



Tuomas Suni

Luonnonkivien asennus ja saumaus katualueilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan insinööri

Insinöörityö

29.8.2021

Tiivistelmä

Tekijä(t): Tuomas Suni
Otsikko: Luonnonkivien asennus ja saumaus katualueilla
Sivumäärä: 44 sivua + 1 liite
Aika: 29.08.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikan insinööri
Suuntautumisvaihtoehto: Infrarakentaminen
Ohjaaja(t): Osastopäällikkö, Juha Väätäinen
Lehtori, Mika Räsänen

Avainsanat: noppakivi, nupukivi, luonnonkivilaatta, katukiveys, saumaus, asennusalusta

Opinnäytetyössä tutkitaan katualueilla yleisimmin käytettävien luonnonkivien eri ominaisuuksia, asennettavuutta erilaisissa paikoissa ja olosuhteissa, sekä kiveysten toteuttamiseen liittyviä haasteita. Tutkimustyön perusteella pyritään selvittämään isoimmat haasteet, jotka koskevat kiveysten rakentamista ja ylläpitoa. Haastatteluiden ja muun tutkimustyön avulla kartoitetaan usein toistuvat haasteet, joiden osalta pyritään saamaan tarkemmat ja helpommin ymmärrettävät ohjeet kaikille osapuolille. Haastatteluiden perusteella saadaan luotettavaa materiaalia erilaisissa tehtävissä toimivilta kivialan asiantuntijoilta. Parhaan lopputuloksen saamiseksi on tärkeää, että jokainen osapuoli ymmärtää kivialaan liittyvät käsitteet samalla tavalla. Haastattelut-osiossa käydään läpi haastatteluiden tulokset ja laajan haastatteluaineiston pohjalta käydään läpi useimmin haastatteluissa esiin nousseet asiat.

Suomessa on pitkä historia luonnonkivien käytöstä katualueilla ja yksi keskeinen syy materiaalivalinnalle on kotimaamme kallioperä, joka tutkitusti kuuluu maailman lujimpiin. Laadukkaat kiveykset kestävä käyttöä eri kohteissa, eikä oikein asennettuna kiveys vaadi yleensä isompia ylläpitotöitäkään.

Abstract

Author(s): Tuomas Suni
Title: Installation and Sealing of Natural Stones in Street Areas

Number of Pages: 44 pages + 1 appendice
Date: 29 August 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Specialisation option: Infraconstruction Engineering
Instructor(s): Juha Väätäinen, Head of Department
Mika Räsänen, Senior Lecturer

The thesis examines the different properties of natural stones most commonly used in street areas, their installability in different places and conditions, and the challenges related to the implementation of the paving stones. The aim of the research project was to find the largest challenges concerning the construction and maintenance of paving stones. Interviews and other research work were used to identify recurring challenges with more detailed and easier-to-understand guidance for all parties. Based on the interviews, reliable material is obtained from stone experts working in various positions. For best results, it is important that each party understands the concepts related to the stone industry in the same way. The interviews section reviews the results of the interviews and, on the basis of extensive interview material, reviews the issues that most often arose in the interviews.

Finland has a long history of the use of natural stones in street areas and one of the main reasons for the choice of materials is the bedrock of our country, which has been studied to be one of the strongest in the world. High-quality pavers are durable for use in various applications, and when installed correctly, the pavement usually does not require major maintenance work.

Keywords: small granite sett, granite sett, natural stone slab, cobblestone, grouting, mounting platform

Sanasto

asennusalusta	Kiveykset ladotaan asennusalustan päälle. Tyypillisesti asennusalustana käytetään joko asennusbetonia, asennushiekkaa tai kivituhkaa.
avoin asfaltti	Vettä läpäisevää asfalttia. Käytetään pääasiassa kiveysten alla tukikerroksena.
betonimärkäsaumaus	Seoksessa on hiekkaa ja sementtiä 1/1 suhteessa. Seosta käytetään esimerkiksi laattojen saumausmateriaalina.
bitumi	Bitumia voidaan käyttää saumausmateriaalina. Bitumin etuna muihin saumausmateriaaleihin on elastisuus.
hiekkasementti	Hiekkasementtiä voidaan käyttää kiveysten saumauksessa.
infraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.
juotosbetoni	Saumauksessa käytettävä juokseva betonimassa.
katu2020	Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet
kivituhka	Kivituhkaa käytetään sekä asennusalustassa, että saumauksessa.
maakostea betoni	Maakostea betoni on rakenteeltaan irtonaista ja hieman vettä sisältävää betonimassaa.
pintakäsittelyt	Kiveyksien pinnan karheudesta käytetään nimitystä pintakäsittely.
saumahiekka	Saumaushiekkaa käytetään kiveysten saumauksessa. Saumahiekka on raekooltaan kivituhkaa hienompaa.
saumausmurske	Saumausmurskeella viitataan infra RYL:issä kivituhkaan (InfraRYL 2020 214311.1.2.1).
shared space	Eri liikennemuotojen yhdistämistä samaan yhteiseen tilaan.

