihe vaatii erityistä tarkkaavaisuutta ja työkoneen kuljettajalta ammattitaitoa. Murske kuljetetaan tielinjalle yleensä kuorma-autolla tai Dumpperilla, joiden lavalta se valutetaan tasaiseksi, kohteesta riippuen eripaksuiseksi, murskematoksi. Murskeen levitys- ja muotoiluvaiheessa on pyrittävä mahdollisimman vähään murskeen liikutteluun, sillä se lisää kiviaineksen lajittumisriskiä siten, että hienempi kiviaines jää kerroksen pohjalle ja karkeampi erottuu pintaan. Levitystyön tarkkuus on tärkeää myös siksi, että jos kiviainesta joudutaan lisäämään virheellisen korkotason, epätasaisuuden tai lajittumisen takia, on jo kerran tiivistetty kerros sekoitettava uudelleen. Päästääkseen homogeeniseen rakenteeseen tulee uudelleen tiivistettävän kerroksen paksuuden olla vähintään kaksi kertaa kiviaineksen enimmäisraekoko. Esimerkiksi jos pinta on jäänyt suunnitellusta korosta -20 mm ja kiviaines on KaM 0/56, on kerran tiivistetty kerros sekoitettava syvyydeltä 56 mm * 2 + 20 mm (lisätty kiviaines) = 92 mm. (Rakennustietosäätiö RTS 2016.)

Ominaisuus	Sallittu poikkeama
Rakenteen yläpinnan tasosijainti	
Poikkeama vaakasuunnassa	- 0/+ 150 mm
Em. poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	100 mm
Rakenteen yläpinnan korkeustaso	
Yksittäinen poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan ¹⁾	± 20 mm
Yksittäisen poikkeaman muutos 20 m:n matkalla	± 10 mm
Keskiarvon poikkeama kohtisuoraan pintaa vastaan	
Rakenteen yläpinnan kaltevuuden poikkeama	± 0,5 %-yksikköä
Tasaisuus 3 m:n oikolaudalla mitattuna	12 mm

¹⁾ Tähtäysmerkkien ja mittakepin avulla mitataan poikkeama kohtisuoraan pintaa vasten, mutta takymetrimittauksessa poikkeama pystysuuntaan.

Kuva 8. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat (Rakennustietosäätiö RTS 2016, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

Murskeen lisäkastelu ennen sen levittämistä on hyvä tapa estää kiviaineksen lajittumista. Hienoaines pysyy kostuessaan paremmin kiinnittyneenä irtokiviaineksessa paikallaan eikä näin ollen pääse lajittumaan. Jos kiviaines on kuivaa, kastelua on tehtävä myös rakenteen tiiveyden saavuttamisen takia. Lisäkastelua tehtäessä on otettava huomioon murskeen kosteus ja sääolosuhteet, jotta välttyttäisiin liikakastelulta. Murskeen optimaalinen kosteus antaa sille hyvät työstö- ja tiivistysominaisuudet, mutta liikakastelulla kiviaines

voi ns. peseytyä puhtaaksi hienoaineksista tai rakenne voi jopa kyllästyä vedellä, jolloin sen tiiveys ja kantavuusominaisuudet heikkenevät. Esimerkiksi rankkasateen sattuessa on rakenteen annettava ensin kuivua rauhassa ennen lopullista tiivistämistä, jotta siitä saadaan laadunvarmistuksen yhteydessä mitattua luotettavat kantavuus- ja tiiveyskokeet. Tiivistystyössä on myös huomioitava ohjeellinen tiivistyskertojen määrä, sillä liika tiivistäminen voi aiheuttaa jopa maa-aineksen löyhtymisen.

Kantavan kerroksen laadun todentaminen tapahtuu korkojen ja sijainnin osalta 20 m:n välein kummaltakin ajoradalta, kun taas kantavuus ja tiiveys mitataan yleensä keskimäärin 100 m:n välein kummaltakin ajokaistalta (kuva 9).

Mittaustavat ja vaatimukset voivat vaihdella hankekohtaisesti, mutta pääsääntöisesti mittaustuloksista tehdään laatukansioon mittauspöytäkirja tai vastaava tarkastuspöytäkirja vaaditun laadun todentamiseksi (liite 1 ja 2).

Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1
< 145	$\leq 1,7$
145...159	$\leq 1,8$
160...174	$\leq 1,9$
175...189	$\leq 2,0$
190...204	$\leq 2,1$
205...219	$\leq 2,2$
220...234	$\leq 2,3$
≥ 235	$\leq 2,4$

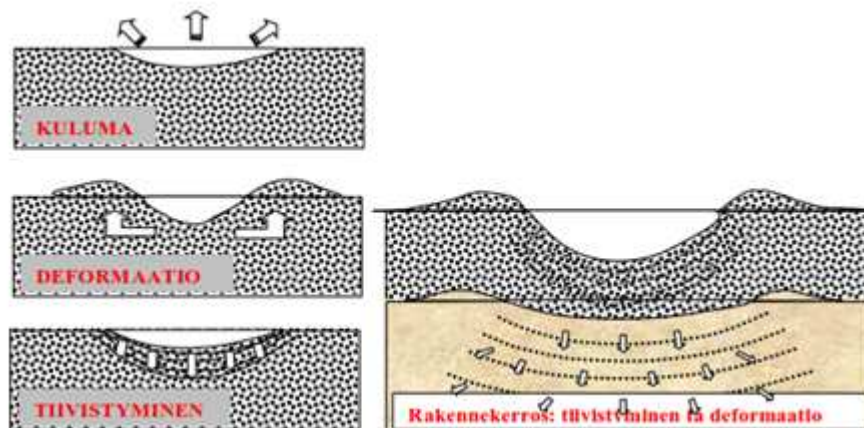
Kuva 9. Pudotuspainolaitteella sitomattoman kantavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset (Rakennustietosäätiö RTS 2016, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.)

Murskeen ominaisuuksiin ja sen laatuun vaikuttaa myös hyvin paljon se, että millaisissa olosuhteissa murske on murskattu ja välivarastoitu. Murskekasan varastoiminen ja sen tekotapa vaikuttavat tuotteen loppulaatuun. Murskekasa tulee tehdä kerroksittain porrastamalla, jolla estetään sen lajittuminen jo varastoinnin ja sen lastauksen aikana. Porrastaminen estää irtokiviaineksen liikkumisen ja valumisen kasassa sitä purettaessa alhaalta päin. Talviaikaan tehdyn murskauksen aikana, saattaa murskeen välivarastointia tehtäessä

kasaan jäädä lunta ja jäätä kerroksittain. Tämä on kosteuden kannalta hyvä asia, mutta se on otettava huomioon rakennekerroksia tehtäessä, että niihin ei pääse jäätyneitä tai lumisia kiviaineksia.

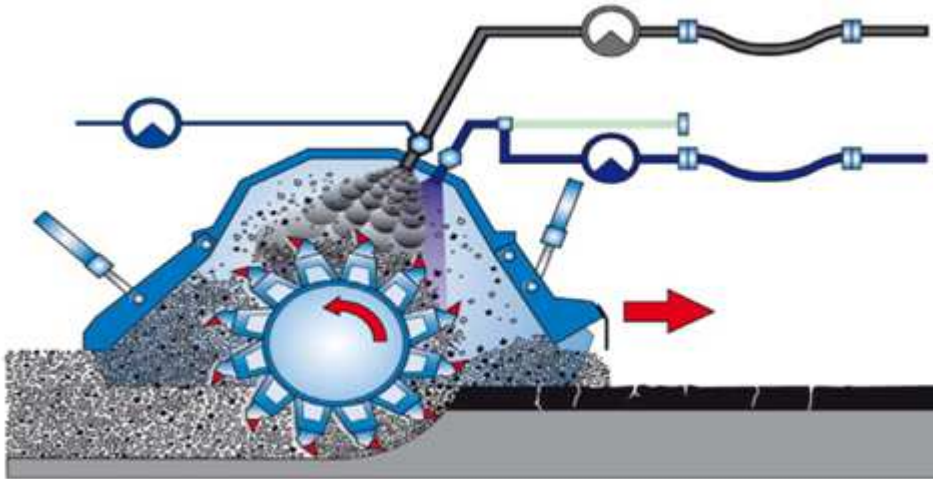
3.5 Sidottu kantava kerros

Tierakenteen kantavuutta lisäämään tehdään usein sidottu kantava kerros, ennen lopullista päällystettä tai kulutuskerrosta. Yleisin, etenkin uudiskohteissa, sidotun kantavan kerroksen materiaali on asfalttibetoni (ABK), joka on karkeammasta kiviaineksesta (yleisin käytetty KAM 0/32) bitumilla sidottu n. 60-80 mm:n vahvuinen asfalttikerros. Sidottu karkea kiviaines ottaa vastaan liikenteen aiheuttamat kuormitukset ja samalla ehkäisee deformaatiota eli pysyvien muodonmuutosten syntymistä sitomattomissa kerroksissa (kuva 13).



