



ROUTIMATTOMUUDEN VARMISTAMINEN MAA-AINESTEN UUSIOKÄYTÖSSÄ

Raimo Leskinen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2014
Rakennusalan työnjohdon
koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

LESKINEN, RAIMO:

Routimattomuuden varmistaminen maa-ainesten uusiokäytössä

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 10 sivua
Marraskuu 2014

Suomen vallitsevissa ilmasto-olosuhteissa, joissa maa jäätyy ja sulaa, aiheuttaa routa suuren osan tiestöön kohdistuvista vaurioista. Nykyaikaisen rakennustavan mukaan rakennusmateriaaleille on laadittu vaatimuksia routivuuden osalta.

Opinnäytetyön aihe tuli maanrakennusyrittäjä Kiri Oy:n tarpeesta selvittää maa-ainesten uusiokäyttömahdollisuudet uudessa katurakenteessa. Kaivumaiden uusiokäyttöä routivuuden osalta tutkittiin Tampereen ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriossa. Tutkimusmenetelminä olivat maalajien rakeisuusjakaumaan perustuva arviointi ja maalajien kapillaarisen nousukorkeuden mittaamiseen perustuva arviointi. Työssä selvitettiin myös roudan käyttäytymistä yleisesti ja roudan osuutta katurakenteiden vaurioitumisessa.

Rakeisuuteen perustuvan menetelmän tuloksista kuusi näytettä kahdeksasta ei ollut routivia. Kapillaarista nousukorkeutta mittaavan menetelmän tulokset olivat kaikki routimattomia. Tuloksien perusteella Tampereen Raholassa sijaitsevan urakka-alueen katujen kaivumateriaalien uusiokäyttömahdollisuudet vaikuttivat pääosin hyviltä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

LESKINEN, RAIMO:
Guaranteeing Frost-resistant of Reusable Soil

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 10 pages
November 2014

Prevailing climatic conditions in Finland, where the ground freezes and thaws the frost causes a large part of problems on the road system. The modern method of construction has defined the limits for building materials against freezing

The topic for the thesis came from the construction company Kiri Oy. They needed a study of possibilities to recycle soil materials in a new road structure. Frost susceptibility properties of the used excavation materials were examined in the building laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The used examination techniques were a grain size analysis of soil types and an assessment based on a height of capillary rise in soil types. General behavior of ground frost and its part in damaging road structures were also clarified in the thesis.

In the height of capillary rise technique all the results were frost resistant. In the grain size analysis technique six out of eight results were not frost-susceptible. Based on the results, opportunities to reuse road excavation materials in the construction site of Rahola in Tampere were mainly good.

Key words: frost, street structure, reusable

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ROUTIMINEN YLEISESTI.....	6
	2.1 Routimisilmiö	6
	2.2 Maan routivuuden arviointi	7
	2.3 Roudan syvyys	9
3	KATU- JA TIERAKENTEET	12
	3.1 Liikenneväylien tyypit	12
	3.2 Rakenteet	12
4	KATU- JA TIERAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN	16
	4.1 Rasitustekijät.....	16
	4.2 Tyypilliset vauriot.....	17
5	TUTKIMUSALUE JA LABORATORIOKOKKEET.....	21
	5.1 Tutkittava alue	21
	5.1.1 Näytekohtien valinta	22
	5.2 Tutkimusmenetelmät	22
	5.2.1 Seulonta.....	23
	5.2.2 Hydrometrikoe	24
	5.2.3 Kapillaarinen nousukorkeus.....	24
6	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
	6.1 Tutkimustulokset	26
	6.2 Johtopäätökset.....	26
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Uuden katurakenteen poikkileikkaus. Tampereen kaupunki, kaupunkiympäristön kehittäminen, piirustus: 1/16004/R.....	29
	Liite 2. Tutkittavan alueen kartta	30
	Liite 3. Näytekohdat kartalla	31
	Liite 4. Rakeisuuskäyrät	32

1 JOHDANTO

Aihe tämän opinnäytetyön tekemiseen tuli Tampereen ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriosta, missä työskentelin Mittauspalvelun kesäsisjaisena vuonna 2014. Mittauspalvelulta tilattiin laboratoriokokein tehtävä routivuuden selvitys katusaneerauksen vanhoista maa-aineista. Katusaneeraus Tampereen Raholassa suoritetaan kesien 2014 ja 2015 aikana. Opinnäytetyön tutkimukset ja tulokset rajoittuvat vuoden 2014 toukokuun ja lokakuun ajalle. Selvityksen tarkoituksena on testata vanhojen katurakenteiden soveltuvuus uusiokäyttöön routivuuden osalta. Liitteessä 1 uuden katurakenteen poikkileikkaus, jossa on esitetty uusiokäytettävä kerros.

Työn tavoitteena on selvittää roudan käyttäytymistä ja sen aiheuttamia vaurioita tyypillisissä suomalaisissa katu- ja tierakenteissa, sekä laboratoriokokein suoritettavat testit routimattomuuden varmistamiseksi Raholan alueella.

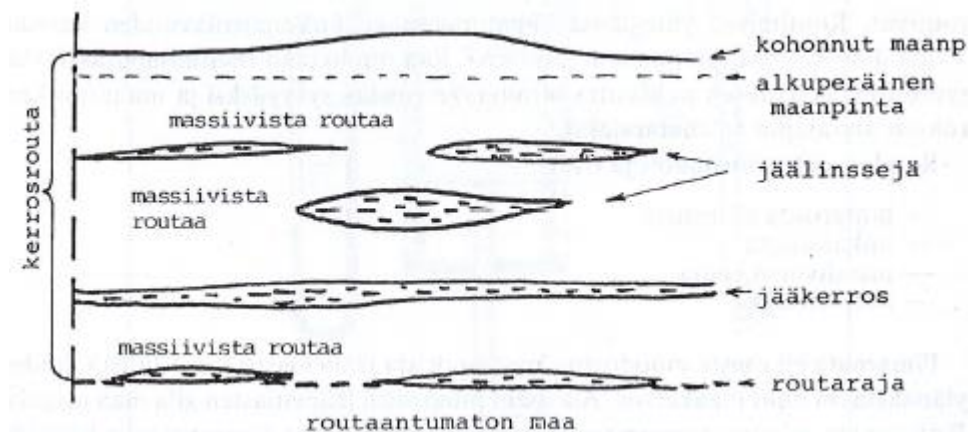
Roudan käyttäytymistä ja Suomen tiestön vaurioitumista roudan vaikutuksen seurauksena tutkin tutustumalla alan kirjallisuuteen ja julkaisuihin. Laboratoriossa routivuutta selvitettiin maa-näytteiden rakeisuuden avulla, kapillaarista nousukorkeutta seuraamalla ja hydrometrikokeilla

2 ROUTIMINEN YLEISESTI

2.1 Routimisilmiö

Routimisella tarkoitetaan sitä pintamaassa esiintyvää ilmiötä, jossa maan huokosissa liika vesi jäätyy ja sulaessaan aiheuttaa maan stabiliteetin muutoksia. Ilmiötä ei pääse tapahtumaan, mikäli liiallinen vesi pääsee poistumaan jäätymishetkellä. Käytännössä niin tapahtuu riittävän karkearakeisessa maassa. Veden jäätymistä maaperässä, joka ei laajene routiessaan kutsutaan massiiviseksi roudaksi ja kyseistä maata routimattomaksi maaksi. (Jääskeläinen, 2011, 89)

Routimisilmiö alkaa maan huokosessa olevan veden jäätyessä. Jäätyessään laajeneva vesi liikuttaa yläpuolisia maarakkeitaan ja näin syntyy lisää tilaa uuden veden imeytymiselle ja jäätymiselle. Kohdassa missä tapahtumaketju jatkuu pidempään syntyy jäälinssejä. Tyypillistä näille kohdille on, että pakkaneen pääsee ohittamaan jäälinssin helposti ja sen alapuolelle syntyy uusia jäälinssejä. Maa-aluetta jonka tilavuus kasvaa routimisen seurauksena, voidaan kutsua kerrosroudaksi. Ilmiö on esitetty kuvassa 1 (Jääskeläinen, 2011, 89)



KUVA 1. Kerrosrousta (Rantamäki, Jääskeläinen, Tammirinne, 2006, 116)

Jäätyneisiin kohtiin tulee kapillaari-imun vaikutuksesta jatkuvasti lisää vettä. Routaantunut maa kerääkin talven aikana paljon lisävettä. Tämä havainnoituu keväällä maan sulaessa alueen vetelöitymisenä. Routanousu johtuukin suurelta osin kapillaarisen lisäveden jäätymisen tilavuudesta. (Jääskeläinen, 2011, 89)

Kohoumien syntymiseen maassa vaikuttaa suuresti ilmasto. Suomessa yleisemmäksi käyneet leudot talvet vaikuttavat osaltaan jäälinsien syntymiseen. Niiden vaikutuksesta routaraja voi pysytellä sopivalla syvyydellä, jolloin jäälinsit kasvavat suuriksi. (Jääskeläinen, 2011, 90)

2.2 Maan routivuuden arviointi

Jos maan kapillaarinen nousukorkeus on yli yksi metri, pidetään sitä routivana. Kapillaarisen nousukorkeuden määrä vaikuttaa paljon maalajin kykyyn nostaa lisävettä pohjavedestä routivaan maahan. Käytännössä mitä pienempi raekoko, sitä suurempi kapillaarinen nousukorkeus. (Jääskeläinen, 2011, 91)

Kapillaarisuus siis vaihtelee maalajien mukaan. Joidenkin savityyppien kapillaarisen nousun epäillään olevan jopa sata metriä. Kuvassa 2 esitetty eri maalajien kapillaarisen nousukorkeuden arvoja. (Jääskeläinen, 2011, 38)