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tavoite	2
1.2	Tutkimuksen rajaus	3
2	Luonnonkivistä yleisesti	5
2.1	Lyhyt historiankuvaus	5
2.2	Suomen kallioperä	6
2.3	Suomen mineraalivarannot	6
2.3.1	Malmivarat	7
2.4	Kivilajien jaottelu	7
2.4.1	Sedimenttikivet	8
2.4.2	Magmakivet	8
2.4.3	Metamorfiset kivet	9
3	Luonnonkiven käyttö rakentamisessa	10
3.1	Tarvekiven louhinta	10
3.1.1	Louhintatyötä koskevat lait ja asetukset	11
3.2	Luonnonkivien käyttö katualueilla ja halutut ominaisuudet	12
3.3	Pintamateriaalin valinta	13
3.4	Nupu ja noppakivet, sekä luonnonkivilaatat	14
4	Ongelmat luonnonkiveyksissä katualueilla ja ohjeen päivitys	18
4.1	Kivien irtoaminen	19
4.2	Pintakäsittelyn valinta	19
4.3	Kiveysten tasaisuus	20
4.4	Asennusalustan valinta	21
4.5	Saumausmateriaalin valinta	21
4.6	Saumanuksen leveys	22
4.7	Asennusalustan ja saumanuksen yhteensovitus	23
4.8	Asennus- ja saumausmateriaalin valinta liikenneympyröissä	23
4.9	Asfaltin käyttö kiveyksen alla	23
4.10	Kiveyksen kyky kestää kuormia asennuksen jälkeen	24
4.11	Kivitöiden valvonta ja kaivuutöiden ennallistaminen	25
5	Laatuvaatimukset	26

5.1	Kiveysten asennusalustamateriaalit ja asennusalustaa koskevat vaatimukset	27
5.1.1	Asennushiekka ja kivituhka	27
5.1.2	Asennusbetoni	29
5.2	Kiveysten saumaus	29
5.3	Saumausmateriaalit	30
5.4	Noppa- ja nupukivien erilaiset pintakäsittelyt	32
6	Tutkimus ja haastattelut	36
6.1	Haastattelujen perusteella ilmenneet huomiota vaativat seikat	37
6.2	Haastatteluissa ilmenneet ristiriidat ja epäselvyydet	37
7	Tulokset ja muutokset ohjeeseen	38
7.1	Luonnonkivilaatat	39
7.2	Noppa- ja nupukivet	40
8	Pohdinta ja yhteenveto	42
	Lähteet	43

1 Johdanto

Kaupunkien keskustoissa käytetään katujen päällysteinä erilaisia pintamateriaaleja. Pintamateriaaleilla saadaan parannettua esimerkiksi liikkumisen mukavuutta. Oikein valituilla materiaaleilla voidaan vähentää esimerkiksi pölyämistä, saada laskettua ajonopeuksia, sekä pintamateriaaleilla on myös suuri esteettinen vaikutus kaupungin yleisilmeeseen. Oikean pintamateriaalin valinta voikin olla haastavaa, kun halutaan ulkonäöltään ja teknisiltä ominaisuuksiltaan sopivaa materiaalia. Kaupungeissa käytettäviä pintamateriaaleja ovat tyypillisesti asfaltti, erilaiset betonikivituotteet ja luonnonkivet. Suomessa kaikkien kaupunkien kadut on päällystetty joko kiveyksillä tai asfaltilla. Yksi vanhimmista päällystemateriaaleista ovat erilaiset luonnonkivet. Luonnonkivillä onkin Suomessa päällystemateriaalina pitkä historia. Jatkuvasti kasvavan liikennemäärän takia, myös päällysteisiin kohdistuvat vaatimukset ovat kasvaneet. Uudemmat ajoneuvot ovat myös painavampia vanhempiin malleihin verrattuna, muun muassa lisääntyneiden turvallisuustekijöiden takia. Kun päällysteisiin kohdistuu enemmän kuormia, vaaditaan eri päällystemateriaaleilta yhä enemmän muun muassa kulutuskestävyyttä.