Kuva 10. Urautuminen, deformaatio ja tiivistyminen päällysteessä ja kantavassa kerroksessa (Laaksonen, Kivikoski, Pienimäki, Korkiala-Tantt & Törnqvist 2004)

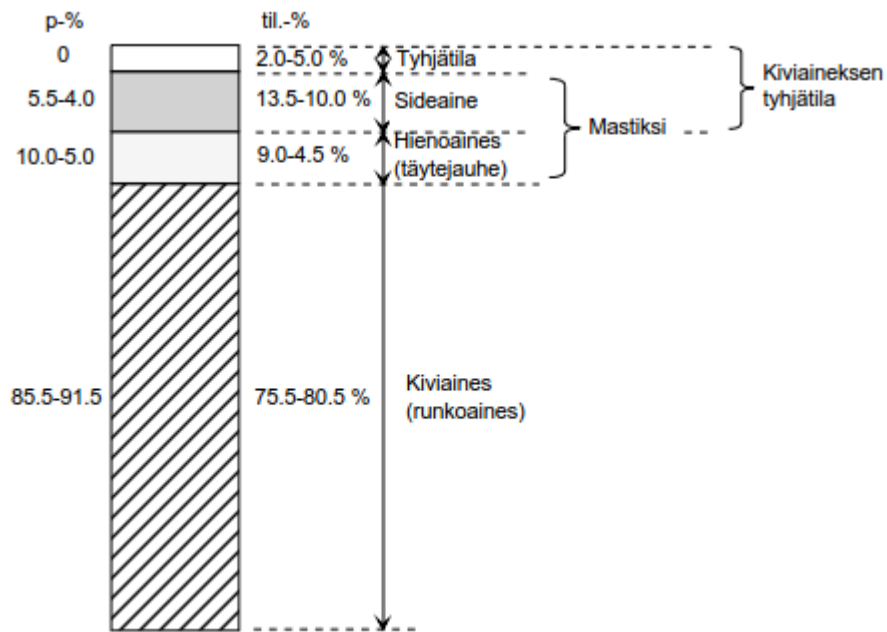
Sidottua kantavaa kerrosta pystytään tekemään myös stabiloimalla. Stabiloinnissa sekoitetaan lisäsideaineita kerrosrakenteeseen paikalla – tai asemasekoitusmenetelmällä. Paikallasekoitusmenetelmällä tehtävällä stabiloinnilla on useita vaihtoehtoja, sillä lisäsideaine voidaan sekoittaa jyrittyyn vanhaan päällysteeseen, sidottuun tai sitomattomaan kantavaan kerrokseen, jakavaan kerrokseen tai osiin niistä (kuva 11). Samalla voidaan kerrokseen sekoittaa lisää kiviainesta. Asemasekoituksessa stabilointimassa tehdään sekoitusasemalla valmiiksi ja sen levitys tapahtuu kohteessa asfalttilevittimillä.



Kuva 11. Stabilointijyrsimen rumpu (Laaksonen, Laukkanen 2007)

Etenkin saneerauskohteissa, joissa tien vanhat rakenteet ovat heikkolaatuisia, stabilointi on hyvä keino saada tierakenteeseen lisää kantavuutta. Työvaiheessa saadaan samalla korjattua pinnan muoto- ja epätasaisuusvaurioita. Stabiloinnilla saadaan myös vähennettyä rakenteen routimisherkkyttä hienoaineksen sidonnalla. Stabiloinnissa käytetään useita eri sideaineita ja stabilointitavat nimetään käytettävän sideaineen mukaan. Stabiloinnissa käytettävät sideaineet ovat vaahdotettua tai emulgoitua bitumia, sementtiä, bitumin ja sementin yhdistelmää, masuunihiekkaa tai sementillä aktivoitua masuunihiekkaa. Bitumin ja sementin sideaineyhdistelmästä käytetään komposiittistabilointi nimitystä. (Eskola, Kallionpää, Lähde, Kasari, Nissinen, Määttänen, Ahola, Mäkikyry, Rämö, Kärkkäinen & Laukkanen 2007, 13 19.)

3.6 Asfalttipäällysteet



Kuva 12. Asfalttibetonikerroksen koostumus ja komponentit (Belt ym. 2002)

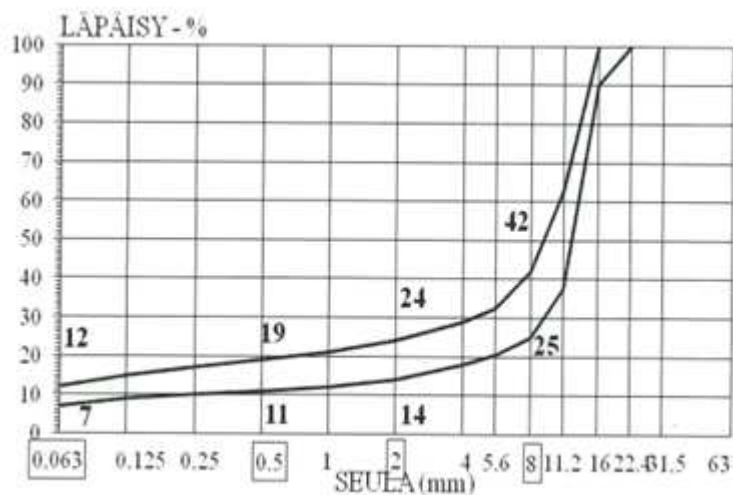
Asfaltti on yleisin tierakenteessa käytetty sidottu kulutuskerroksen päällyste. Asfaltti sopii hyvin tien päällysteeksi sen muunneltavuuden, kestävyuden ja työtekniisten ominaisuuksien ansiosta. Asfaltin laatua muunnellaan sen sideaineen bitumin ja kiviaineksen suhteutuksilla sekä siihen lisättävien lisäaineiden kuten selluloosakuitujen ja kumirouheen avulla. Näiden ominaisuuksien ansiosta pystytään optimoimaan jokaiseen rakennuskohteeseen teknisesti soveltuvin päällystetyyppi. On selvää, että vaatimukset päällysteessä, kuten muisakin rakenne kerroksissa, vaihtelevat kohteittain laskennallisten kuormitusten mukaan. Asfalttipäällysteen valintaan vaikuttaa sillä kulkevan liikenteen lisäksi ympäristötekijät, esimerkiksi pohjavedensuojaus alueet vaativat asfaltilta erityisiä ominaisuuksia veden läpäisevyyden estämiseksi.

Asfalttityyppejä on useita, mutta niistä yleisimmin käytetty on asfalttibetoni (AB), sitä käytetään kulutuskerrosten lisäksi kantavissa kerroksissa (ABK) sekä sidekerroksissa (ABS) (kuva 12). Korjauskohteissa, joissa tehdään tasauksia, paikkauksia ja massapintauksia, on asfalttibetoni käytetyin. Asfalttibetoneissa käytetyn kiviaineksen maksimiraekoko vaihtelee välillä 5 – 31 mm, asfalttibetonin tyyppitunnukseen lisätään aina maksimiraekoko, esimerkiksi AB 16-tunnus tarkoittaa asfalttibetonia 16 mm:n kiviaineksen maksimiraekolla. Päällystelaatan massamäärä määräytyy kiviaineksen raekoon mukaan. Näin

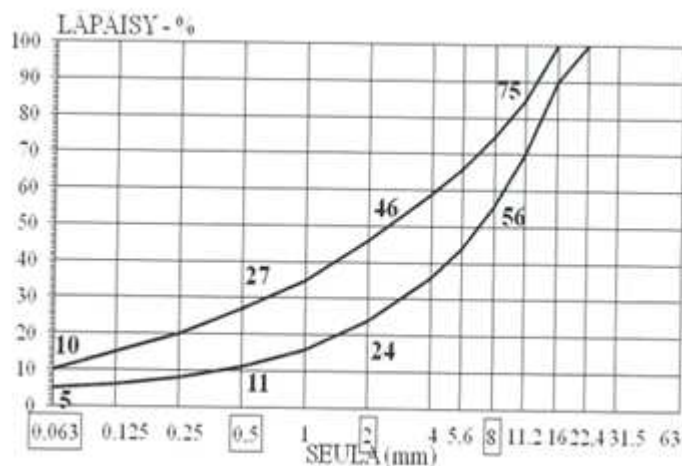
ollen päällystekerroksesta saadaan riittävän paksu suhteessa kiviaineksen maksimiraekokoon. Vakiopaksuisen päällystelaatan massamäärä AB 16: lla on 100...125 kg/m² ja ABK 31: llä se on 170...200 kg/m². Asfalttipäällysteen paksuuden pääperiaatteen on, että se on vähintään kaksi kertaa kiviaineksen maksimiraekokoa paksumpi. Suunnitelmissa käytetään usein massamäärän sijasta juuri päällysteen kerrospaksuutta, esimerkiksi AB 22/50-tunnuksessa viimeinen luku 50 tarkoittaa päällysteen kerrospaksuutta millimetreissä. Silta-rakenteissa päällystemäärä ilmoitetaan kuitenkin yleensä kilogrammoina neliötä kohden. Massamäärä ja kerrospaksuus ovat riippuvaisia toisistaan siten, että menekki 25 kg/m² vastaa 10 mm. (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 42.)

Asfalttimassan bitumin ja kiviaineksen suhteutuksilla ja niiden eri resepteillä saadaan asfaltin koostumus muokattua halutunlaiseksi. Jos halutaan hyvin deformatumista ja kulutusta kestävä päällystetty, on asfalttimassaan suunnitellun kiviaineksen rakeisuuskäyrän seurattava ohjeistuksessa annettua karkeampaa rajapintaa. Karkeasta kiviaineksestä valmistetuissa kestävässä päällysteissä on huomioitava ajomukavuuden ja säänkestävyyden heikkeneminen sekä ympäristöä kuormittavan rengasmelun kasvaminen. Pienemmälle kuormitukselle joutuvat, alueet kuten kevyenliikenteenväylät ja piha-alueet, päällystetään yleensä hienorakeisilla päällysteillä, joilla on parempi säänkestävyys korkeamman bitumipitoisuuden ansiosta. (Päällystealan Neuvottelukunta 2011)

Vilkkaimmin liikennöidyt tiet ja katualueet päällystetään yleensä kivimastik-siasfaltilla (SMA), joka on tehty lähes tasarakeiseksi murskatusta, korkealuokkaisesta ja karkeasta, vähintään 85 % kalliomursketta sisältävästä kiviaineksestä. Asfalttibetonin ja kivimastik-siasfaltin kiviaineksen rakeisuuskäyrät eroavat toisistaan, mikä on havainnollistettu kuvissa 13 ja 14. Kivimastik-siasfaltin ero asfalttibetoniin kiviaineksen lisäksi on siihen lisäaineena sekoitettava kuitu. Yleisin kuitu on selluloosakuitu, joka lisää bitumin sitovuutta. Näin saadaan asfaltille lisää kulutus- ja säänkestävyyttä kasvattamatta kiviaineksen raekokoa asfaltissa. (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 48.)