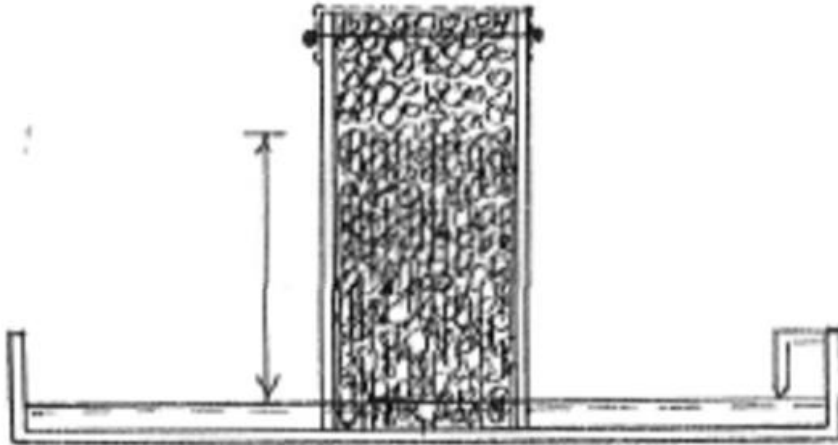
Maalaji	Keskimääräinen raekoko, mm <i>D₅₀</i>	Kapillaarisuus, cm	
		Löyhä	Tiivis
Karkeahiekka	0,6 .. 2,0	3 ... 12	4 ... 15
Keskihiekka	0,2 .. 0,6	10 ... 35	12 ... 50
Hienohiekka	0,06 .. 0,2	30 ... 200	40 ... 350
Karkeasiltti	0,02 ... 0,06	150 ... 500	250 ... 800
Siltti	0,02 ... 0,002	400 ... 1 000	600 ... 1 200
Savi	0,002	800	1 000

KUVA 2. Kapillaarisen nousukorkeuden arvoja (Jääskeläinen, 2011, 39)

Maalajien esiintyessä luonnollisessa tilassaan ne sisältävät tietysti erikokoisia rakeita. Pienille maalajeille on tyypillistä hakeutua isompien huokostiloihin ja näin ne vaikuttavat paikallisten kapillaaristen nousukanavien syntymiseen. Maan tiiviys vaikuttaa oleellisesti nousukorkeuteen. Mitä tiiviimpää maa on, sitä paremmin vesi pääsee kapillaarisesti nousemaan. (Jääskeläinen, 2011, 38)

Kapillaarisuuden mittaukseen on kehitetty standardoitu menetelmä ns. veden imeytymiskorkeuden mittaus. Yksinkertaistettuna tutkittava maa-aines laitetaan läpinäkyvään

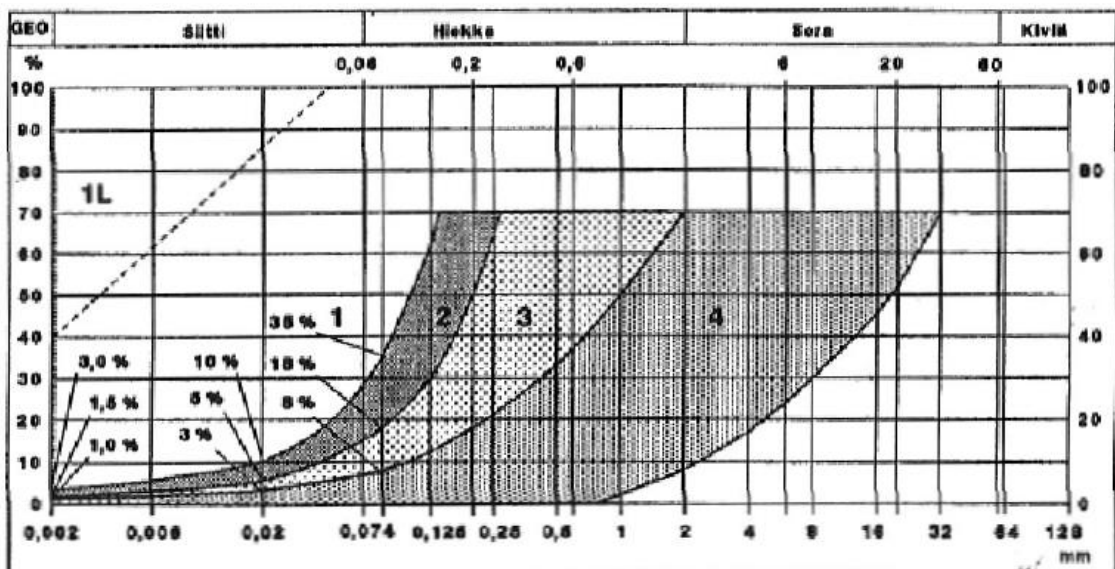
putkeen, jonka alapää on vakiotasolla vedenpinnan alapuolella (kuva 3). Kapillaarisen nousun etenemä selviää purettaessa näytettä ylhäältä kerroksittain ja mitattaessa kerrosten kosteutta ja kuivapainoa. On olemassa myös Suomessa kehitetty kapillaarimetri, jolla nousukorkeutta voidaan mitata. Menetelmää ei kuitenkaan pidetä luotettavana ja se vaatii aina muita tutkimuksia tuekseen. (Jääskeläinen, 2011, 41)



KUVA 3. Veden imeytymiskorkeuden mittaus (Jääskeläinen, 2011, 40)

Routivuutta selvitetään myös rakeisuuteen perustuvien kriteerien avulla (kuva 4).

Kaikki maalajit, joiden rakeisuuskäyrät ovat alueella 1, ovat routivia. Alueella 1L kuitenkin vain lievästi routivia. Maalajit, joiden rakeisuuskäyrät ovat alueilla 2,3 ja 4 ovat routimattomia, ellei niiden alapää mene alueensa vasemman puoleisen rajakäyrän yläpuolelle. Merkittävää nimenomaan on alue läpäisyprosentin 0,074 mm alapuolella (kohdat 0,02 mm ja 0,002 mm). (Jääskeläinen, 2011, 93)



KUVA 4. Rakeisuuteen perustuva routivuuskriteeri (Jääskeläinen, 2011, 93)

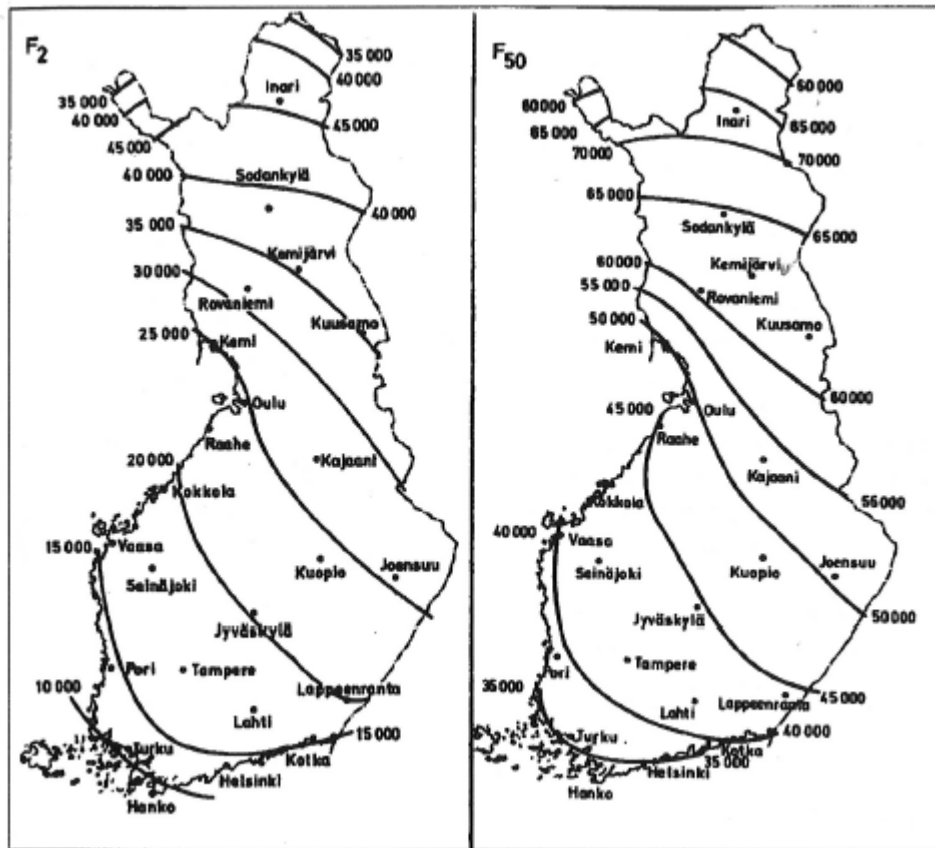
Rakeisuus selvitetään seulomalla maanäyte (kuva5). Lisäksi alle 0,074 mm rakeiden selvittämiseksi on tehtävä areometrikoe. (Jääskeläinen, 2011, 93)



KUVA 5. Seulontakalustoa (Jääskeläinen, 2011, 17)

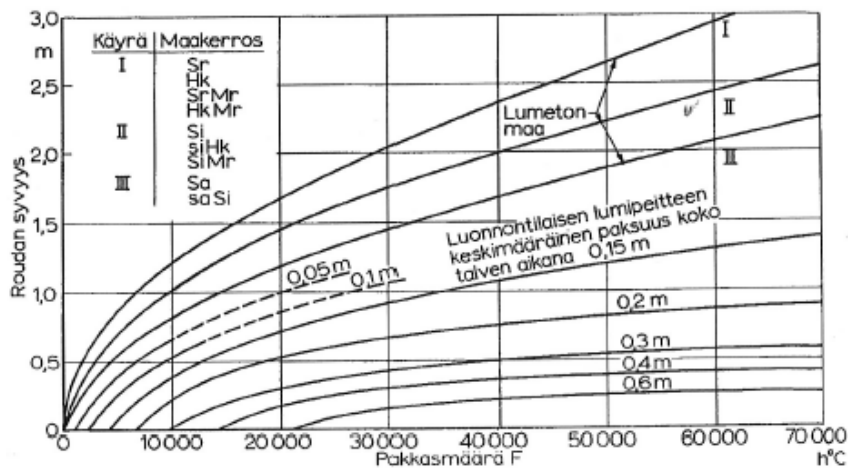
2.3 Roudan syvyys

Se, kuinka syväälle routaraja ulottuu, on hyvin paikallinen ilmiö. Maan jäätymiseen vaikuttaa monet asiat. Pakkasmäärä vaikuttaa roudan syvyyteen eniten. Sen yksikkö: aste-tunti on laskennallinen talvikuukausina tehtyjen havaintojen perusteella. Kerran kahdes-sa ja kerran 50 vuodessa esiintyvät pakkasmäärät on esitetty kuvassa 6. (Jääskeläinen, 2011, 94)