Opinnäytetyö liittyy vuonna 2008 laadittuun ja vuonna joiltain osin 2017 revisioituun ”Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet” -ohjeen laajempaan päivitystyöhön. Ohjeessa yhtenä osiona on luonnonkiviä koskeva osa-alue, jonka päivittäminen on nähty tarpeelliseksi. Ohjeen päivitystä varten tehdään useita haastatteluja eri osapuolille. Haastateltaviksi valittiin luonnonkivien kanssa eri työvaiheissa työskenteleviä henkilöitä, kuten suunnittelussa ja toteutuksessa, jotka osaltaan vaikuttavat toteutuneiden kiveysten laatuun. Haastateltaviksi valittujen joukko koostuu seuraavista osapuolista: suunnittelijat, toimittajat, konsultit, urakoitsijat, kunnossapidon henkilöt ja rakennuttajat, sekä ohjausryhmä Helsingin kaupungilta. Haastatteluiden lisäksi ohjeen päivitystyötä varten kerätään eri työkohteista rakennussuunnitelmia ja verrataan hyvien, sekä heikommin onnistuneiden kohteiden suunnitelmia toisiinsa. Toteutuneiden kohteiden suunnitelmien ja haastatteluiden avulla on mahdollista saada vertailukelpoista ja luotettavaa materiaalia sekä tämän opinnäytetyön, että opinnäytetyön

rinnalla päivitettävän Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet- ohjeen tueksi. Ohjeen nimi vaihtuu myös päivityksen myötä ja se löytyy jatkossa nimellä ”Helsingin katurakenteiden suunnitteluperiaatteet”. Päivitystyössä ohjeessa runko on lähes sama kuin vanhassa, mutta ohje on päivitetty niiltä osin kuin se on nähty tarpeelliseksi.

Opinnäytetyö tehdään Sitowise Oy:llä Helsingin kaupungin toimeksiantona. Sitowiseltä päivitystyötä ohjaa Juha Väätäinen ja Helsingin kaupungilta Ismo Rantanen. Sitowise on rakennetun ympäristön suunnittelu- ja konsultointiyritys, jossa työskentelee yli 1 900 eri alojen asiantuntijaa. Yritys on fuusioitunut vuonna 2018 kahdesta suuresta suomalaisesta yrityksestä, Sito Oy:stä ja Wise Group Finland Oy:stä. Yritys toimii tällä hetkellä neljässä eri pohjoismaassa, Suomessa, Ruotsissa, Virossa ja Latviassa. Sitowise listautui Helsingin pörssiin maaliskuussa 2021.

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on parantaa kiveyksien laatua katualueilla. Työ tehdään Helsingin kaupungille ja haastatteluiden tulokset luovutetaan koosteena haastatteluiden valmistuttua. Opinnäytetyön yhteydessä päivitetään haastattelujen ja muiden tutkimus- ja selvitystyön perusteella ”Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet” -ohjeen luonnonkiviä koskevaa osiota. Päivitystarve on nähty ajankohtaiseksi, kun on havaittu erilaisia ongelmia kiveysten kanssa. Esimerkiksi jo valmistuneista ja liikenteelle avatuista kiveyksistä on irronnut yksittäisiä kiviä, ulkonäkökysymyksen lisäksi tämällyypiset ongelmat voivat aiheuttaa myös vaaratilanteita liikenteessä. Muun muassa risteysalueilla on ollut ongelmia luonnonkivetysten huonojen lopputulosten kanssa.

Tärkeimpiä keinoja tavoitteen saavuttamiseksi ovat haastattelut ja valmistuneiden kohteiden suunnitelmien vertailu. Haastattelussa haastatellaan eri osapuolia, jotka vaikuttavat osaltaan kivrakentamiseen Helsingissä. Haastattelujen lisäksi pyritään saamaan kohteista suunnitelmia, joiden mukaan kiveykset on rakennettu

ja samalla saadaan tietoa haastateltavien mielestä parhaiten onnistuneista kohteista, joista voidaan ottaa mallia seuraaviin kohteisiin. Haastatteluiden avulla pyritään saamaan myös selville eri osapuolten näkemys siitä, miten alaa olisi hyvä kehittää ja mitkä ovat parhaat käytännöt riittävän laadukkaan työtäljen saavuttamiseksi. Useiden haastatteluiden avulla pyritään saamaan kattavasti tietoa ja näkemyksiä eri osapuolten väliltä ja listata saadut vastaukset vertailukelpoiseen taulukkoon.