Kuva 13. Kivimastiksiasfaltin SMA 16 massan rakeisuuden ohjealue (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 70)



Kuva 14. Asfalttibetonin AB 16 massan rakeisuuden ohjealue (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 52)

Asfalttilaatuja on monenlaisia, mutta niiden tulee täyttää aina kohteeseen asetetut vaatimukset tekniset ja taloudelliset asiat huomioiden. Päällysteen valinnan merkitys tuli esiin Haminan Kirkkojärventien päällystystöissä, jossa vanhan vaurioituneen päällysteen päälle tehtiin uusi pintausta, ja tien rakennekerroksia korjattiin vain osittain. Pehmeäasfalttibetoni (PAB) valittiin tien päällysteeksi, koska tierakenteen oletettiin elävän tien levitysten ja routivuuden takia. Pehmeäasfalttibetoni sopi ominaisuuksiltaan vähäliikenteiselle tielle, koska siihen on lisätty lisäaineena tartukkeita esim. diamiinia, joka parantaa bitumin ja kiviaineksen keskinäistä tartuntaa. Tällä ominaisuudella pyritään ehkäisemään päällysteeseen tulevia halkeamia ja repeämiä, jotka aiheutuvat tierakenteen muodonmuutoksista. Halkeamat ja repeämät aiheuttavat päällysteen yh-

den tärkeimmän ominaisuuden menetyksen, eli veden pääsyn estämisen tie-rakenteeseen. (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 38.)

Tien vanhaa kulutuskerrosta voidaan hyvin käyttää uuden päällysteen alla si-dekerroksena. Tällöin korjaus on työteknillisesti nopeampi ja taloudellisempi suorittaa jos vanha päällyste poistetaan. Ennen uuden päällysteen levitystä on vanhan päällysteen repeämät, halkeamat ja reiät paikattava sekä tarkistettava vanhan päällysteen tasaisuus, korko ja muoto, jotta ne täyttävät annetut vaatimukset. Vanha päällyste oikaistaan oikeaan muotoon jyrsimällä tai käyttämällä tasausmassaa, joka on yleensä samaa massaa kuin lopullisessa päällystystyössä, jollei suunnitelma-asiakirjoissa toisin mainita. Vanhat ja huonokuntoiset paikkaukset poistetaan ja tasataan uudelleen. Bitumiliuos-, PAB- ja bitumiemulsiomassalla tehdyt paikkaukset poistetaan niiden jäädessä kuuma-päällysteen alle. Vanha päällyste harjataan tai pestään puhtaaksi irtoaineksista tartunnan parantamiseksi. Ennen uuden päällysteen levitystä, levitetään vanhan päällysteen päälle usein bitumiemulsiota tai-liuosta, joita kutsutaan asfalttiliimoiksi. (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 30.)

4 HANKKEEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tarkastelun kohteeksi on otettu Liikenneviraston E18-hankkeeseen kuulunut Haminan sisääntuloväylien korjaus. Liikenneviraston tavoitteena on rakentaa moottoritie, joka kulkee Turusta Vaalimaalle vuoteen 2020 mennessä. Turun ja Vaalimaan välisen kansainvälisen E18- tien kehittämishanke on jaettu neljään osioon: E18 Koskenkylä- Kotka, E18 Kotkan erillishanke, E18 Haminan ohitustie ja E18 Hamina- Vaalimaa.

Moottoritiehanke on toteutunut suunnitellusti vaiheittain ja aikataulussa. Ensin valmistui E18 Koskenkylä- Kotka hanke, joka otettiin kokonaisuudessaan liikennekäyttöön vuonna 2014. Haminan sisääntuloväylät C2 projekti, jonka työmenetelmää opinnäytetyöni tarkastelee, oli sisällytetty E18 Haminan ohikulkutie-hankkeeseen sen viimeiseksi toteutusvaiheessa ja se valmistui kokonaisuudessaan lokakuussa 2015. Tällä hetkellä on käynnissä hankkeen viimeinen E18 Hamina-Vaalimaa osa, jonka on määrä avautua kokonaisuudessaan liikenteelle keväällä 2018.

Destia Oy, voitti tarjouskilpailun keväällä 2015 ja sai Haminan sisääntuloväylien saneerausurakan. Urakan nimet ovat kokonaisuutena E18 Haminan ohikulkutie (Vt7), Haminan sisääntulotiet C2 ja Sivatin kevyen liikenteen väylä. Sopimus oli kokonaishintaperusteinen kokonaisurakka, jossa Destia toimi pääurakoitsijana vastuullaan kaikki rakennustyöt ja materiaalihankinnat sekä toimimaan työmaan turvallisuudesta vastaavana urakoitsijana (pää toteuttajana).

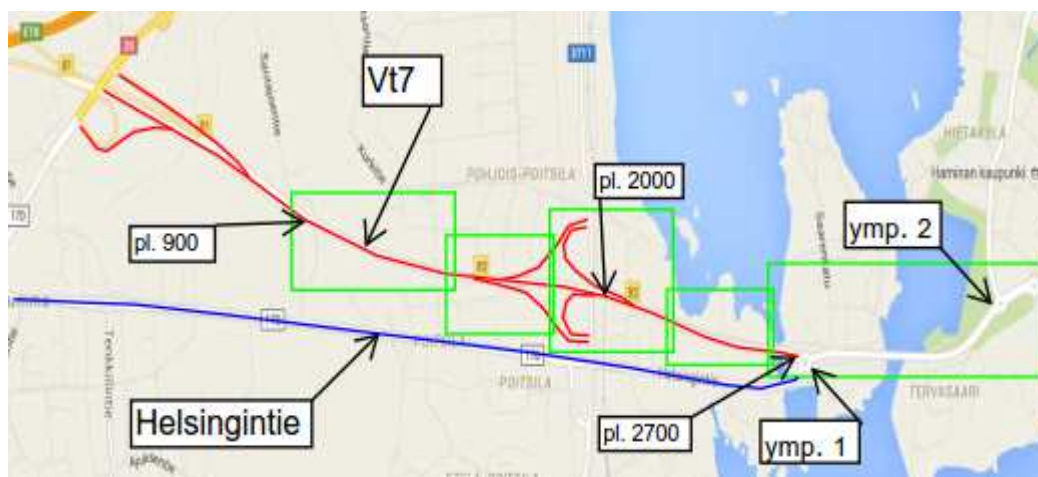
Urakkaan kuului muun muassa kolmen uuden kiertoliittymän rakentaminen (Pitäjänsaaren-, Ratapihankadun ja Tallinmäen kiertoliittymät), melusteita, Tievalaistuksen uusiminen, n. 4,5 km uutta kevyen liikenteen väylää, massanvaihtoja, 2 paalulaattaa, 1 kevyen liikenteen silta, siltojen korjauksia, kuivatuksen rakentamista, tierakenteen levityksiä ja vahvistamista, kolmansien osapuolien linjasiirtoja sekä työnaikaisten liikennejärjestelyjen suunnittelua ja rakentamista.

Urakan aikataulu oli erittäin tiukka, sillä yksi tilaajan asettamista ehdoista tarjouspyynnössä koski juuri urakan kestoa ja siinä olevan suljetun alueen läpimenoaika. Suljetulla alueella tarkoitettiin tässä urakassa entisen Vt7 Summan ja Pitäjänsaaren välistä tieosuutta, joka täytyi sulkea yleiseltä liikenteeltä, ja sen sijaan ohjata liikenne vanhalle Helsingintielle. Destia tarjosi suljetun alueen läpimenoajaksi lyhyimmän ajan, jonka sai tarjota, ja se oli 15 viikkoa. Tiukka aikataulu aiheuttikin haasteita ja vaati tarkkaa suunnittelua sekä jatkuvaa seurantaa resurssien käytöstä. Tiukasta aikataulusta huolimatta urakassa onnistuttiin niin laadullisesti kuin ajallisestikin.

Rakennustyöt saatiin käyntiin huhtikuussa 2015, ja ne aloitettiin pitäjänsaaren uuden kiertoliittymän rakentamisella, joka on merkitty kuvaan 15 (ymp. 1). Kiertoliittymän rakentamisen aikataulu oli tiukka, sillä se tuli saattaa liikennöitävänsä kuntoon ennen Haminaan johtavan Vt7:n sulkemista liikenteeltä. Ympyrän läheisyyteen jouduttiin tekemään väliaikaisia tieliittymiä, jotka purettiin suunniteltujen ajoväylien valmistuttua. Väliaikaiset liikennejärjestelyt vaativat ylimääräisiä resursseja, mutta liikenteen ja etenkin työturvallisuuden kannalta nämä olivat välttämättömiä. Työturvallisuus ja hyvät liikennejärjestelyt olivat hankkeen aikana asioita, joihin panostettiin erityisen paljon. Jatkuvan liikenteen seassa työskentely vaatii erityistä ja jatkuvaa tarkkaavaisuutta. Sitä pyrittiin painottamaan perehdytyksessä, joka tehtiin jokaiselle hankkeelle tulevalle

työntekijälle. Näissä asioissa onnistuttiin, vaikka hankkeelle perehdytettyjen ihmisten määrä kohosi yli neljänsadan. Vakavilta työtaturmilta säästyttiin kokonaan ja lieviä sattui vain yksi. Viikoittaisten omien MVR-mittausten lisäksi, tilaaja teetti ulkopuolisella taholla MVR-mittauksia ja näiden kaikkien mittausten keskiarvoksi tuli 98,7 %.