KUVA 6. Kerran kahdessa vuodessa ja kerran 50 vuodessa esiintyvät pakkasmäärät Suomessa. (Jääskeläinen, 2011, 95)

Myös maalajilla on oleellinen vaikutus roudan syvyyteen. Maalajin ollessa tiivistä ja painavaa se johtaa hyvin lämpöä, joten myös routa tunkeutuu syvemmälle. Kallio on ääriesimerkki tiiviistä ja painavasta materiaalista. Maalajin ja pakkasmäärän perusteella voidaan arvioida roudan tunkeutumissyvyyttä. (kuva 7). (Jääskeläinen, 2011, 94)



KUVA 7. Asetuntien ja maalajien korrelaatio (Jääskeläinen, 2011, 97)

Muita roudan syvyyteen vaikuttavia asioita ovat, lumipeite, pintakasvillisuus ja kosteus. Lumipeite, se antaisi hyvän eristävän kerroksen pakkasta vastaan, mutta siellä missä roudasta aiheutuu haittaa, pidetään maanpinnat puhtaana lumesta. Myös pintakasvusto muodostaa eristävän kerroksen, mutta haitta alueilla ei toki myöskään pintakasvustoa voi olla. Myös maaperän kosteusolosuhteilla voi olla vaikutusta tunkeutumissyvyyteen. Kuitenkaan mitään edellä mainituista ei voida ottaa mukaan mitoituslaskelmiin. (Jääskeläinen, 2011, 96)

3 KATU- JA TIERAKENTEET

3.1 Liikenneväylien tyypit

Liikenneväylän rakenteen tulee olla kokonaisuutena sellainen, että se pystyy ottamaan vastaan liikenteen ja ympäristön kuormitukset. Rakenteen tulee kestää toistuvien liikennekuormitusten aiheuttamat kuormitus- ja kulutusrasitukset. Rakenteen tulee pystyä rajoittamaan ja tasaamaan tien alusrakenteen routimisen synnyttämät routanousut ja kantavuuden vaihtelut. Edelleen rakenteen pitää kestää lämpötilan vaihteluiden aikaansaamat termiset kuormitukset ja kosteuden synnyttämät rakennemateriaalien kantavuusvaihtelut. (Ehrola, 1996, 135)

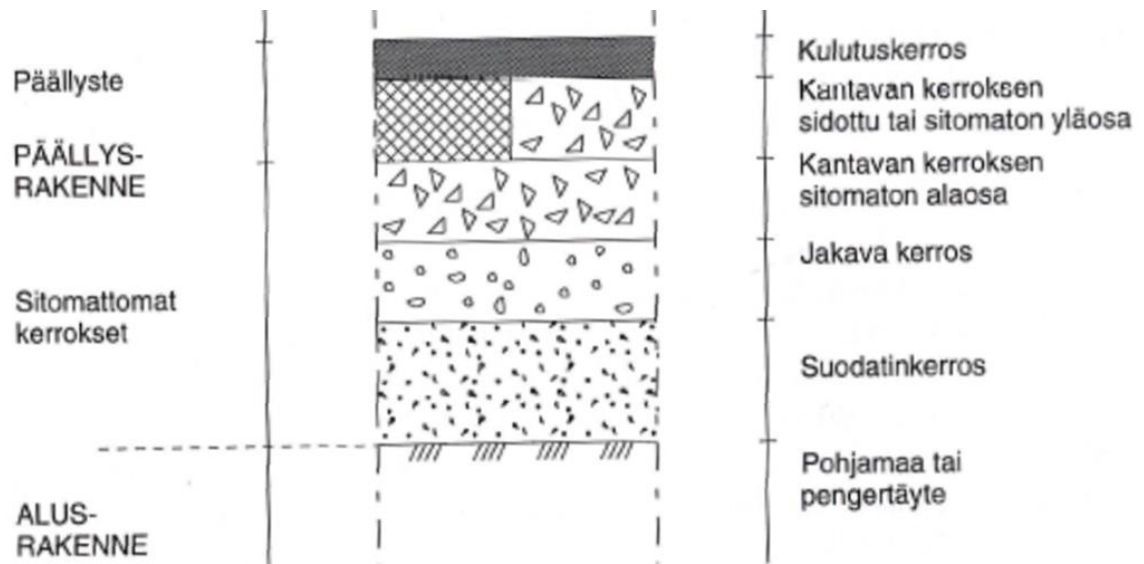
Katu- ja tierakenteet määritellään niiden käyttöluokkien mukaan, eli käytännössä rasi- tuksen ja liikennemäärien, kuitenkin paikalliset pohjamaatyypit, vallitsevat ilmasto- olosuhteiden ja erikoisalueet voivat vaikuttaa rakenteeseen.

Suomen katuverkko voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: moottoriväylät, pääkadut ja paikalliskadut. Moottoriväylät ja pääkadut välittävät pitkämatkaista liikennettä. Paikal- liskadut muodostavat taajamien kokoojakadut ja tonttikadut. (Ehrola, 1996, 10)

Erikoisalueiksi voidaan mainita: Lentokentät, teollisuusalueet, satamat, huoltoasemat, paikoitusalueet, työmaatiet ja metsäautotiet. Näillä erikoisalueilla teiden rakenne voi poiketa paljon tavanomaisesta mm. suurten massojen vuoksi. (Ehrola, 1996, 10)

3.2 Rakenteet

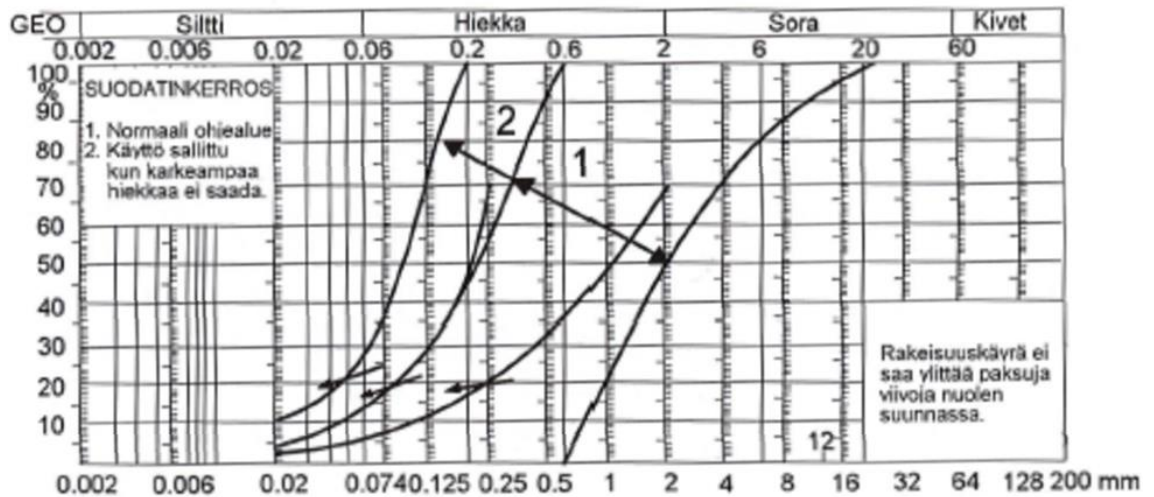
Rakennekerrokset liikenneväylissä riippuvat käytetystä päällysrakenteesta ja alusraken- teesta. Suomessa tällä hetkellä pääsääntöisesti käytettävä malli on kerroksellinen raken- ne. Siinä päällyste on bitumisella sideaineella sidottu joustava kerros, muiden kerrosten ollessa sitomattomia. Joissain tapauksissa kantavan kerroksen yläosa voi olla myös si- dottukerros. Sitomattomia rakennekerroksia ovat: Kantava kerros (tai sen alaosa), jaka- va kerros ja suodatin kerros. (Kuva 8) (Ehrola, 1996, 138)



KUVA 8. Rakennekerrokset (Ehrola, 1996, 138)

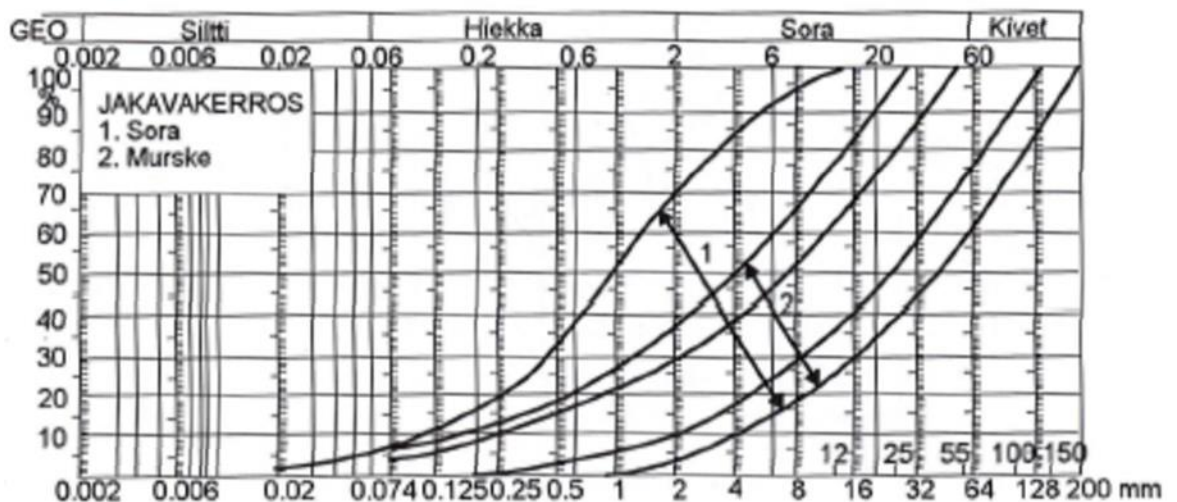
Kerroksellisen rakenteen käyttöä puoltaa kaksi tärkeää asiaa. Tämä rakennustapa mahdollistaa erilaatuisten materiaalien käytön kohteessa. Liikenteen kuormitus pienenee, mitä syvemmälle rakenteessa edetään, joten alemmissa kerroksissa on mahdollista käyttää heikompia materiaaleja kuin ylempänä. Tierakenteen vastustus routimista vastaan myös paranee kerroksellisen rakenteen myötä, koska päällysrakenne saa paksuutta. (Ehrola, 1996, 138)