1.2 Tutkimuksen rajaus

Tutkimustyö on rajattu yleisimpiin kaduilla käytettyihin luonnonkiviin, joita ovat nupu- ja noppakivet, sekä luonnonkivilaatat. Työssä selvitetään kiveyksiin liittyvät parhaat ratkaisut aina suunnittelutyöstä laadukkaaseen ja viimeistelyyn kiveykseen asti. Laadukas suunnitelma on yksi tärkeimmistä rakentamiseen laatuun vaikuttava tekijä. Suunnittelutyön lisäksi selvitetään työtapojen, pintakäsittelyn valinnan ja kivien alkuperän vaikutusta kiveysten laatuun. Lisäksi pyritään saamaan selville kiveyksille parhaiten sopivat asennus ja saumausaineet eri kohteissa, huomioiden erilaiset pintakäsittelyt. Haastatteluissa esitetään haastateltaville kysymyksiä myös muista pintamateriaaleista kuten maatiilestä, mutta ne on jätetty tästä opinnäytetyöstä pois ja ne löytyvät päivitetystä ohjeesta.

Esitutkimuksessa perehdytään ongelman ytimeen ja selvitetään asiat, jotka voivat vaikuttaa kivetyksissä ilmenneisiin ongelmiin. Perehdytään kohteisiin, joissa ongelmia on ilmaantunut ja niihin, joissa ongelmia ei ole ollut ja verrataan kohteita. Kun kaikki ongelmaan mahdollisesti vaikuttavat asiat ovat tiedossa, aloitetaan itse tutkimustyö. Haastatteluiden ja suunnitelmien perusteella selvitetään, miten kivien valmistusprosessi vaikuttaa kiven ominaisuuksiin, onko kivien pintakäsittelyn vaikutus kivien ominaisuuksiin, kuten käytettävyyteen ja kivien asettamiseen asennusalustalla. Onko asennusalustan materiaalilla vaikutusta lopputulokseen, esimerkiksi, jos asennus tehdään maakostean betoniin, niin olisiko parempi, jos kivet asennettaisiinkin kivituhkaan. Miten asennusalusta vaikuttaa saumausmateriaalin valintaan vai vaikuttaako ollenkaan. Myös eri saumaustyylien

vaikutus selvitetään, olisiko eri saumausmateriaaleilla vaikutusta kivien asettumiseen. Saumauksessa on myös aina esteettisyysnäkökulma, joka vaikuttaa varsinkin historiallisissa kohteissa.

2 Luonnonkivistä yleisesti

Luonnonkivet ovat pääsääntöisesti ulkonäöltään korkealaatuisia, oikeaan paikkaan ja oikein asennettuna erittäin kestäviä ja kestävyytensä ansioista kilpailukykyinen rakennusmateriaali. Suomen kallioperässä on iso joukko erilaisia kivilajeja ja ovat ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia. Esimerkiksi ulkonäkö, fysikaaliset ja käyttötekniset, sekä soveltuvuus eri kohteisiin vaihtelevat. Parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi olisikin tärkeää tuntea kivien materiaalitietoa, eli geologiaa. Kivien louhinnassa ja jatkojalostuksessa vaaditaan eri kivien ominaisuuksien tuntemista ja ammattitaitoa. Kivien asentajien, sekä suunnittelijoiden olisi hyvä tietää kivenjalostuksen perusteet ja työstötekniset mahdollisuudet.

2.1 Lyhyt historiankuvaus

Kallioperämme historia on pitkä ja monivaiheinen. Tutkijat ovat todenneet, että kallioperämme on pääasiassa 1600–2800 miljoonan vuoden ikäistä. On löydetty myös nuorempaa, noin 1000–1300 miljoonan vuoden ikäisiä sedimenttikivilajeja. Nuorimmat rakennuskiviksi kelpaavat Soklin alkalikivimuodostumat ovat syntyneet noin 300 miljoonaa vuotta sitten. [1, s.39.]