Pitäjänsaaren liikenneympyrän valmistuttua työssä saatiin mahdollisuus sulkea kuvassa 15 punaisella värillä merkattu tieosuus liikenteeltä. Tämä oli yksi osa urakka-aluetta, joka on merkitty kuvaan 15 vihreillä laatikoilla. Liikenteen siirto Helsingintielle, joka on merkitty kuvaan 15 sinisellä värillä, toteutettiin kesäkuun alussa öiseen aikaan, jolloin liikenne oli hiljaisinta. Liikennejärjestelyt sekä liikenteen ohjaaminen uudelle reitille vaati huolellisen suunnittelun ja resursseja, mutta näissä onnistuttiin ja liikenne saatiin uudelle reitille ilman suurempia ongelmia.



Kuva 15. Havaintokuva rakentamisalueesta (Google Maps 2016)

4.1 Lähtötilanne

Opinnäytetyössä käsitellään suljetun alueen tien tasauksen ja päällysteen uudelleen suunnitelmaa. Saneerauskohteeksi oli valittu vanha Vt7 tieosuus, jonka kautta raskas rekkaliikenne oli kulkenut Vaalimaalle jo usean vuosikymmenen ajan. Uuden moottoritien osuuden avauduttua Haminan pohjoispuolelle saatiin liikennemäärät saneerattavalla tieosuudella laskemaan ja tie muutettiin Kantatie 170:ksi. Tiealue oli vaurioitunut pahoin Vaalimaalle kulkevan raskaan kaluston kauppalikenteen ja sen kasvun aiheuttaman takia. Vaalimaan raskaan ka-

luston kauttakulku kasvoi huomasti 2000-luvulla. Vielä 1990-luvun lopulla raskaan kaluston rajan ylitykset olivat n. 15000- 20000 ajoneuvoa/kk, mutta 2000-luvun lopulla rajan ylityksiä oli parhaimmillaan jo yli 40000 ajoneuvoa/kk. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2015.)

Suurin muutos alueen liikennejärjestelyihin tuli vastakkaisten kaistojen erottamisella toisistaan tiekaiteella ja kivetetyllä keskisaarekkeella paaluvälille 800-2730. Paalulukemalla tarkoitetaan kyseisen tien juoksevaa metrimäärää ja merkkaustapa on yleisesti käytössä maanrakennusalalla. Kaistojen erottamisella saatiin mahdollisuus toteuttaa uuden tievalaistuksen sijoittaminen kaistojen väliin. Keskialueen vaatima tila korvattiin tierakenteen levityksillä, jota tehtiin yhteensä n. 1400 metriä. Tiealueen nopeusrajoituksia tiputtamalla ja kaistojen välisellä välialueella saatiin tien turvallisuutta parannettua merkittävästi.

Hankkeen suunnitelmien mukainen toteutus ei olisi ollut mahdotonta, mutta tällöin lopputulos ei olisi ollut laadultaan haluttu. Suunnitelmien mukaisessa toteutuksessa tiealueen vanhoja rakenteita ei ollut tarkoitus vaihtaa vaan parannukset ja uudet materiaalit tierakenteeseen tuli tehdä vain siinä määrin miten korjattava kohde työteknilisesti vaati. Tierakennetta jouduttiin erikseen korjaamaan useassa kohtaa kuivatuksen, tievalaistuksen, keskisaarekkeen ja reunanlevitysten rakentamisen takia. Vanha päällyste jouduttiin leikkaamaan pois useasta paikasta, joten niiden korjaaminen ja lopputuotteen saattaminen laadullisesti vastaamaan vaatimuksia olisi ollut hankalaa.

4.2 Tilaajan näkemys päällystystöistä

Urakan tarjouspyynnössä havaittiin, että suunnitelmat olivat jääneet päällystystöiden osalta keskeneräisiksi. Uudelleen päällystettävien tie alueiden rajat oli ilmoitettu urakka-asiakirjoissa, mutta uudelleen päällystettävien tie alueiden pinnan tasauksen suhteen ei oltu tehty työsuunnitelmaa. Tilaajan näkemys päällystettävistä osista oli se, että uusi päällyste tulee koko tien leveydeltä vanhan päällysteen päälle paaluvälille 940-2240 sekä Poitsilan eritasoliittymän kaikille neljälle rampille. Paalulta 2240 eteenpäin, aina suljetun alueen loppuun, paalulle 2700 saakka tulisi päällyste vain keskisaarekkeen roiloihin, sekä tiealueen reunalevennyksille.

4.3 Ongelmakohdat

Suljetulla tiealueella tehtävät korjaustoimenpiteet, jotka vaikuttivat kokonaisuudessaan koko tiealueen lopputulokseen, olivat hyvin mittavia. Etenkin loppullisen pinnan tierakenteelle antavan päällysteen osalta, lopputuote ei olisi vastannut siltä odotettua laatua. Vanha päällyste oli jo päällisin puolin tarkasteltuna pahoin urautunut. Urautuminen oli aiheuttanut veden lätköitymistä ja näin aiheuttanut turvallisuusriskin sekä pinnan rapautumista. Urautumisen lisäksi oli havaittavissa kallistuseroja ja painaumia, jotka osaltaan haittasivat veden hallittua poistumista tiealueelta. Uuden päällysteen levittäminen suoraan vanhan pinnan päälle, ilman tarvittavia korjauksia, olisi aiheuttanut sen, että samat ongelmat olisivat tulleet esille todennäköisesti jo muutamassa vuodessa.

4.4 Kivetetty keskisaareke

Kivetetyn keskisaarekkeen ja uuden tievalaistuksen rakentaminen ajokaistojen väliin vaati vanhan asfalttipinnan poistamisen. Kivetetyn keskisaarekkeen leveys oli 1,25 metriä, mutta saarekkeen reunakiveksi asennettu 300 mm korkea upotettava graniittikivi vaati asennustilan molemmille puolille, joten asfalttiroilon leveydeksi tuli yhteensä n. 1,75 metriä. Asfaltin leikkaaminen suoraan ja siistiin linjaan kaivinkoneeseen asennetun asfalttileikkurin avulla osoittautui melko hankalaksi, vaikka leikkauslinja merkattiin tiheästi. Vanhan asfaltin laadun ja etenkin sen paksuuden vaihtelut vaikuttivat leikkausjäljen laatuun, sillä asfaltin paksuus oli ajoittain yli 30 cm:ä. Kaivinkoneen asfalttileikkuri toimii siten, että leikkurin terää liikutetaan edestakaisin asfaltin päällä samalla painaen (kuva 16). Leikkurissa ei ole omaa moottoria, joten asfaltin leikkaaminen tapahtuu leikkaamalla eikä sahaamalla. Tämä aiheuttaa asfaltin reunassa leikkauspinnan kohoamista, joka näkyy pinnassa epätasaisuutena. Paksuimmissa kohdissa leikkurin terä ei välttämättä ylettynyt leikkaamaan koko päällystettä poikki, joten loput päällysteestä jouduttiin repimään kaivinkoneen routapiikillä (kuva 17). Lämpötilalla on myös suuri vaikutus vanhan asfaltin leikkaamiseen, sillä lämpöisempi asfaltti on elastisempaa ja näin ollen helpommin leikattavaa.



Kuva 16. Kaivinkoneen asfalttileikkuri (Google kuvahaku 2016)



Kuva 17. Asfalttileikkuri ja routapiikki (Google kuvahaku 2016)

Suunnitelma-asikirjoja tarkasteltaessa tilaajan näkemys päällystystöistä kivetetyin keskisaarekkeen kohdalla oli se, että reunakiven ja leikatun päällysteen välinen roilo täytetään asfaltilla vanhan päällysteen kanssa samaan tasoon. Nyt ongelmaksi havaittiin roilon vaihteleva leveys reunakiven linjaan verrattuna, joka oli keskimäärin 15- 30 cm: n välillä. Pelkän roilon täyttäminen olisi ollut rakennusteknisesti huono ratkaisu, sillä tiiviin, kestävän ja vettä pitävän sauman tekeminen vanhan asfaltin kanssa olisi ollut hankalaa. Rakennusteknisten puutteiden lisäksi esteettiset tekijät tulivat esiin lopputuloksen laatua ennakoitaessa. Oikea ratkaisu kohteeseen olisi ollut vanhan päällysteen jrsintä 40-50 mm syvyydeltä, sopivan määrämitan etäisyydelle reunakivestä mitattuna, jolloin sauma olisi ollut symmetrinen reunakiven kanssa sekä saumaan olisi saatu limitys vanhan päällysteen kanssa.