Suodatinkerros estää alusrakenteen materiaalien sekoittumisen tien rakennekerrokseen. Sen tehtäviin kuuluu myös estää veden kapillaarista nousua ylempiin kerrokseen, parantaa kuormituskestävyyttä sekä pienentää ja tasata routanousuja. Suodatinkerroksessa käytettävän materiaalin tulee olla routimatonta. Alusrakenteen materiaalin ollessa routiva tarvitsee kerrokselliseen rakenteeseen aina sisällyttää suodatinkerros. Kuvassa 9 esitetty suodatin kerroksen rakeisuuskäyrä. (Ehrola, 1996, 139)



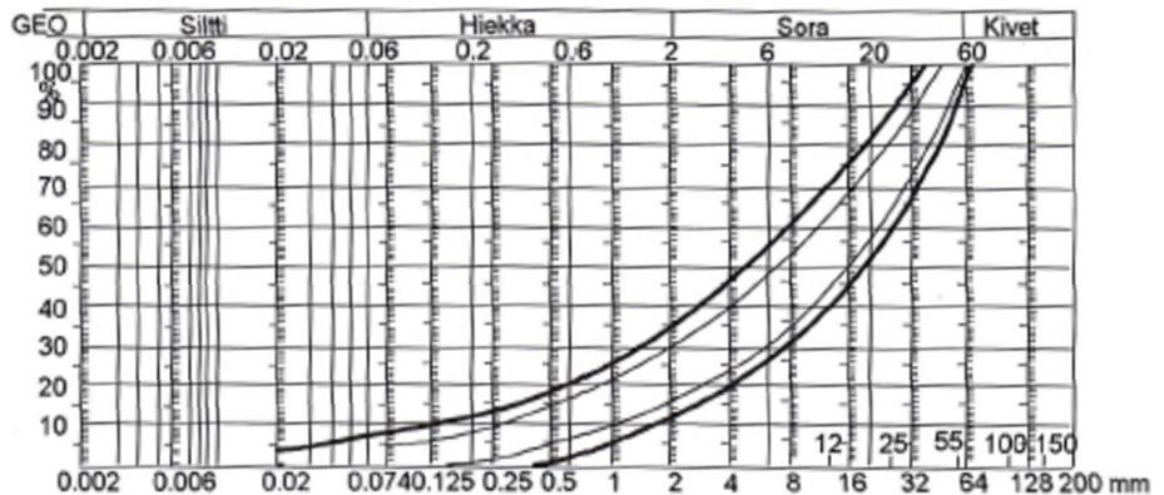
KUVA 9. Suodatin kerroksen rakeisuusohje (Ehrola, 1996, 139)

Jakavan kerroksen tehtävä, yhdessä kantavan kerroksen kanssa, on antaa päällysteelle riittävän kantava alusta liikenteestä aiheutuvia kuormia vastaan. Jos kantavuus on huono voi päällyste vaurioitua massoista johtuvien muodonmuutosten seurauksena. Tierakenteen kuivatuksessa on jakavalla kerroksella iso rooli, sen katkaistessa veden kapillaarisen nousun ja ohjaten rakenteeseen suotautuneet vedet sivuille. Jakavan kerroksen materiaaleissa suurin raekoko saa olla enintään puolet kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Erittäin paksuissa päällysrakenteissa on mahdollista käyttää jakavassa kerroksessa kahta eri materiaalia, jolloin kerroksen alaosassa voidaan käyttää halvempaa materiaalia. Kuvassa 10 esitetty jakavan kerroksen rakeisuuskäyrä. (Ehrola, 1996, 141)



KUVA 10. Jakavan kerroksen rakeisuusohje (Ehrola, 1996, 140)

Kantava kerros tehdään kaikkiin tierakenteisiin. Siitä muodostuu luja ja oikean muotoinen pohja päällysteelle. Kerros tehdään yhdessä sitomattomassa osassa, tai alaosa sitomattomana ja yläosa sidottuna rakenteena. Sitomattomassa osassa käytetään kuvan 11 mukaista rakeisuutta. Sidottu yläosa voidaan tehdä asfalttibetonista maksimirakekoolla 20-32 mm. Kantavan kerroksen asfalttibetonin ja kulutuskerroksen asfalttibetonin ero on sideainepitoisuudessa, joka kantavassa kerroksessa on alhaisempi. (Ehrola, 1996, 141)



KUVA 11. Kantavan kerroksen rakeisuusohje. (Ehrola, 1996, 141)

Kulutuskerros on käytännössä tien päällyste, joka pääsääntöisesti on asfalttibetonina. Tien tai kadun kuormituksesta riippuen päällysteen tasaisuus on merkitsevä laatukriteeri. Liikennemäärien ja nopeuden kasvaessa korostuu pinnoitteen tasaisuus, jotta säilytetään riittävä turvallisuus ja ajomukavuus. Oikein tehty pinnoitekerros on tärkeä, sillä se joutuu kaikista tierakenteen kerroksista kovimpien rasitusten kohteeksi. Kulutuskerroksen muotoilulla on suuri merkitys hulevesien ohjaamisessa pois tierakenteesta. (Vanhalta, 2013, 15)

Kun kyseessä on joustava tierakenne, voidaan sitomattomissa kerroksissa käyttää perinteisistä kiviaineksista poikkeavia materiaaleja. Teollisuuden sivutuotteet, rakennusalan ja teollisuuden jätteaineet, louhe ja moreenimurske. Sivutuotteiden ja jätteaineiden, kuten murskattu betoni ja tiili, lentotuhka, jätelasi ja masuunikuona käyttö on kuitenkin Suomessa vähäistä suurten soraharjujen ja murskeeksi kelpaavan kallion suuresta määrästä johtuen. (Ehrola, 1996, 142)

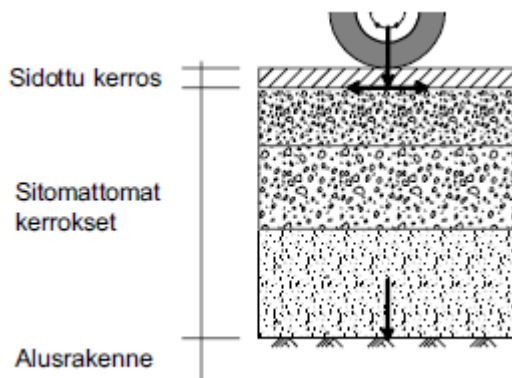
4 KATU- JA TIERAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN

4.1 Rasitustekijät

Kuormitustekijät, jotka aiheuttavat katu- ja tierakenteisiin rasituksia ja vaurioita voidaan jakaa pääpiirteissään kolmeen tapaan. Rakenteen oma paino on pysyvää rasitusta, johon voidaan vaikuttaa rakennekerrosten ratkaisuilla ja tekemällä kerrostäytöt ja tiivistykset huolella. Lyhytaikaista ja toistuvaa on liikenteestä aiheutuva kuormitus. Ilmastokuormitus on jatkuvaa, mutta hidasaikuteista. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 6)

Suomessa vuodenajoista johtuen vaurioitumiset vaihtelevat ajankohdan mukaan. Keväällä liikennesäätökset aiheuttavat suurimmat vauriot, sillä roudan sulamisen vuoksi tiet ovat kantavuudelta heikoimmillaan ylimääräisen kosteuden ja alentuneen tiiveyden vuoksi. Talvella roudasta johtuen syntyvät pituussuuntaiset epätasaisuudet ja poikittaiset halkeamat. Kesäaikaan rakenne toimii parhaiten rasituksia vastaan. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 6)

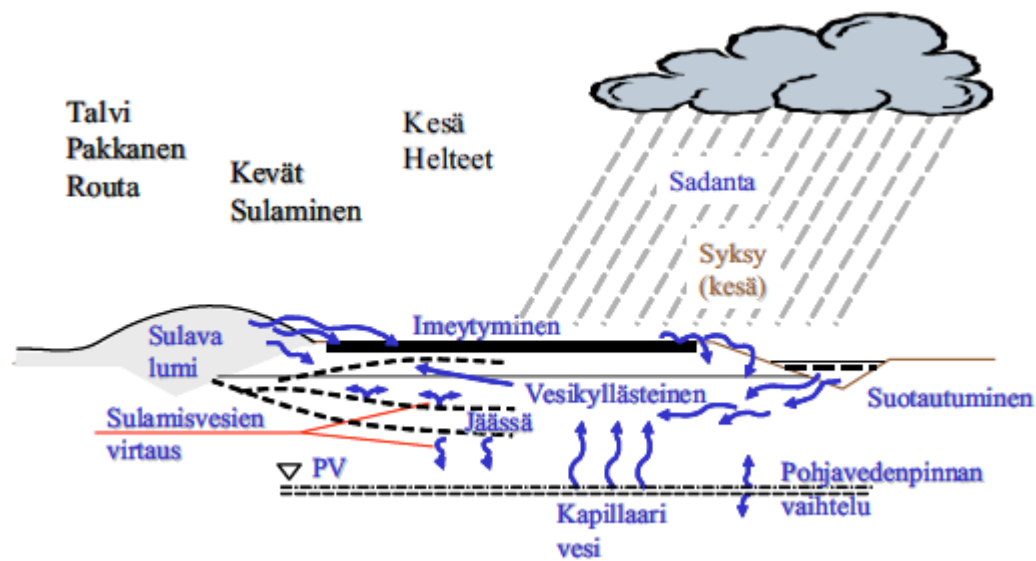
Liikennekuormitus koostuu nastarenkaiden aiheuttamasta pinnoitteen kulumisesta ja raskaan liikenteen suurten massojen aiheuttamista muodonmuutoksista teiden rakenteisiin. Suurista massoista johtuva kuormitus aiheuttaa sidottujen kerrosten alapintaa vetojännityksiä ja niistä johtuen edelleen muodonmuutoksia. Alempiin kerroksiin kohdistuu puristusta, kuten kuvasta 12 ilmenee. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 20)