Kallioperä joka Suomessa on näkyvillä laajalti, kuuluu maapallon vanhimpiin kerrostumiin, mannerlaatan pintaan. Kivenlohkareet ja kallioiden pinnat ovat muotoutuneet jääkausien vaikutuksista nykyisiin muotoihin. Kallioiden ja kivien pinnat ovat muotoutuneet, kun jäämassojen alla painon vaikutuksesta alkoi lämpötila kohota, samalla jään alle kerääntyi vettä ja jäät lähtivät liikkeelle. Jään alla olevat kivenlohkareet lähtivät jään mukana liikkeelle ja samalla kivien, sekä kallioiden pintaan jäi nykyisin nähtävänä olevat uniikit kalliopinnat. Jäiden liikkeessä yhä eteenpäin, lohkarieet pienenevät ja lopulta osa lohkarieista pieneni niin pieneksi, että olivat lopulta hiekkaa. Hiekan ansioista osa kalliopinnoista ja lohkarieista ovat hyvin sileitä. [1, s.21.]

Luonnonkivillä viitataan laajaan ryhmään ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan erilaisiin kivilajeihin. Luonnonkiven perusarvoja ovat aitous, arvokkuus, käytännöllisyys ja kestävyys. Geologiset piirteet ovat ainutlaatuisia ja jäljittelemättömiä. Luonnonkiviä voidaan käyttää luontevasti kaupunkirakentamiseen, rakennusten julkisivuihin, sekä katujen ja torialueiden pintamateriaaliksi ja erilaisiksi ympäristörakenteiksi, kuten porras-, muuri- ja rantarakenteiksi. Suomalaista luonnonkiveä on myös käytetty mm. 1700-luvulla Pietarin kaupungin merkittäviin rakennuskohteisiin. Näitä edelleen kunnossa olevia kohteita ovat mm. lisäksi kirkon pylväät ja Aleksanteri I:n muistopatsaan monoliittipylväs, Talvipalatsin edustalla. Luonnonkiveä louhittaessa puhutaan ns. tarvekiven louhinnasta. [2.]

2.2 Suomen kallioperä

Kallioperämme muistuttaa ominaisuuksiltaan ja iältään kaivostuotantomaita, kuten Etelä-Afrikkaa, Kanadaa ja Australiaa. Kallioperämme sisältääkin paljon erilaisia malmiesiintymiä ja tarjoaa siten hyvät edellytykset uusien esiintymien löytämiselle. Lisäksi monipuolinen ja laadultaan vaihteleva kallioperä tarjoaa myös paljon raaka-aineita kiviaines- ja luonnonkiviteollisuudelle.

Suomen kallioperä kuuluu samaan Fennoskandian kilpialueeseen, joka ulottuu Norjan, Ruotsin ja Suomen kautta länsi- ja luoteis-Venäjälle. Kilpialueella tarkoitetaan laajaa aluetta, jossa vanha kallioperä on joko esillä tai maakerrosten peittämänä. Kilpialueen kalliopinnan etuna on huomattavasti parempi lujuus verrattuna esimerkiksi sedimenttikerrokseen, joka on pehmeämpää ja huokoisempaa. Sedimenttikerrosta esiintyy muun muassa viron kallioperässä. Suomessa vain yli 650 miljoonaa vuotta vanha kallioperä luetaan peruskallioon kuuluvaksi. [3.]

2.3 Suomen mineraalivarannot

Mineraaliset varannot ovat uusiutumattomia luonnonvaroja. Mineraalivarantojen määrä vähenee aina, kun kallioperää louhitaan. Varantojen määrää ei kuitenkaan tiedetä varmasti ja uusia esiintymiä löydetään edelleen. Mineraalivarannot voi-

daankin jakaa löytämättömiin ja löydettyihin varantoihin. Löydetyt varannot jakautuvat identifioituihin varantoihin, joita ei ole vielä hyödynnetty ja hyödynnettyihin varantoihin eli menneeseen tuotantoon. [4.]

2.3.1 Malmivarat

Malmivaroilla tarkoitetaan mineraaliesiintymien taloudellisesti hyödynnettävää osaa. Kuitenkin toisinaan mineraalivarannoilla viitataan esiintymiin, joita ei taloudellisesti voida hyödyntää tai niiden hyödyntämismahdollisuuksia ei tunneta. Samalla voidaan todeta, että sekä mineraali- että malmivarat muodostavat molemmat oman itsenäisen kokonaisuutensa. [4.]