Vanhan päällystepinnan epätasaisuudesta johtuen havaittiin myös toinen ongelmakohta, joka liittyi kivetettyyn keskisaarekkeeseen. Tie- tai katualueita rajaamaan laitettavat reunakivet asennetaan pääsääntöisesti siten, että kivinäkö on 12 cm valmiin kulutuskerroksen pinnan yläpuolella. Kivet

voidaan asentaa bitumilla suoraan kulutuskerroksen päälle, asfaltoituun kantavaan- tai sidekerrokseen. Asfaltoituun kantavaan- tai sidekerrokseen liimaamalla asennetut kivet ovat pääsääntöisesti betonisia ja niiden korkeus on 16 cm. Kivien asennuksen jälkeen rakennetaan 40 mm paksu kulutuskerros, jolloin kivinäkömäksi jää tuolloin vaadittu 12 cm. Liimaamalla asennettu kivi vaatii usein sen taustalle hyvän tuen, sillä liimaus ei välttämättä kestä esimerkiksi talvikunnossapidon vaatiman aurauksen aiheuttamia kolhuja, ja näin ollen kivi pääsee liikkumaan paikoiltaan.

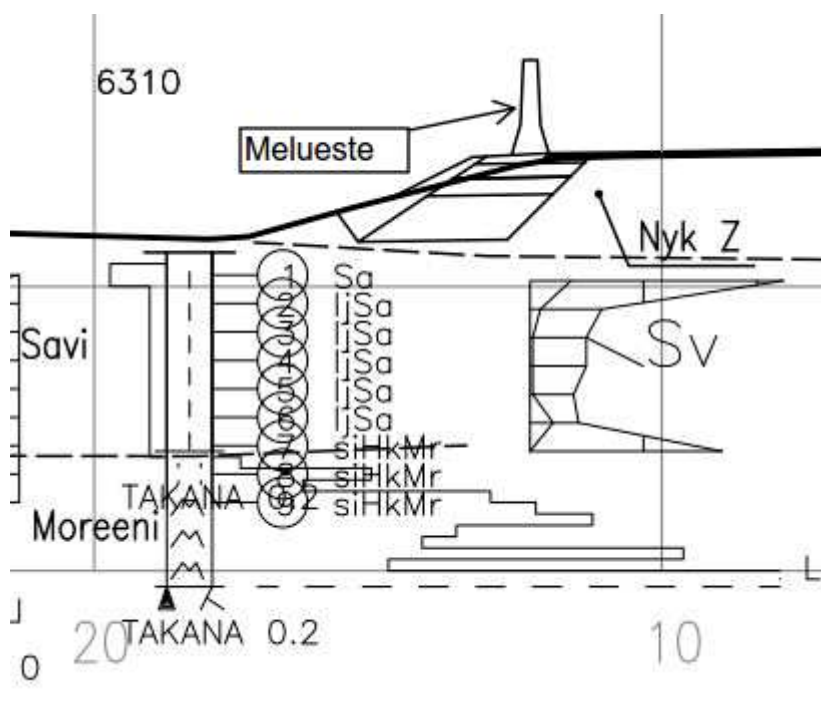
Keskisaarekkeen reunakivi tuli asentaa siten, että 12 cm kivinäkömää toteutuisi. Nyt ongelmaksi koitui vanhan päällysteen aaltomainen koron vaihtelu, koska kiven asennuskoron tuli seurata vanhan päällysteen korkoa. Tämän takia kivien asennus olisi ollut hankalaa ja se ei olisi ollut esteettisesti laadun mukainen. Saarekkeen reunakivien välinen keskiosa päällystettiin betonisella kenttäkiveyksellä, joka asennettiin pienellä kaadolla reunakiven yläpinnan kanssa samaan tasoon, joten sama koron vaihtelu olisi heijastunut myös siinä.

4.5 Melueste

Tieväylien suunnittelussa on nykypäivänä otettu paremmin huomioon ympäristökäijät ja tien ympäristölle aiheuttamat haitat. Yksi liikenteen aiheuttamista ongelmista on sen ympäristöön aiheuttama melu. Siihen ongelmaan oli panostettu myös tässä kohteessa, jossa asutusta ja liikerakennuksia sijaitsi hyvin lähellä tielinjaa. Meluvallien pääasiallinen tehtävä on vaimentaa liikenteen aiheuttaman melun leviäminen lähiympäristöön, mutta niistä on myös rakentamisen ja kestävän kehityksen kannalta tarkasteltuna hyötyä. Meluvallihin pystytään hyvin sijoittamaan rakentamiseen kelpaamattomia puhtaita maa-aineksia, joita tulee usein maanrakennuskohteissa, kun maa-aineksia vaihdetaan rakennusteknisesti vaadittuihin. Näin ollen maa-ainekset pystytään hyödyntämään samassa rakennuskohteessa, eikä niitä jouduta ajamaan erillisille läjitysalueille. Suljetulle alueelle tehtiin kaksi meluvallia joiden kiintoteoreettinen kuutiotilavuus oli yhteensä n. 30000. Kaikki alueella tehdyistä maaleikkauksista syntyneet massat saatiin helposti sijoitettua hankkeen sisälle.

Suljetulle alueelle tehtiin yhteensä n. 1400 metriä betonista meluseinää. Se toteutettiin elementtirakenteisena. Elementit olivat neljän tai kahdeksan metrin pituisia ja 2,1- 1,5 metrin korkuisia kohteesta riippuen, ja niiden paino vaihteli 6- 12 tonnin välillä. Asennus tapahtui autonosturilla tasatun sitomattoman kan-

tavan kerroksen päälle. Elementit kiinnitettiin toisiinsa elementin päätyihin kiinnitettyjen metallilukkojen avulla. Elementtien asennusalusta toteutettiin pääsääntöisesti tierakennetta levittämällä. Vanhan tierakenteen reunaan tehtiin maaleikkaus pohjamaahan asti. Kaivupohjalle asennettiin N3 luokan suodatinkangas, koska pohjamaa oli saven ja siltin sekaista huonosti kantavaa maa-ainesta. Suunnitelmissa alimpaan rakennekerrokseen oli määrätty materiaaliksi jakavan kerroksen sora, mutta vanhan tierakenteen havaittiin olevan louhetta ja kiviä sisältävää soraa. Olemassa olevasta maa-aineksesta johtuen päädyttiin yhteistyössä tilaajan kanssa ratkaisuun jossa jakavan kerroksen sora vaihdettiin hienoon kalliolouheeseen. Täällä toimenpiteellä pyrittiin rakenteesta saamaan mahdollisimman homogeeninen vanhan rakenteen kanssa sekä suojaamaan tierakenne mahdollisimman hyvin routimiselta. Kuten oikeasta kuvasta selviää tien korko oli alimmillaan vain + 2,22.



Kuva 18. Poikkileikkaus pl. 2040, reunanlevitys ja meluete (Kyyrö 2011)

Meluesteen asennusalustan tulee olla tasainen ja hyvin tehty, sillä pienetkin heitot kallistuksessa tai korossa aiheuttavat hankaluuksia meluesteen asennuksessa sekä mahdollisesti myös mittatoleranssien ylittyminen. Alustan kaltevuuden vaihtelut korostuvat meluesteen yläreunassa: jos alustan kaltevuus heittää 1 cm, niin meluesteen yläreunassa sivuttaispoikkeama voi olla jopa 3,5 cm. (Betoninen meluete, jonka juuren leveys on 60 cm: ä ja korkeus 2,1 metriä). Tästä syystä kantavan kerroksen päälle, joka oli tehty KAM 0/56 ki-

viaineksesta, levitettiin tiehöylällä vielä hyvin ohut ns. kiilauskerros KAM 0/16 kiviainesta epätasaisuuksien poistamiseksi. Ongelmat alustan kanssa olivat samankaltaisia kuin keskisaarekkeen reunakiven kanssa. Etenkin vanhassa tiessä olevat pitkittäissuuntaiset painumat olivat ongelma. Meluesteen alustan ja tiealueen levennyksen kaltevuuden tuli myötäillä vanhan pinnan muotoja levennyksiin tulevien asfalttipäällysteiden vaadittujen kerrospaksuuksien täyttämiseksi. Meluesteen alustan tason olisi saanut suoristettua tekemällä asennusalusta alemmaksi. Silloin melusteeltä vaadittu korkeus päällysteen pinnasta, joka oli esimerkiksi 1,7 metriä korkealla elementillä vähintään 1,6 metriä, olisi jäänyt vajaaksi.

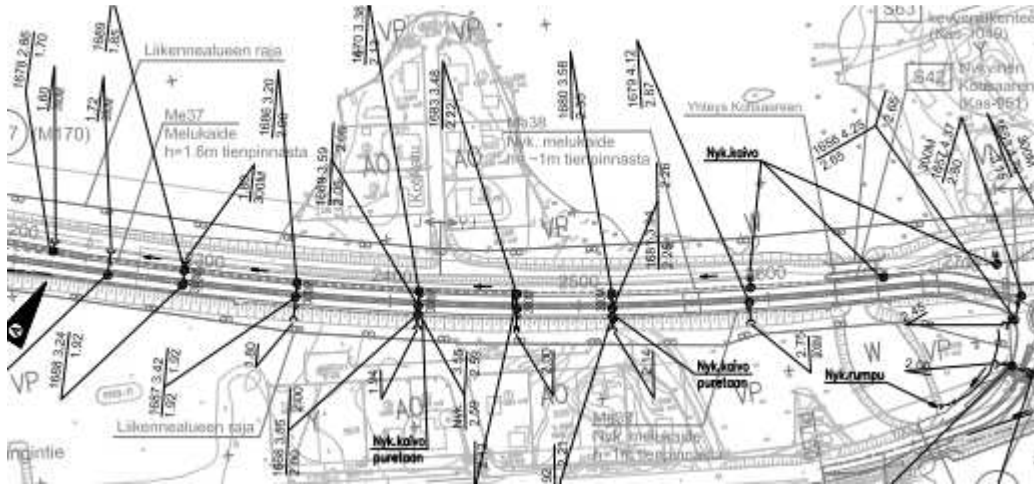
4.6 Kuivatus

Tien kestävyys ja sen turvallisuuden kannalta yhtenä tärkeimmistä vaatimuksista on sen toimiva kuivatus. Tien pitkittäis- ja poikittaissuuntaiset kallistukset tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että vedet johdetaan hallitusti pois tiealueelta ja estetään valumavesien pääsy tierakenteeseen. Jos veden vapaalle poistumiselle on tiealueella esteitä, kuten reunakiviä tai melusteitä, tulee tiealueelle sijoittaa sadevesikaivoja, joiden kautta vedet johdetaan avo-ojiin tai umpinaiisiin sadevesiviemäriin. Tarkastelun kohteena olevalle suljetulle alueelle uusia sadevesikaivoja asennettiin yhteensä 23 kappaletta. Kuivattusta parannettiin myös puhdistamalla vanhat olemassa olevat kaivot ja rummut painepesulla. Lisäksi tiealueelta vedet pois johtavat avo-ojat perattiin kairavinkoneilla puhtaiksi.