KUVA 12. Liikenteen massoista aiheutuvat rasitukset (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 24)

Alusrakenteiden toimintaan vaikuttaa oleellisesti sitomattomien kerrosten paksuus. Liikennekuormien aiheuttamien vaurioiden syntyminen pienenee, mitä paksumpi alusrakenne on. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 23)

Tierakenteisiin kohdistuva ilmastokuormitus Suomessa koostuu lämpötilan vaihteluista, vedestä ja roudasta. Lämpötilamuutokset vaikuttavat sidotuissa kerroksissa, vesi ja routa sitomattomissa kerroksissa. Vesi on merkittävä osatekijä vaurioiden syntymisestä ja sitä voi päästä tierakenteisiin paljon, kuten kuvasta 13 ilmenee. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 29)



KUVA 13. Veden reitit tierakenteeseen (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 20)

Tie- ja katurakenteiden vaurioituminen ilmenee aina erilaisina muodonmuutoksina päällysrakenteessa. Halkeamat, epätasaisuudet ja reiät päällysrakenteessa ovat tyypillisiä vaurioita. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 42)

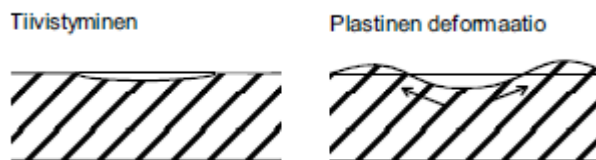
4.2 Tyypilliset vauriot

Pitkittäisepätasaisuudet ovat aaltomaiset painaummat pituussuunnassa, kohoumat ja jyrkät porrastukset liittyttäessä vanhaan pinnoitteeseen, tai muuhun rakenteeseen. Ne ovat useimmiten seurausta pohjamaan painumisesta, routimisesta tai työvirheistä. Tyypillinen pitkittäisepätasaisuus on esitetty kuvassa 14. (Päällysteiden paikkaus, 2009, 13)



KUVA 14. Pitkittäistä epätasaisuutta. (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola , 2002, 40)

Poikittaisepätasaisuudet ovat päällysteen deformaatio- tai kulumisuria, joita syntyy huonosti kantavalle tiestölle ja esimerkiksi bussipysäkeille . Kuvassa 15 esitetty poikittaisepätasaisuuden synty (Päällysteiden paikkaus, 2009, 13)



KUVA 15. Poikittaisepätasaisuuden syntyminen (Belt, Lämsä, Savolainen, Ehrola, 2002, 46)

Reiät, purkaumat ja avoimet kohdat johtuvat usein päällystemassan huonoista ominaisuuksista tai päällysteen alustavirheistä (huono tartunta). Nastarenkaiden käyttö aiheuttaa pinnoitteen kulumista ja näin ollen edesauttaa reikien syntymistä. Kuvassa 16 päällysteen purkauma. (Päällysteiden paikkaus, 2009, 14)



KUVA 16. Päällysteen purkauma.

Verkkohalkeamia ilmenee usein yksikerroksisissa päällysteissä. Syinä tavallisesti päällysteen alla olevan kerroksen liian suuri hienoaines pitoisuus tai puutteellinen kantavuus. Kuvassa 17 esitetty tyypillinen verkkohalkeama. (Päällysteiden paikkaus, 2009, 14)



KUVA 17. Verkkohalkeama. (Päällysteiden paikkaus, 2009, 14)

Pituushalkeamat muodostuvat ajoradan keskiosaan sen routanousueroista johtuen. Poikkittaiset ja vinot halkeamat johtuvat useimmiten päällysteen lämpötilamuutoksista johtuvista kutistumisista. Routanousueroja esitetty kuvassa 18. (Päällysteiden paikkaus, 2009, 13)



KUVA 18. Pituushalkeama. (Anne Kasari, 2013)

5 TUTKIMUSALUE JA LABORATORIOKOKKEET

5.1 Tutkittava alue

Työkohde sijaitsee Tampereen Raholassa, pääasiassa 50- luvulla rakennetulla pientalo asuinalueella. Alueella suoritettavan kunnallistekniikan uusimisen yhteydessä katujen rakenne uusitaan vastaamaan nykypäivän rakennustapaa. Kadut ovat omakotialueen tonttikatuja. Pihateiden liittymärumpuja ei vanhassa rakenteessa ole. Erillistä hulevesien keräystä ei ole, vedet imeytetään maaperään. Vanha katurakenne koostuu alueen luonnollisesta maaperästä, tasauskerroksesta ja asfalttipinnoitteesta. Kaduilla tehtyjen maatutkauksien perusteella luonnollinen maaperä on pääosin hiekkaa ja soraa. Asfalttipinnoite on ohut ja monin paikoin huonokuntoinen. Pinnoitteen paksuus on paikoittain vain noin 20 mm, kuten kuvasta 19 nähdään. Tasauskerros on käytännössä vain katujen muotoilun takia. Tutkittavan alueen kartta liitteessä 2.



KUVA 19. Havainne kuva vanhasta asfaltista.

Alue sijaitsee viimeisimmän jääkauden päättymisen yhteydessä muodostuneella harjulla. Jäätikön sulamisnopeuden hidastuessa sulavan jään mukana tulleet maa-ainekset pääsivät kerääntymään kapeahkolle alueelle. Etelä-Suomessa nämä harjut muodostuivat vedenpinnan alapuolelle. Meren pinnan laskiessa paljastuivat harjujen laet ja aallot alkoivat huuhtoa hienojakeisia maalajeja rinteiden reunoilta. Harjumuodostelmien alarinteille onkin kerääntynyt suuria kerrostumia hienojakeisia maalajeja. (Jääskeläinen, 2011, 330)

5.1.1 Näytekohtien valinta

Alueella suoritettiin katselmus, jossa arvioitiin silmämääräisesti routivuuden kannalta mahdolliset ongelmakohdat. Näytteet pyrittiin ottamaan noin sadan metrin välein, joka toisen näytteen ollessa silmämääräinen. Katujen vaurioitumisen mukaan huonoilta vaikuttavista kohdista otettiin näyte laboratoriokokeisiin. Kierrätettävä kiviaines on vanhassa katupohjassa heti tasauserroksen alla, näytteet kerättiin noin 50 – 70 cm syvyydeltä. Kiviainesten nouto tapahtui työtä suorittavan kaivuryhmän tahdissa. Näytteet noudettiin ryhmän saavutettua suunniteltu kohta.

5.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää katujen nykyisten rakenteiden kierrätyskäyttöä liitteessä 1 nähtävillä olevan uuden rakennekerroksen tekemisessä. Tutkimuksissa selvitetään maa-aineiden käyttökelpoisuutta routivuuden osalta.

Työmaalta noudettiin kolme 15 litran astiaa tutkittavaa maa-ainesta. Näytteiden tasalaa-tuisuus varmistettiin sekoittamalla ja levittämällä tutkittava-aines tasaiseksi kerrokseksi. Alue jaettiin neljään osaan, ristikkäiset aineet poistettiin ja jäljellejääneet sekoitettiin uudelleen. Neliöimistä toistettiin tarvittavat kerrat, kunnes jäljellä oli seulontaan kel-paava noin 1 kg näyte. Silmämääräisistä näytteistä noudettiin yksi astiallinen maa-ainesta säilytettäväksi. Kuvassa 20 on neliöimis-menetelmä käynnissä.



KUVA 20. Neliöimis-menetelmä.

5.2.1 Seulonta

Seulonnan tarkoituksena on selvittää näytteen erikokoisten kiviainesten painoprosentit suhteessa näytteen painoon. Painoprosenttien avulla piirretään näytteen rakeisuuskäyrä, jota verrataan kuvassa 4 esitettyyn routivuuskriteeriin.