Malmeja voidaan luokitella usealla eri tavalla. Usein malmit luokitellaan eri metallien mukaisesti, esim. rautamalmi, nikkelimalmi ja kultamalmi. Usein käytetään myös malmin isäntäkiven tyyppiin perustuvaa luokitusta: esimerkiksi tummiin syväkiviin liittyvät nikkelikuparimalmit tai graniittisiin syväkiviin liittyvät nk. porfyiriset kuparimalmit, tai vulkaanisiin kiviin liittyvät kupari-sinkki-lyijymalmit. Malmeja voidaan luokitella myös niitä synnyttävien prosessien kautta: esimerkiksi voidaan puhua magmaattisista malmeista, jolloin malmit esiintyvät magmakivissä ja malmin syntyprosessi liittyy isäntäkiven syntyyn. [5.]

2.4 Kivilajien jaottelu

Kivilajit jaetaan kolmeen pääryhmään: sedimenttikiviin, magmakiviin ja metamorfisiin kiviin. Nämä kolme pääalajia jakautuvat vielä useampaan alahaaraan, mutta tässä opinnäytetyössä ei paneuduta niihin. Seuraavaksi käydään läpi pääalajien synnyntapa ja missä käyttötarkoituksissa niitä voidaan hyödyntää.

2.4.1 Sedimenttikivet

Sedimenttikivet ovat veteen tai kuivalle maalle kerrostumalla ja kovettumalla syntyneet kivet [6]. Yleisimmät rakentamisessa käytetyt sedimenttikivilajit ovat kalkkikivi, travertiini ja hiekkakivi [7]. Tunnetuimpia ja laaja-alaisimpia sedimenttikivimuodostumia ovat Muhoksen savikivi Oulun seudulla sekä Satakunnan hiekkakivi Porin alueella [8].

Ne koostuvat rapautumisen ja eroosion irrottamasta maa-aineksesta, joko mineraalista tai eloperäisestä maa-aineksesta, joka on kivettynyt. Suomessa tavataan runsaasti erilaisia vanhoja, metamorfoituneita sedimenttikiviä, mutta varsinaiset muuttumattomat, ei metamorfoituneet sedimenttikivet ovat varsin harvinaisia. [8.]

2.4.2 Magmakivet

Magmakivet ovat kivilajista eli magmasta syntyneet syväkivilajit. Syväkivilajit ovat tiheitä ja kestää hyvin erilaisia kuormituksia. Magmakiviin kuuluvat muun muassa suomen yleisin kivilaji- graniitti. [9.] Magmakivet jakautuvat rakenteensa ja syvyytensä perusteella kolmeen eri pääryhmään.

- Syväkivet, johon kuuluu esimerkiksi hyvin tunnettu graniitti, dioriitti, gabro, peridootti.
- Juonikivet eli puolipinnalliset kivet. Juonikiviin kuuluu muun muassa diabaasi ja pegmatiitti.
- Pintakivet eli vulkaaniset kivet. Esimerkkinä basaltti luokitellaan vulkaaniseksi kiveksi. [10.]

Syväkiviin kuuluvaa graniittikiveä käytetään Suomessa paljon, kun puhutaan luonnonkivirakentamisesta. Se onkin yksi Suomen yleisimmistä käytetyistä syväkivilajeista. Graniittikivien lisäksi Suomessa muita tärkeitä rakennuskiviä magmasta ovat granodioriitit, dioriitti, gabrot sekä juonikivilajeihin kuuluvat diabaasi. [7.]

Magmakivet syntyvät sulasta kiviaineksesta eli magmasta. Magmat ovat peräisin syvältä maapallon vaipasta tai kuoresta. Ympäröivää ainesta kuumempina ja kevyempinä ne tunkeutuvat ylöspäin ja muodostavat joko erilaisia sulasäiliöitä kilometrien syvyyteen maanpinnasta tai ne voivat purkautua maanpinnalle synnyttäen tulivuoria.