Sadevesikaivojen määrä suunnitellaan alueellisesti mitatun sademäärän mukaan suhteutettuna valuma-alueeseen. Lasketun veden kertymän mukaan määräytyy kaivojen kapasiteetti ja tämän jälkeen tarvittava kaivojen määrä. Kaivojen määrää voidaan joutua lisäämään, vaikka kapasiteetti alueellisesti riittäisi, sillä tärkeintä on tarkastella tien muotoja ja huomioitava mahdolliset veden keräytymisalueet. Veden kerääntymiselle alttiita paikkoja ovat alueet, joissa veden vapaa poistuminen tiealueelta on estetty esimerkiksi reunakivillä. Etenkin taajamat ja niiden läheisyydessä olevat risteysalueet rajataan nykyisin pääsääntöisesti reunakiveyksellä, ja nämä alueet vaativat usein kaivoperustaisen kuivatuksen. Kaivojen asentaminen vaati tarkkuutta ja huolellisuutta, sillä kaivojen asentamisvaiheessa tien lopullista linjausta tai reunakiven sijaintia

ei ole käytännössä merkattuna. Ennen asennusta on mittamiehen määritettävä kaivon tarkka sijainti maastossa ja asennuksen jälkeen mitattava uudelleen eli tehtävä tarkemittaus. Kaivon jäädessä liian etäälle esimerkiksi reunakives-tä, pääsee vesi virtaamaan kaivon ohi ja näin ollen aiheuttaa veden kertymi-sen tiealueelle tai kuormittaa liikaa tiealueen muita kaivoja.

Keskisaarekkeen ja meluesteen rakentamisen seurauksena veden vapaa poistuminen tiealueelta oli estetty. Paaluvälille 2240- 2700, johon ei ollut suunniteltu koko tiealueen peittävää uutta päällystettä, oli urakassa asennet-tava 15 uutta kaivoa, joista suurin osa jouduttiin rakentamaan siten, että tielin- ja jouduttiin kaivamaan kokonaan auki. Kaivojen asennussyvyys tulee olla riit-tävä, jotta jäätymisen riski vältetään. Kohteessa kaivojen asennussyvyudet vaihtelivat hieman, mutta kaivannon pohjan syvyys oli keskimäärin yli 2,5 met-riä huomioiden kaivon asennuksen vaatiman 300 mm paksun arinarakenne. Asennusalusta tehtiin KAM 0/31 kiviaineksesta. Asennusalusta, alkutäyttö ja lopputäyttö tiivistettiin, ja niistä tuli tehdä kantavuus- ja tiiveysmittaukset Loadman- painopudotuslaitteella laatuvaatimusten todentamiseksi. Kaivot ja niiden paikat on osoitettu suunnitelmakartoissa, jossa ilmoitetaan kaivon nu-mero sekä vesijuoksun- ja kannen korkoasema. Kaivonumero on jokaisen kai- von tunnus sen kaivokortille, josta nähdään kaivon kaikki tekniset tiedot. Kai- vokortissa ilmoitetaan sen sijainti, materiaali (M = muovi), kannen- ja pohjan korko sekä veden tulo- ja lähtöliittymien sijainnit kaivossa (kuva 19). Kuvassa olevan kaivokortin tiedoilla laskettuna kaivannon syvyys on kannen koron + 3,55 ja pohjan koron + 1,10 erotus lisättynä murskearinnan paksuudella 0,3 m. Kuvan kaivolla 2,75 metriä.



Kuva 20. Kuivatuskartta ja kaivojen sijainnit paaluvälillä 2200- 2750 (Kyyrö 2011)

4.7 Suunnitelma muutokset

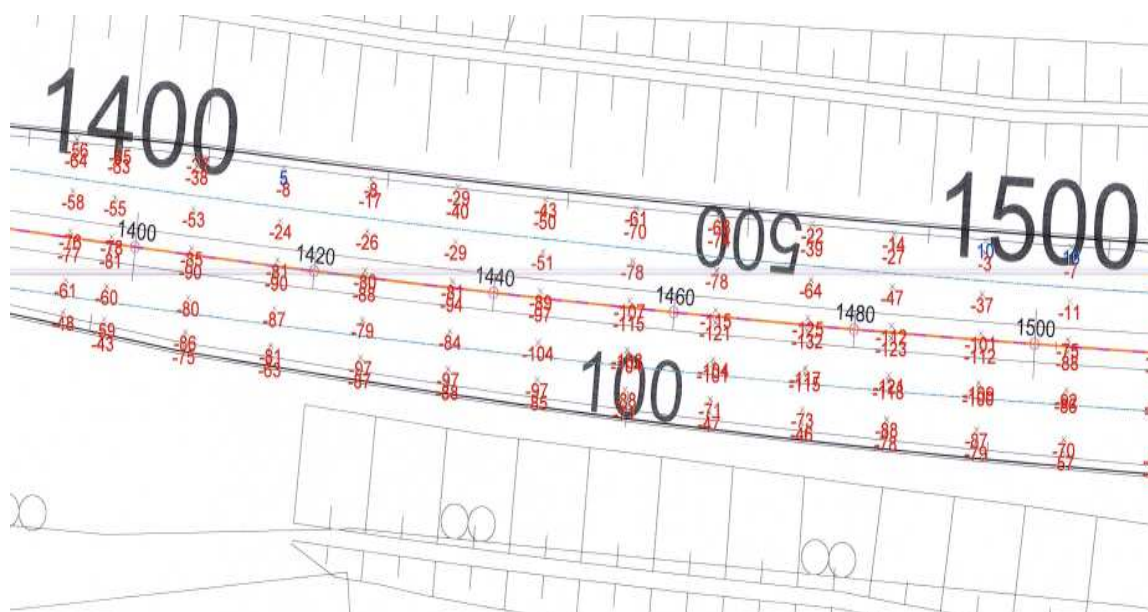
Urakoitsija omassa työn suunnittelussaan havaitsemat puutteet olemassa olevissa suunnitelmissa olivat lähinnä lopputuotteen laatuun heikentävästi vaikuttavia seikkoja. Ensimmäisenä huomiota herättänyt vanhan päällysteen kuluneisuus ja epätasaisuus toivat esille edellä mainittuja ongelmakohtia, jotka velvoittivat pääurakoitsijaa ilmoittamaan niistä tilaajalle. Ongelmakohdat esiteltiin tilaajan hankkimille ulkopuolisille valvojille ja he totesivat suunnitelmien puutteellisuuden sekä niistä seuraavat ongelmat. Työmaakokouksen päätöksellä tilaaja päätti hankkia urakoitsijalta uuden tietasaussuunnitelman ja teettää tarvittavat lisätyöt. Samalla päätettiin suljetun alueen päällystyksestä kokonaisuudessaan, joten uusi päällyste tuli myös paaluvälille 2240- 2700.

4.8 Pinnan kartoitus

Pinnan uudelleen suunnitteleminen vaatii tarkan aineiston olemassa olevista rakenteista, jotta sitä pystytään suunnittelemaan. Tärkeää on huomioida sellaiset olemassa olevat rakenteet, joiden sijaintia tai korkoasemaa ei pystytä muuttamaan ilman mittavia ja kustannuksiltaan epäedullisia toimenpiteitä. Näitä ovat esimerkiksi sillat ja niiden tukirakenteet, joita kohteessa suljetulla alueella oli kolme, kaksi ylitettävää ja yksi alitettava silta. Suunnitelmissa olevien kaivojen sijainnit ja korot on huomioitava uudessa tasauksessa ja varmistettava, että veden poistuminen tiealueelta toimii suunnitellusti.

Mallipohjaisen tuotannon yleistymisen maanrakentamisessa on tuonut uusia työmenetelmiä myös pinnan tasauksen suunnitteluun. Pinnan muodot pystytään tuottamaan mobiilidataksi ajoneuvoon asennettujen laserskannereiden, panoraamakamaerajajestelmän ja tienpintakameran avulla, jonka jälkeen tien muodot pystytään liittämään suunnitteluaineistoon. Suunnitteluaineisto muokataan malliksi, jolla pystytään toteuttamaan takymetripaikannukseen perustuva työkone ohjausta jyrksijässä, asfalttilevittäjässä ja tiehöylässä. Koneautomaation vaatima laitteisto on melko arvokasta, joka osaltaan hidastaa niiden yleistymistä työkoneissa. Pinnan laserkeilaus on työturvallisuuden ja nopeuden kannalta erinomainen, mutta tässä kohteessa kiireellisen aikataulun takia päädyttiin perinteiseen pinnankartoitus menetelmään, eli paikalla tehtävään takymetrillä suoritettavaan mittaukseen. Kartoitustyön sujuvuutta ja turvallisuutta auttoi merkittävästi tien sulkeminen liikenteeltä, joten kartoitus saatiin tehtyä hyvin nopeassa ajassa.