Koska hienoaines on routivuuden kannalta merkittävä tekijä, tehdään näytteelle ensin pesuseulonta, jossa hienoaines erotetaan pesemällä. Sekoitettu noin 1 kilon painoinen näyte laitetaan 105 asteiseen uuniin vähintään 4-5 tunniksi. Kuivattu aines punnitaan ja pesuseulotaan 2 mm ja 0,074 mm seulojen läpi. Pesuseulonnassa seuloja tärytetään ja samalla näytteen päälle juoksetetaan vettä. Toimenpidettä jatketaan kunnes seuloista poistuva vesi on kirkasta, tällöin hienoaines on poistunut näytteestä. Jäljellejäänyt pesty kiviaines kuivataan uudelleen ja punnitaan, näin saadaan seulonnan alle 0,074 mm jäävän kiviaineksen painoprosentti. (Geotekninen tutkimus ja koestus, 2008, 51)

Pesuseulottu ja kuivattu näyte seulotaan täryttämällä kiviainesta vähintään 10 minuutin ajan läpi seulojen 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,074 mm ja pohja. Tärytyksen jälkeen punnitaan seuloille jääneet kiviainekset ja painon suhteesta kuivapainoon saadaan kyseisen seulakoon painoprosentti. Pohjalle jäänyt 0,074 mm seulan läpäisseen kiviaineksen paino lisätään pesuseulonnassa poistetun hienoaineksen määrään. (Geotekninen tutkimus ja koestus, 2008, 51)

5.2.2 Hydrometrikoe

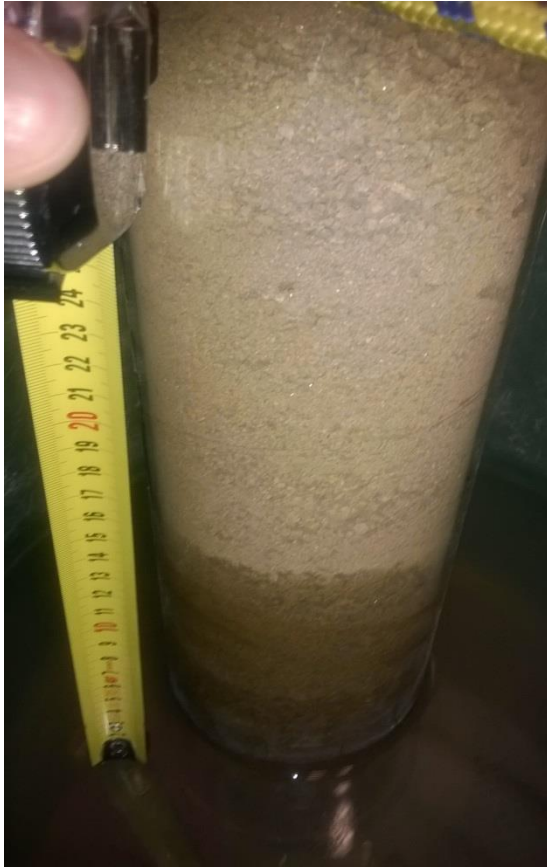
Alle 0,074 mm kokoista hienoainesta ei pysty nykytekniikalla erottelemaan seulomalla. Jos seulonnassa 0,074 mm painoprosentti on lähellä routivuuden kannalta kriittistä rajaa, täytyy näytteelle tehdä hydrometrikoe. Koe suoritetaan alle 2 mm seulotulla noin 100 gramman painoisella näytteellä.

Hydrometrikoe suoritetaan seuraavasti. Seulottu ja kuivattu näyte asetetaan mittalasiin, johon laitetaan myös sekoittaja. Näytettä sekoitetaan 10-15 minuuttia, jonka jälkeen sekoitin poistetaan. Näyte saa liueta lasissa yön yli ja aamulla suoritetaan uusi sekoitus. Hydrometri asetetaan lasiin ja se jää kellumaan nesteen tiheydestä riippuvalle syvyydelle. Mittalaitteen kyljessä on asteikko, josta lukema merkitään muistiin. Koe tehdään 1 minuutin, 4 minuutin, 20 minuutin, 1 tunnin, 7 tunnin ja 24 tunnin kuluttua aloituksesta. Hydrometri poistetaan nesteestä aina kokeiden välissä. Myös nesteen lämpötila mitataan ja merkitään muistiin ennen jokaista koetta. Hydrometrilukeman, alkuhetkestä kuluneen ajan ja lämpötilan perusteella saadaan tulkintadiagrammia käyttäen läpäisyprosentit. (Jääskeläinen, 2011, 31)

5.2.3 Kapillaarinen nousukorkeus

Kuten kappaleessa 2.2 todettiin, maata pidetään routivana, jos sen kapillaarinen nousukorkeus on yli yhden metrin. Vaikka routivuuden määrittelyssä rakeisuus on tärkein arviointikriteeri, päätettiin Raholan työkohteessa testata myös kapillaarista nousua.

Näytelaitteisto koostui läpinäkyvästä muoviputkesta, jonka alapäähän oli asennettu teräsverkko ja suodatin kangas näytteen erottumisen estämiseksi sekä vesiasiasta, jossa veden korkeus pidettiin vakiona. Näytteen valmistelu tehtiin samoin kuin seulonnassa, sekoittamalla ja kuivaamalla. Kuivatulla näytteellä täytettiin muoviputki metrin korkeuteen asti, kuitenkin tiivistämättä näytettä. Täytetty putki asetettiin vesiasiaan ja astia täytettiin merkkirajaan asti. Veden kapillaarinen nousu mitattiin vesirajasta silmällä havaittavaan korkeimpaan kohtaan (kuva 21). Mittaukset suoritettiin kokeen alettua 15 minuutin välein ensimmäisen tunnin ajan, jatkossa kahdesti päivässä. Seuranta tehtiin viikon ajan.



KUVA 21. Kuvassa kapillaarisen nousun mittaus.

6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Tutkimustulokset

Tulokset rajoittuvat urakka-alueella Korvenkadulta ja Ketosenkadulta otettuihin näytteisiin. Näyte kohdat on esitetty liitteessä 3, näytteiden rakeisuuskäyrät esitetty liitteessä 4.

Korvenkatu oli ensimmäinen tutkittava katu. Sen työstäminen aloitettiin kadun eteläpäästä. Kadulta otettiin kolme näytettä laboratorionäytteisiin ja rakeisuuskäyrältään ne olivat kaikki routimattomia. Kapillaariset nousukorkeudet viikon seurannan jälkeen olivat kaikilla näytteillä alle 30 senttimetriä. Silmämääräiset näytteet vastasivat seulottuja näytteitä aistinvaraisen katselmuksen mukaan.

Ketosenkadulla katusaneeraus aloitettiin kadun itä-päästä läheltä Tesoman valtatieä. Ensimmäisen näytteet osoittautuessa rakeisuudeltaan routivaksi, otettiin noin 20 m etenemän jälkeen uusi seulontanäyte, jonka rakeisuus ei ollut routivaa. Kapillaaristen nousukorkeuksien ollessa ensimmäisellä näytteellä 33 cm ja toisella 27 cm. Kolmas näyte otettiin Ketosenkadun ja Risuharjunkadun risteysalueelta. Näyte osoittautui routivaksi, näin ollen noin 20 metrin etenemän jälkeen otettiin uusi näyte, jonka rakeisuuskäyrä jäi sallittujen raja-arvojen sisään. Viides näyte Ketosenkadulta otettiin läheltä Korvenkadun risteystä. Näyte ei ollut routivaa.

6.2 Johtopäätökset

Urakka-alue sijaitsee soraharjulla ja alkuperäiset katurakenteet rajoittautuvat lähinnä kadunmuotoiluun käytetystä kerroksesta ja pinnoitteesta. Kuitenkaan alueella ei merkittäviä kosteudesta tai roudasta johtuvia vaurioitumisalueita ollut havaittavissa, yksittäistapauksia lukuun ottamatta. Harjun kiviaineksen koostumuksesta johtuen se imee hyvin sade ja sulamisvedet, eikä ylimääräistä vettä pääse kertymään katurakenteisiin. Asfalttipinnoitteen ohut kerros selittäneekin suurimmanosan siinä havaituista vaurioista.

Korvenkadulla tehtyjen laboratorionäytteiden perusteella katualue on routimaton ja siitä saatavia kaivumaita voidaan käyttää routivuuden osalta uudessa katurakenteessa. Ketosen kadun itä-päässä routiviksi paljastuneet alueet sisälsivät paljon hienoaainesta. Hienoaineksen määrä selittynee osin sillä, että tämä alue on korkeusasemaltaan urakka-alueen

matalimmalla. Hienoainespitoisuuden voidaan olettaa hienoainespitoisuuden johtuvan ilmiöstä, jossa jäätiköiden sulaessa hienoaines kerääntyi harjujen alaosiin. Toisaalta Ketosenkadun itäpäässä Risuharjunkadun risteyksessä havaittiin myös kivituhkaa, jota on voinut sekoittua paikallisesti näytteeseen ja lisätä hienoainespitoisuutta. Ketosenkadulta lähempää Korvenkatua otettunäyte on rakeisuuskäyrältään hyvin samankaltainen verrattuna Korvenkadun näytteisiin.

Alueelle tehdyssä katselmuksessa havaittujen vaurioiden en usko johtuvan roudan aiheuttamista ongelmista. Pinnoitteen kerrospaksuus ja vanha kerrokseton katurakenne ovat mielestäni syytä paikallisille vaurioille.

Urakan jatkuessa voidaan olettaa materiaalien soveltuvan suurelta osin uusiokäyttöön routivuuden osalta. Laboratoriokokein suoritettavia testejä routimattomuuden varmistamiseksi on kuitenkin syytä käyttää alueella tehtävissä töissä.

LÄHTEET

Belt, J., Lämsä, V., Savolainen, M. & Ehrola, E. 2002. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Helsinki: Edita Prima Oy

Ehrola, E. 1996. Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet. Tampere: Rakennustieto Oy.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 3. painos. Tammertekniikka / Amk-kustannus.

Kasari, A. 2013 Valokuva pituushalkeamasta.

Päällysteiden paikkaus. 2009. Toteuttamisvaiheen ohjaus. 31.12.2009. Verkkojulkaisu. Tiehallinto.