Juonikivet kiteytyvät maankuoren yläosassa syvä- ja pintakivien välimailloilla, jolloin kiteytyminen on nopeampaa kuin syväkivillä, mutta hitaampaa kuin pintakivillä. Juonikiviin kuuluva diabaasi on hyvin kulutusta kestävä kivilaji ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi sisustamiseen ja taiteeseen. Lisäksi kiveä voidaan käyttää muistomerkkinä tai rakennuskivenä. Diabaasi on myös yleinen kiuaskivi, erityisesti oliivinpitaisia diabaaseja käytetään kestävyytensä ansiosta kiukaissa. [11.]

2.4.3 Metamorfiset kivet

Suomen kallioperä on hyvin vanha ja on kohdannut isoja muutoksia mannerlaattojen yhteentörmäyksissä. Laattojen yhteentörmäysten johdosta on suuri kallioperästämme metamorfisia kivilajeja. [15.] Muuttuneet eli metamorfiset kivet ovat uudelleen kiteytyneitä kiviä. Metamorfiset kivet syntyvät, kun sedimentti- tai magmakivet joutuvat uusiin olosuhteisiin, joissa vallitsee aiempaa korkeampi paine ja/tai lämpötila. Metamorfoosissa alkuperäisen kiven mineraalikoostumus usein muuttuu ja mineraalirakeet voivat kasvaa isommiksi. [12.] Metamorfiset kivilajit syntyvät usein syvemmillä kuin sedimenttikerroksen kivettyminen tapahtuu.

Tunnettuja metamorfisia kiviä ovat kvartsiitit, joita käytetään muun muassa verhouksimateriaalina [13], sekä muita liuskekiviä, joita voidaan käyttää myös esimerkiksi kulkuväylien päällysteenä, kun kuormitusta on vähän. Muita tunnettuja metamorfisia kiviä ovat gneissi, sekä maailman tunnetuin kivilaji - marmori, jota voidaan käyttää esimerkiksi lattia- ja seinäpinnoilla sekä kylpyhuoneissa. [14.] Lisäksi kuuluvat muun muassa vuolukivi, josta tehdään hyvän lämmönvarausominaisuuden takia paljon takkoja ja muita tulisijoja. [15.]

3 Luonnonkiven käyttö rakentamisessa

Suomessa oleva kallioperä soveltuu hyvin rakennuskivituotantoon. Erilaiset kivilajit ovat melkein poikkeuksetta hyvälaatuisia ja kestäviä. Suomalaiset rakennuskivet ovat ulkonäöllisesti korkealaatuisia ja kansainvälisesti kysytyjä. Kotimaista graniittikiveä on käytetty jo usean sadan vuoden ajan rakentamisen eri käyttötarkoituksissa. Kiviä voidaan käyttää lähes kaikessa rakentamisessa. Kivistä voidaan rakentaa erilaisia rakennelmia tai käyttää yhtenä rakennusmateriaalina yhdistettynä muihin, kuten betoni- ja puu rakentamiseen. Kallioperästämme rakennuskivien hyödyntämistä kehitetään aktiivisesti ja kotimaisten kivien valikoima kasvaa entisestään. Myös kivien työstötavat ovat kehittyneet ajan saatossa. Aiemmin kalliosta louhittuja lohkaraita työstettiin pitkälti käsin, nyt koneet hoitavat ison osan työstä. Kuitenkaan käsityötäkään ei ole jätetty kokonaan pois ja edelleen osa uusista kiveyksistä on lähes puhdasta käsityötä.

Kotimaassamme louhitut rakennuskivet ovat kauppanimiltään graniitteja, marmoreita, liuskeita, kvartsiitteja, vuolukiviä ja serpentiinejä. Kaupallisessa merkityksessä graniitteihin luetaan diabaasit, syväkivet ja koostumukseltaan graniitteja muistuttavat gneissit ja migmatiitit. [1, s.39.]

3.1 Tarvekiven louhinta

Tarvekiveä louhitaan esimerkiksi talojen julkisivuihin, katukiveyksiin tai hautakiviin. Tarvekiviä louhitaan huolella valituista paikoista, joissa kiven laatu ja ominaisuudet ovat tarvekiviin sopivia. Louhinnassa täytyy pyrkiä mahdollisimman pieniin vaurioihin kiven pinnassa. Vaurioita ovat mm. mikrohalkeilu räjäyttäessä tai virheellinen porauksen suuntaus, jolloin kiven pintaan tulee kolo. Tarvekivi lohkoja myytäessä hinnoitellaan kiven sisällä olevan suora seinämäisen ehjän kiven osuus, eli jos kiven päällä on 5 cm syvä porareikä koko kiven korkeudesta vähennetään 5 cm.