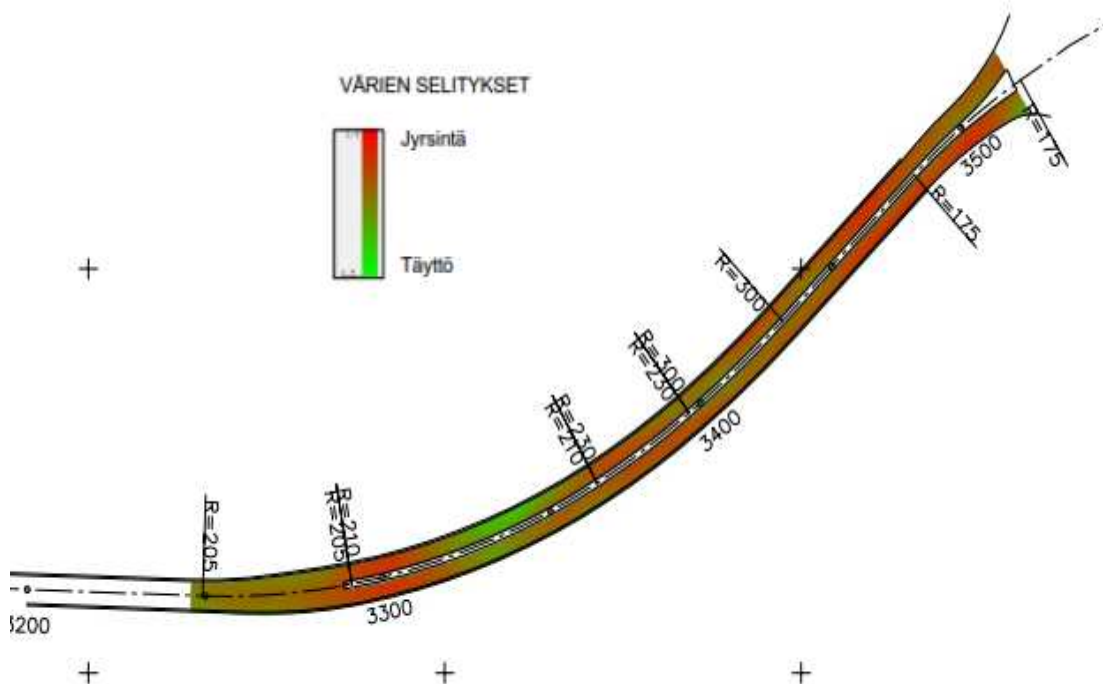
Kartoitustyö tapahtui kahden mittamiehen voimin takymetrimittauksella. Vanhan päällysteen korko mitattiin 10 metrin välein koko tien leveydeltä n. 5-7 kohdasta. Pääsääntöisesti mittaus otettiin päällysteen reunasta, reunaviivan kohdalta ja tien keskiharjalta sekä tien taitekohdista, joissa tien kaltevuus vaihtuu, kuten esimerkiksi kaarteissa ja ramppien liittymissä (kuva 21). Renkasurat ja pienet yksittäiset kohoumat eivät olisi antaneet oikeaa kuvaa koko tien linjauksesta, joten niiden kohdalta mittausta ei suoritettu.



Kuva 21. Mittauspisteiden kartoituskuva plv. 1400- 1500, jossa näkyy ramppi 1: n erkaneva kaista pl. 100 ja ramppi 4:een liittyvä kaista pl. 500 (Taina 2015)

4.9 Uusi tasaus

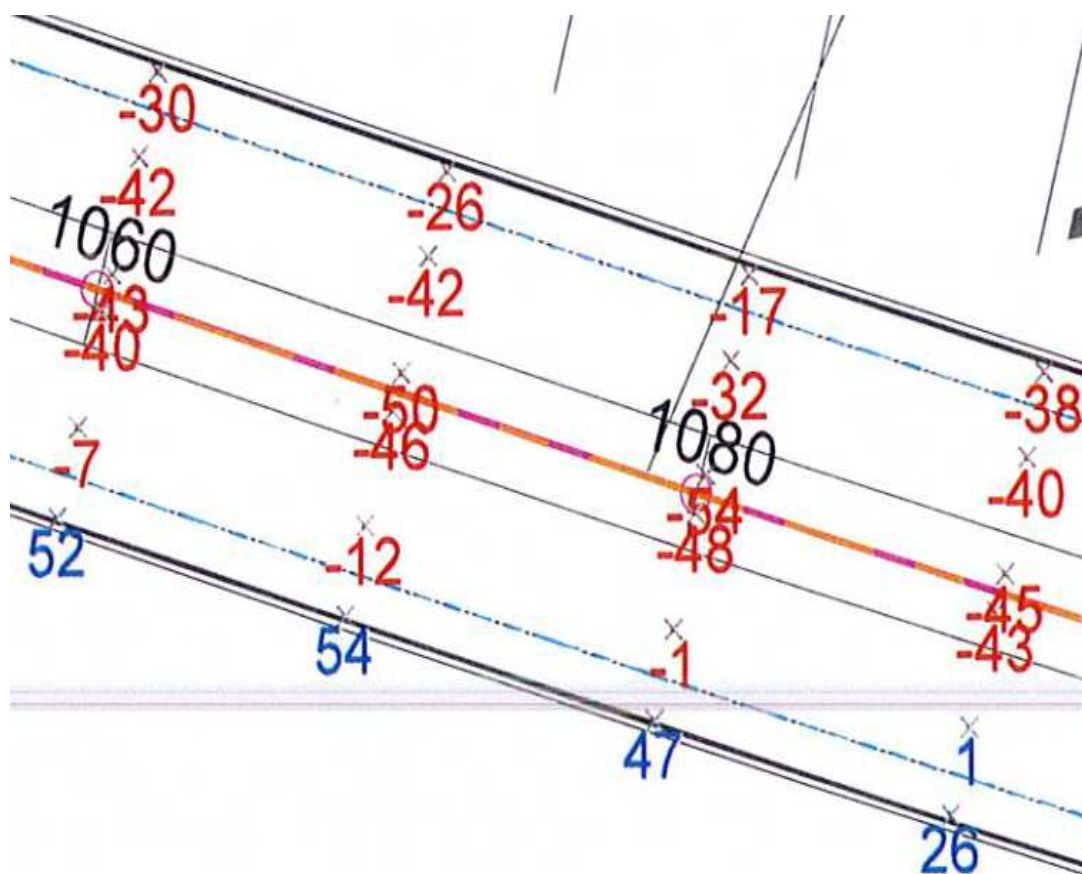
Vanhan pinnan kartoituksen jälkeen saatu mittausaineisto lähetettiin urakoitsijan valitsemalle suunnittelijalle, ja tässä tarkoituksena oli optimoida vanhan ja uuden pinnan tasaus. Suunnittelu tehtiin Tekla Civil suunnitteluohjelmalla, jonne vanhan päällysteen mittausaineisto vietiin. Ohjelmalla suunniteltiin tasaus ja sivukaltevuudet, jonka jälkeen niitä hienosäädettiin siten, että massalaskennassa saavutettiin sopiva tasapaino jyrkyyden ja tasausmassan välillä. Tämän jälkeen tuotettiin jyrkintäpinta ja suunnitellun päällysteen pinta mittausaineistoksi esimerkiksi gt- formaattiin taiteviivoin, jonka jälkeen tehtiin Tekla Civilissä pintojen välisen korkeuserojen visualisointi. Visualisointi tuottaa väri- lisen rasterikuvan suunnitellusta alueesta, jonka jälkeen se viedään Autocad suunnitteluohjelman referenssikuvaksi (kuva 22). Visuaalista kuvaa on hyvä käyttää työn suunnittelussa, koska siinä näkee pääpiirteittäin missä on jyrkintää ja tasausta.



Kuva 22.Visuaalinen referenssikuva tasauksesta (Halonen 2015)

4.10 Jyrsintä, viimeistelytyöt ja tien käyttöönotto

Ennen jyrsinnän ja tasauksen aloittamista, oli kaikki paikkauskohdat täytettävä ABK- tai sidekerroksen AB- asfalttimassalla, jotta jyrsintä suoristaisi ne suunniteltuun tasoon. Jyrsinnän syvyydet merkattiin mittamiehen toimesta käsin vanhan päällysteen pintaan uuden suunnitelma aineiston pohjalta, joita jyrsijän kuljettaja seurasi ja sääti jyrsintäsyvyyttä niiden mukaan. Jyrsintäsyvyys, joka on merkattu kuvassa 23 punaisilla numeroilla, vaihteli tien poikkileikkauksien kohdalla hyvinkin paljon, sillä joissakin kohtaa tien kallistus muutettiin kaksipuoleisesta kallistuksesta yhteen suuntaan kallistavaksi. Tämä aiheutti sen, että vanhan tien harjan kohdalla jouduttiin jyrsimään useiden senttimetrin syvyydestä, mutta tien reunalla jouduttiin käyttämään tasausmassaa, jonka paksuus on merkattu kuvassa 23 sinisillä numeroilla, jotta tavoiteltu 3 % kallistus ja tien kuivatus toteutuisi.