Rantamäki, M., Jääskeläinen, R. & Tammirinne, M. 1979. Geotekniikka. 21. painos. Helsinki: Oy Yliopistokustannus

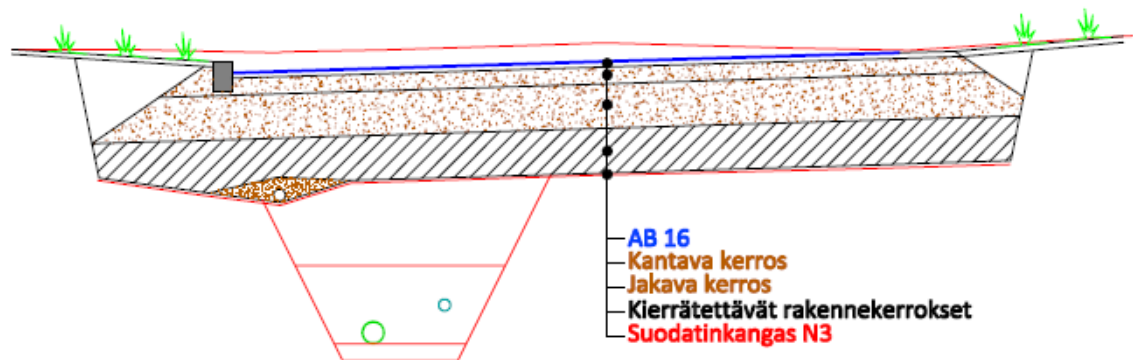
SFS - Käsikirja 179-2. 2008. Geotekninen tutkimus ja koestus, osa 2 maan laboratorio-kokeet. 1. painos. Suomen standardisoimisliitto.

Vanhala, J. Sitomattoman kantavan kerroksen rakentaminen ja kustannukset E-18 hankkeella. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. Uuden katurakenteen poikkileikkaus. Tampereen kaupunki, kaupunkiympäristön kehittäminen, piirustus: 1/16004/R

KATURAKENTEIDEN KIERRÄTYS



RAKENNEKERROKSET	AR
Katuluokka	4
Päällyste AB 16	0.05
Kantava kerros KaM 0/32 *	0.15
Jakava kerros KaM 0/90 *	0.40
Jakava kerros nykyistä kerroksista **	0.40
Suodatinkangas	N3
Yhteensä	1.00

*rakeisuuskäyrät InfraRYL mukaan

**materiaali tutkittava

Liite 3. Näytekohdat kartalla



Liite 4. Rakeisuuskäyrät

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTOKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 4.6.2014

1 (7)

YHDISTETTY PESU- JA KUIVASEULONTA

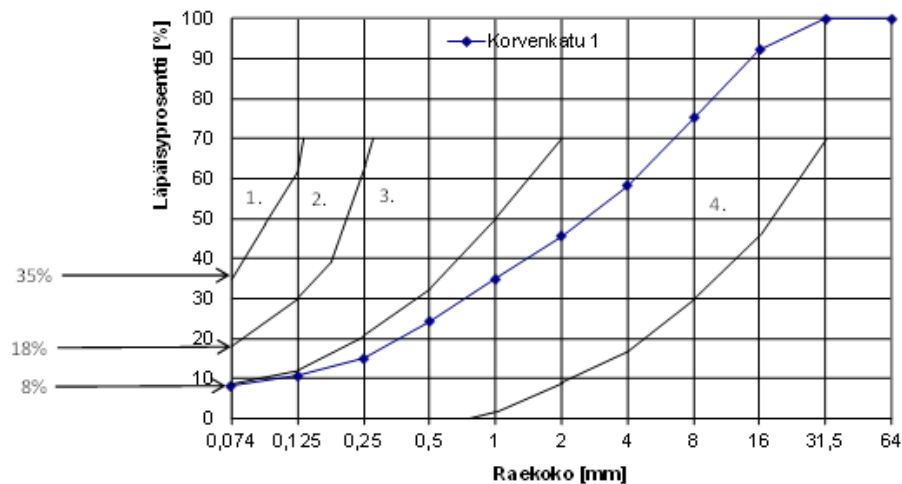
Raportti 12716-14

Tilaja	Maa- ja Vesirakennus Kiri Oy/Tuure Lehtinen
Näytteen tiedot	Raholan katu työmaa

Näyte	Tunnus																	
	Korvenkatu 1																	
	Pestypaino [g]			Seulalle jäänyt			Läpäisy-			Seulalle jäänyt			Läpäisy-					
Seulan silmänsuuruus mm#	g		%		arvo		g		%		arvo		g		%		arvo	
		60,77	8,2	-----			-----			-----			-----			-----		
0,074	18,24	2,5	8															
0,125	32,37	4,4	11															
0,25	67,93	9,2	15															
0,5	78,97	10,7	24															
1	78,03	10,6	35															
2	93,54	12,7	46															
4	126,90	17,2	58															
8	124,91	16,9	75															
16	57,34	7,8	92															
31,5	0,00	0,0	100															
64	0,00	0,0	100															
Yhteensä	739,00	100,0	564															

Pohjalle on lisätty pesuseuloman tulos 0,074 mm läpäissyt 60,18 g.

Suonittaja: Jarmo Oravasaari



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTOKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 26.6.2014

2 (7)

YHDISTETTY PESU- JA KUIVASEULONTA

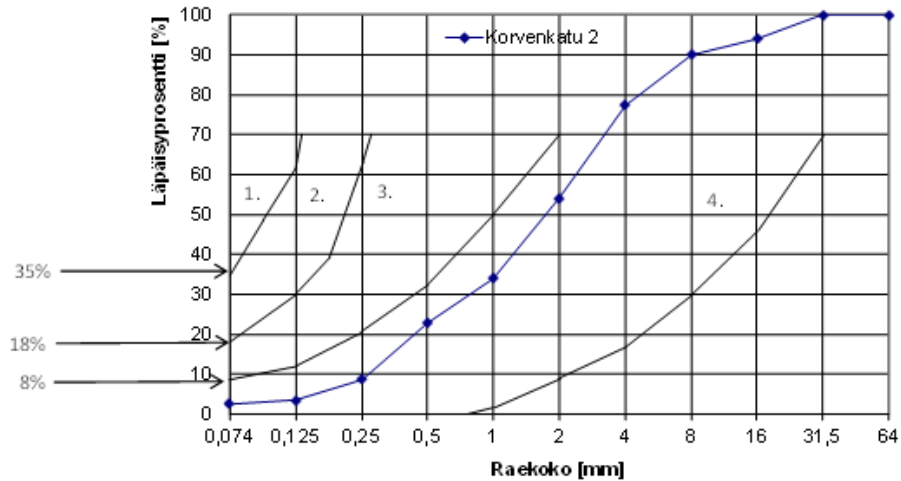
Raportti 12716-14-B

Tilaja	Maa- ja Vesirakennus Kiri Oy/Tuure Lehtinen
Näytteen tiedot	Raholan katutyömaa

Näyte	Turmas											
	Korvenkatu 2											
	Pesty paino [g]											
	824,50											
Seulan silmänsuurus mm#	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo
	g	%	%	g	%	%	g	%	%	g	%	%
Pohja	20,95	2,5	-----			-----			-----			-----
0,074	8,99	1,1	2									
0,125	43,09	5,1	4									
0,25	120,55	14,3	9									
0,5	94,22	11,2	23									
1	169,36	20,0	34									
2	196,55	23,3	54									
4	106,87	12,7	77									
8	33,36	3,9	90									
16	50,87	6,0	94									
31,5	0,00	0,0	100									
64	0,00	0,0	100									
Yhteensä	844,81	100,0	587									

Pohjalle on lisätty pesuseuloman tulos 0,074 mm läpäissyt 20,6 g

Suorittaja: Raimo Leskinen



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTOKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 19.9.2014

3(7)

YHDISTETTY PESU- JA KUIVASEULONTA

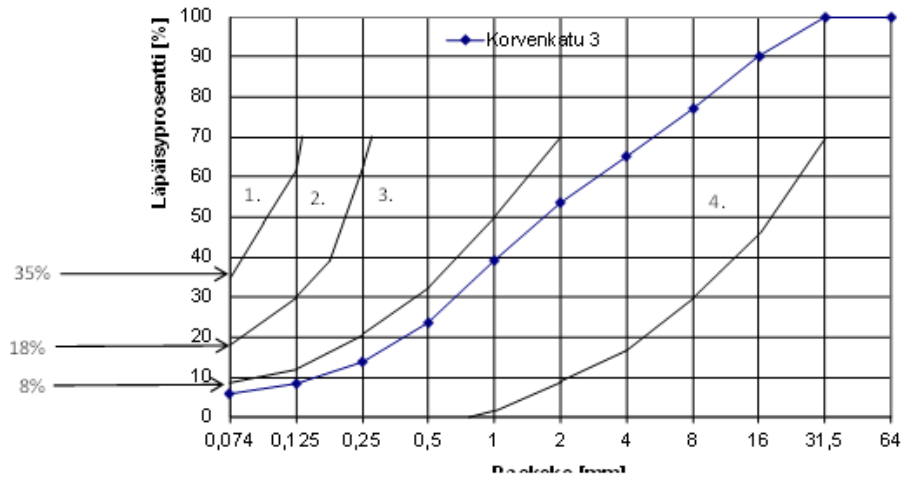
Raportti 12716-14-C

Tilaja	Maa- ja Vesi rakennus Kiri Oy/Tuure Lehtineni
Näytteen tiedot	Raholan katutyömaa

Näyte	Turmus											
	Korvenkatu 3											
Pesty paino [g]	936,30											
Ei pesty paino [g]	992,70											
Seulan silmänsuunnus mm#	Seulalle jäänyt		Läpäisy-	Seulalle jäänyt		Läpäisy-	Seulalle jäänyt		Läpäisy-	Seulalle jäänyt		Läpäisy-
	g	%	arvo %	g	%	arvo %	g	%	arvo %	g	%	arvo %
Pohja	58,70	5,9	-----			-----			-----			-----
0,074	26,10	2,6	6									
0,125	52,10	5,3	9									
0,25	97,70	9,9	14									
0,5	152,70	15,4	24									
1	144,60	14,6	39									
2	114,60	11,6	54									
4	119,20	12,0	65									
8	125,80	12,7	77									
16	99,20	10,0	90									
31,5	0,00	0,0	100									
64	0,00	0,0	100									
Yhteensä	990,70	100,0	577									

Pohjalle on lisätty pesuseuloman tulos 0,074 mm läpäissyt 56,4 g

Suorittaja: Jarno Oravasaari



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 2.9.2014 4(7)

YHDISTETTY PEUSU- JA KUIVASEULONTA

Reportti 12716-14-B

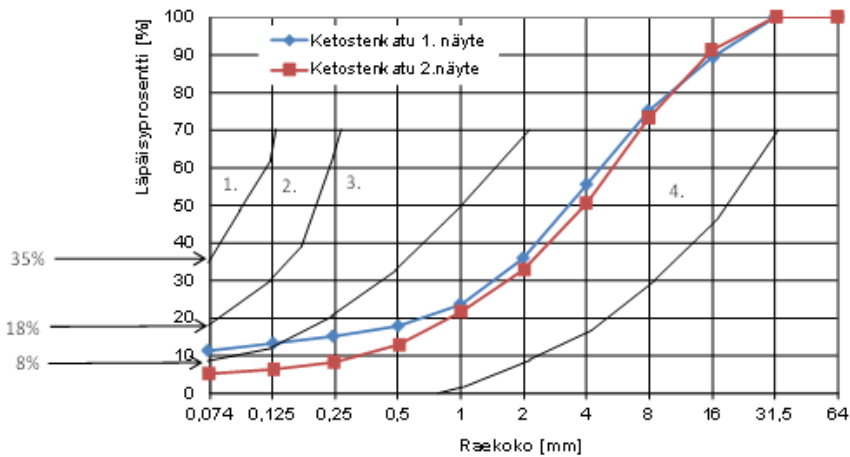
Tilaaja	Maa- ja Vesirakennus Kiri Oy/Tuure Lehtiniemi
Näytteen tiedot	Raholan katutyömaa

Näyte	Tunnus											
	Ketostenkatu 1.näyte				Ketostenkatu 2.näyte							
	Pestyn paino [g]				Ennen pesua [g]							
Pestyn paino [g]	940,3				992,5							
Ennen pesua [g]	1058,0				1048,1							
Seulan silmän suuruus mm #	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo %	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo %	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo %	Seulalle jäänyt		Läpäisy- arvo %
	g	%		g	%		g	%		g	%	
Pohja	118,3	11,3	-----	56,2	5,4	-----						
0,074	19,6	1,9	11	12,4	1,2	5						
0,125	22,0	2,1	13	20,2	1,9	7						
0,25	29,0	2,8	15	45,2	4,3	8						
0,5	57,6	5,5	18	95,3	9,1	13						
1	129,3	12,4	24	115,3	11,0	22						
2	206,6	19,8	36	184,1	17,6	33						
4	203,3	19,4	56	236,6	22,6	51						
8	149,6	14,3	75	189,2	18,1	73						
16	109,9	10,5	89	91,3	8,7	91						
31,5	0,0	0,0	100	0	0,0	100						
64	0,0	0,0	100	0	0,0	100						
Yhteensä	1045,3	100,0	538	1045,8	100,0	503						

Ketostenkatu 1 Pohjalle on lisätty peuseulonnan tulos 0,074 mm läpäissyt 117,7 g.

Ketostenkatu 2 Pohjalle on lisätty peuseulonnan tulos 0,074 mm läpäissyt 55,6 g.

Suorittaja: Jarno Oravasaari



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 3.10.2014

5(7)

YHDISTETTY PESU- JA KUIVASEULONTA

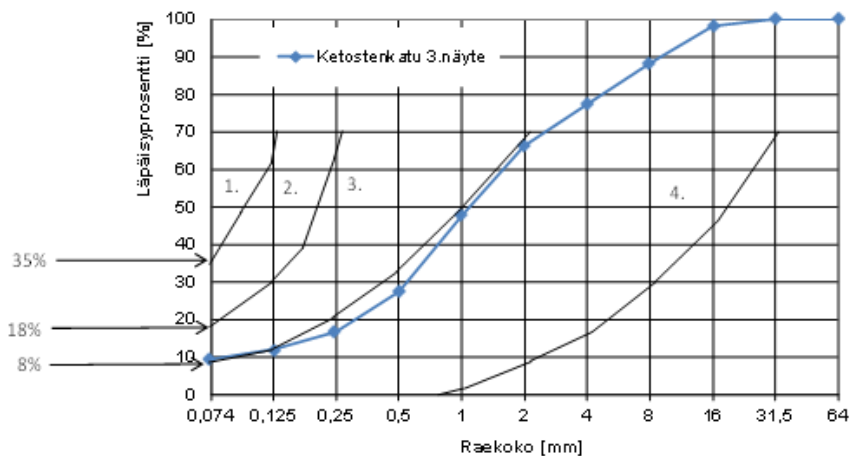
Raportti 12716-14-C

Tilaaaja	Maa- ja Vesirakennus Kiri Oy/Tuure Lehtiniemi
Näytteen tiedot	Raholan katutyömaa Ketostenkatu 3. näyte PL 820

Näyte	Tunnus											
	Ketostenkatu 3.näyte											
Pestyn paino [g]	891,6											
Ennen pesua [g]	979,7											
Seulan silmanasuuruus mm #	Seutalle jäänyt			Läpäisy-			Seutalle jäänyt			Läpäisy-		
	g	%	arvo %	g	%	arvo %	g	%	arvo %	g	%	arvo %
Pohja	91,0	9,3	-----			-----						
0,074	25,9	2,7	9									
0,125	45,5	4,7	12									
0,25	107,8	11,0	17									
0,5	196,8	20,2	28									
1	179,4	18,4	48									
2	108,2	11,1	66									
4	104,2	10,7	77									
8	98,8	10,1	88									
16	18,3	1,9	98									
31,5	0,0	0,0	100									
64	0,0	0,0	100									
Yhteensä	975,9	100,0	643									

Ketostenkatu 3 Pohjalle on lisätty pesuseulonnan tulos 0,074 mm läpäissyt 88,1 g.

Suorittaja: Jarno Orvasaari



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 13.10.2014

6(7)

YHDISTETTY PESU- JA KUIVASEULONTA

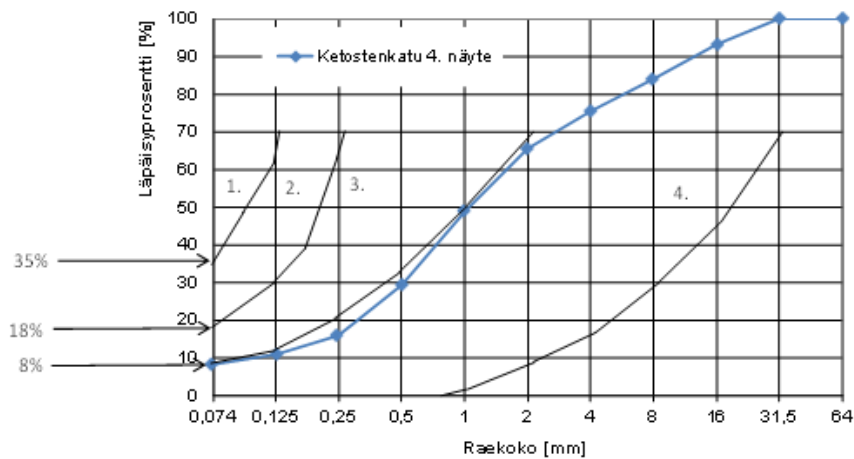
Raportti 12716-14-C

Tilaaja	Maa- ja Vesirakennus Kiri Oy/Tuure Lehtiniemi
Näytteen tiedot	Raholan katutyömaa Ketostenkatu 4. näyte PL 812

Näyte	Tunnus											
	Ketostenkatu 4. näyte											
Pestyn paino [g]	886,4											
Ennen pesua [g]	962,8											
Seulan silmanasuuruus mm #	Seulalle jäänyt		Läpäisy-	Seulalle jäänyt		Läpäisy-	Seulalle jäänyt		Läpäisy-	Seulalle jäänyt		Läpäisy-
	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo
Pohja	78,7	8,2	----			----						
0,074	25,3	2,6	8									
0,125	50,8	5,3	11									
0,25	125,8	13,2	16									
0,5	187,0	19,6	29									
1	160,4	16,8	49									
2	95,6	10,0	66									
4	78,4	8,2	76									
8	89,5	9,4	84									
16	64,8	6,8	93									
31,5	0,0	0,0	100									
64	0,0	0,0	100									
Yhteensä	956,3	100,0	632									

Ketostenkatu 4 Pohjalle on lisätty pesuseulonnan tulos 0,074 mm läpäissyt 76,4 g.

Suorittaja: Eetu Tammisto



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU / RAKENNUSLABORATORIO
KUNTKATU 3, 33520 TAMPERE

Pvm: 21.10.2014 7(7)

YHDISTETTY PESU- JA KUIVASEULONTA

Raportti 12716-14-C

Tilaaja	Maa- ja Vesirakennus Kiri Oy/Tuure Lehtiniemi
Näytteen tiedot	Raholan katu työmaa Ketostenkatu 5. näyte PL 450

Näyte	Tunnus																							
	Ketostenkatu 5. näyte																							
Pestyn paino [g]	962,9																							
Ennen pesua [g]	1009,6																							
Seulan silmän suuruus mm #	Seulalle jäänyt			Läpäisy-			Seulalle jäänyt			Läpäisy-			Seulalle jäänyt			Läpäisy-			Seulalle jäänyt			Läpäisy-		
	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo	g	%	arvo
Pohja	50,0	5,0	----			----			----			----			----			----			----			----
0,074	19,7	2,0	5																					
0,125	31,9	3,2	7																					
0,25	66,5	6,6	10																					
0,5	131,5	13,0	17																					
1	181,9	18,1	30																					
2	173,1	17,2	48																					
4	166,1	16,5	65																					
8	122,5	12,2	81																					
16	64,5	6,4	94																					
31,5	0,0	0,0	100																					
64	0,0	0,0	100																					
Yhteensä	1007,7	100,0	556																					

Ketostenkatu 5 Pohjalle on lisätty pesuseulonnan tulos 0,074 mm läpäissyt 46,7 g

Suorittaja: Jarmo Oravasaari