Kuva 23. Jyrsintä- ja tasauskartta (Taina 2015)

Jyrsinnän jälkeen merkattiin samalla tavalla tasausmassan vaatimat alueet, ja ne tasattiin AB-tasausmassalla oikeaan korkoon ja muotoon. Jyrsinnän määrä suljetulla alueella oli n. 630 kiintoteoreettista kuutiota (m^3 tr) ja tasausmassan määrä n. 240 m^3 rtr. Tehdyillä toimenpiteillä toteutettiin hyvät olosuhteet kulkuskerroksen päällystystyöhön, joka toteutettiin AB 16/ 100 massalla. Kulutuskerroksen paksuudeksi tuli suunniteltu 40 mm. Päällystystyöt sujuivat suunnitellusti, koska kaikki valmistelevat työt oli tehty ennen sitä. Näitä olivat mm. melu- ja reunakivien asennukset. Päällyste saatiin kerralla levitettyä ilman erillisiä saumakohtia.

Päällystystyön jälkeen tehtiin vielä viimeistelytyötä, kuten ajoradan maalaukset, valaisinpylväiden asennukset, pientareiden reunantäytöt sekä ajoradan pesu ja tiealueen siivous. Tilaajan tehdyn vastaanottotarkastuksen jälkeen suljettu alue avattiin liikenteelle 10. syyskuuta 2015, ja näin ollen 15 viikon aikaraja alitettiin noin kahdella viikolla. Tilaaja oli tyytyväinen lopputuloksen visuaaliseen ilmeeseen sekä tierakenteen toteutuneeseen laatuun ja tasaisuuteen, jotka paranivat oleellisesti tehtyjen korjausten ansiosta. Syksyn ensimmäisten sateiden aikana havaittiin myös kuivatuksen onnistuneen, sillä tiealueella ei havaittu veden kertymisestä aiheutuvaa lätäköitymistä.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön lähtökohtana oli tien saneerauskohteessa olevan päällystystyön ja tien tasauksen puutteellisten suunnitelmien sekä toteutettujen urakoitsijan tekemien suunnitelmien vaikutusten tarkastelu. Suunnitelmissa olevien puutteiden ja niiden aiheuttamien laadullisten ja työtekniisten ongelmien havainnollistaminen on työn osalta merkittävässä asemassa. Näiden asioiden selkeyttämiseksi oli työn teoriaosuudessa käyty läpi tien rakennetta, materiaaleja ja sen rakentamiseen yleisesti liittyviä laatuvaatimuksia.

Päällimmäisen ajatuksena oli myös havainnollistaa yleisesti vastuulliseen ja hyvää rakennustapaa noudattavaan sekä hyvään laatuun pohjautuvaa rakentamista. Vaadittujen kriteerien täyttämiseen tarvitaan vastuullista ja rehellistä toimintaa rakennushankkeen kaikilta osapuolilta. Kaikilla on oltava yhteinen

päämäärä päästä laadullisesti ja kustannustehokkaasti kestäväen kehityksen omaavaan lopputuotteeseen. Näitä asioita on työssä pyritty tuomaan esille ottamalla esille tilaajan ja pääurakoitsijan väliset näkemykset, joiden pohjalta yhteistyössä päätettyihin ratkaisuihin päädyttiin.

Tarkastelun negatiivisena puolena voidaan pitää havaintoa siitä, että kun suunnittelua tehdään vähin lähtötiedoin tai että kun suunnitteluun on vähän resursseja käytössä, joudutaan työn aikana korjaamaan nopeassa aikataulussa. Tämä tuli myös esille hankkeen muissakin rakennusvaiheissa. Puutteelliset suunnitelmat ovat iso riski laadun toteutumiselle, mutta myös iso riski hankkeen tilaajalle odottamattomien kustannusten muodossa, kuten tässä hankkeessa, jossa hankkeen kokonaiskustannukset nousivat n. 12 %. Tässä hankkeessa työn suunnitteluun jäi urakan saamisen jälkeen hyvin aikaa, joten töiden alettua pystyttiin keskittymään myös esiin tulleisiin laatuun vaikuttaviin ongelma-kohtiin. Rakentamisen ongelmana on usein, kuten tässäkin hankkeessa, on tiukka aikataulu. Hankkeiden urakkatarjouskilpailun ratkettua jää urakoitsijalle usein hyvin vähän aikaa paneutua työn suunnitteluun, joka on ensisijaisen tärkeitä koko hankkeen onnistuneelle läpiviennille.

LÄHTEET

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2015. Raskas liikenne Kaakkois-Suomen rajanylityspaikoilla. Saatavissa:

<http://www.rajaliikenne.fi/omat/liitteet/Rekkajonot.pdf> [viitattu 1.4.2016].

Eskola, K., Kallionpää, T., Lähde, A., Kasari, T., Nissinen, A., Määttä, S., Ahola, H., Mäkikyrö, M., Rämö, P., Kärkkäinen, T., Laukkanen, K. 2007. Päälysrakenteen stabilointi. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy 2008.

Lehtonen, K., Kallionpää, T., Salo, P., Onninen, H., Immonen, J., Manelius, M. 2004. Tierakenteen suunnittelu. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ojala, V., Enberg, Å., Luttinen, T. 2007. Tieliikenteen palvelutason määrittäminen. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 55/2007. Helsinki: Edita Prima Oy.

Päällystealan Neuvottelukunta (PANK ry) 2011. Asfalttinormit 2011. Vantaa: Edita Oy.

Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Saarelainen, J., Loukkaanhuhta, U., Härö, E., Granlund, R., Mero, P., Hämmäläinen, M., Rynänen, M. 2013. Tien suuntauksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 30/2013. Saatavissa:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-

[30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf) [viitattu 25.2.2016].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kuvakaappaus Autoalan tiedotuskeskuksen sivusta. 2016. Saatavissa: http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/automaaran_kehitys [viitattu 28.2.2016].

Kuva 2. Kuvakaappaus Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/selv15_02.pdf [viitattu 10.4.2016].

Kuva 3. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 4. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 5. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 6. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 7. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 8. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 9. Kuvakaappaus Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Saatavissa Destia Oy:n Intranetissä: <https://www.rakennustieto.fi/infraryl> [viitattu 15.1.- 11.4.2016].

Kuva 10. Kuvakaappaus Tiehallinnon selvityksiä 57/2004. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200907-v-deformaation_hallinta.pdf [viitattu 14.4.2016].

Kuva 11. Kuvakaappaus Tiehallinto selvityksiä 45/2007. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201071_vkerrpsstabil_taysmittakaavak.pdf [viitattu 14.4.2016].

Kuva 12. Kuvakaappaus Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/selv15_02.pdf [viitattu 10.4.2016].

Kuva 13. Päällystealan Neuvottelukunta 2011. Asfalttinormit 2011.

Kuva 14. Päällystealan Neuvottelukunta 2011. Asfalttinormit 2011.

Kuva 15. Kuvakaappaus Google Maps 2016. Muokattu PDF-XChange Editor [viitattu 27.3.2016].

Kuva 16. Kuvakaappaus Google kuvahaku 2016. Saatavissa: https://www.google.fi/search?hl=fi&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1600&bih=760&q=asfalttileikkuri&oq=asfalttil&gs_l=img.3.1.0l3j0i24l7.4981.9516.0.13405.11.8.1.2.2.0.281.1294.0j5j2.7.0....0...1ac.1.64.img..1.9.1193.n0yOT1BbsPk#imgrc=wUwu6BCpPf7D8M%3A [viitattu 28.3.2016].

Kuva 17. Kuvakaappaus Google kuvahaku 2016. Saatavissa: https://www.google.fi/search?hl=fi&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1600&bih=760&q=routapiikki&oq=routa&gs_l=img.3.2.0l10.4729.6063.0.9492.5.5.0.0.0.0.237.947.0j3j2.5.0....0...1ac.1.64.img..0.5.942.3Ta-5qlhuAs#imgrc=Qzly7qZ0tukgSM%3A [viitattu 28.3.2016].

Kuva 18. Kuvakaappaus Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla hankkeen rakennussuunnitelma 2011.

Kuva 19. Kuvakaappaus Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla hankkeen rakennussuunnitelma 2011.

Kuva 20. Kuvakaappaus Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla hankkeen rakennussuunnitelma 2011.

Kuva 21. Kuvakaappaus Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla hankkeen päällysteen tasauksen uuden suunnitelman aineisto 2015.

Kuva 22. Kuvakaappaus Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla hankkeen päällysteen tasauksen uuden suunnitelman aineisto 2015.

Kuva 23. Kuvakaappaus Valtatien 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla hankkeen päällysteen tasauksen uuden suunnitelman aineisto 2015.

Kuvakaappaus: Loadman kantavuusmittausten tuloksia.



Asiantuntijapalvelut
Laboratorio

Kantavuusmittaus käsikäyttöisellä levykuormituslaitteella

Tilaaaja: Destia I-S, Anssi Itäpaasi
Työmaa: Kiertoliittymä, Hamina
Kohde: Kantava kerros
Pvm: 1.6.2015
Mittaja: Joni Salonen

Vaatimukset:

M7 ja K7 kantavuus ≥ 164 MPa

K5 (ja K51) ≥ 137 MPa

piste	M7	K5	K7	K51
E ₁	149,2	144,7	205,4	135,5
E ₂	272,8	248,0	298,4	251,3
E ₂ /E ₁	1,83	1,71	1,45	1,85

Kaikki mitatut pisteet täyttävät vaatimukset.

Kouvola 2.6.2015

Joni Salonen