Kiviä voidaan louhia monella tekniikalla. Erilaisia keinoja ovat räjäyttäminen, irti poraaminen, sahaus, kiilaaminen ja polttoleikkaus. Räjäyttämällä kiven sivuille ja

alle porataan pienellä reikä välillä reikiä, jotka panostetaan kevyesti, ja panokset räjäytetään tarkalleen samanaikaisesti. Irti poraamisessa porataan erikoiskalustolla reikiä vieri viereen, jolloin saadaan aikaan railo. Sahaamista käytetään mm. pehmeän vuolukiven louhinnassa, jolloin kivi leikataan kalliosta irti isolla moottorisahaa muistuttavalla laitteella. Kiilaamisessa kiveen porataan rivi reikiä, joihin isketään kiilat, jotka aiheuttavat kiveen jännityksen ja lopulta lohkaisevat sen.

Tarvekiven louhinta aloitetaan irrottamalla kalliosta ensin "kami" eli iso lohko, jonka koko vaihtelee, yleisimmän koon ollessa noin 1000–2000 kuutiometriä. Tämän jälkeen "kamista" lohkotaan useiden vaiheiden kautta halutun kokoisia palasia. [16.]

3.1.1 Louhintatyötä koskevat lait ja asetukset

Luonnonkivien louhinta on Suomessa luvanvaraista toimintaa ja louhintatyötä ja maa-ainesten ottoa säädetään eri lakien avulla. Pääasiassa maa-aineslaki [555/1981](#) (Finlex) ohjaa maa-ainesten ottamista niin, että luonnon ja maiseman sekä muiden ympäristöarvojen suojeleminen voidaan turvata kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti. Maa-aineslakia on tarkennettu joiltain osin valtioneuvoston asetusten mukaisesti [926/2005](#) (Finlex).

Maa-aineslain ja asetuksen lisäksi tulee ottaa huomioon myös esimerkiksi seuraavat muut keskeiset lait:

- ympäristönsuojelulaki [527/2014](#) (Finlex)
- vesilaki [587/2011](#) (Finlex)
- maankäyttö- ja rakennuslaki [132/1999](#) (Finlex)
- luonnonsuojelulaki [1096/1996](#) (Finlex)
- laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä [468/1994](#) (Finlex)

Maa-ainesten ottamiseen voivat vaikuttaa myös:

- metsälaki [1093/1996](#) (Finlex)
- laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä [1299/2004](#) (Finlex)

- maantielaki [503/2005](#) (Finlex)
- ratalaki [110/2007](#) (Finlex)
- muinaismuistolaki [295/1963](#) (Finlex). [17.]

Lisätietoa esimerkiksi maa-ainelakia ja ympäristöä koskevissa asioissa on saatavilla suoraan ympäristöministeriöstä.

3.2 Luonnonkivien käyttö katualueilla ja halutut ominaisuudet

Luonnonkiviä on käytetty Suomessa katualueilla jo kauan aikaa. Suomen kallio-perästä louhimalla saatujen lohcareiden työstettävyys ja kulumiskestävyys ovat erinomaisia. Luonnonkivipäälysteitä on perinteisesti käytetty Suomessa lähinnä pääkatujen ja torien päälysteenä suurkaupungeissa. Perinteisten nupu- ja nop-pakivien ohella on tarjolla myös paljon erilaisia mittatarkkoja ja viimeistelyjä päällyskivituotteita useista eri kivilaaduista. Päälyskivien tuotantomenettely on jatkuvasti kehittynyt ja tuotanto on tekniikan kehittyessä siirtynyt suurimmaksi osaksi koneiden tehtäväksi. Kotimaisien luonnonkivien lisäksi Suomessa käytetään katurakentamisessa myös paljon tuontikiviä.

Laadukkaiden luonnonkivien ominaisuuksia ovat:

- Kestää hyvin kuormia ja kulutusta
- Deformoitumaton päälyste raskaastikin liikennöidyillä alueilla
- Kestää hyvin erilaisia kemikaaleja, kuten öljyä ja polttoaineita
- Kunnossapitokustannukset ovat alhaiset, johtuen mm. hyvästä kulutuskestävyydestä
- Kiveyksen korjaus on kohtalaisen helppoa ja vanhat kivet voidaan yleensä asentaa uudelleen
- Kivilaadun ominaisuuksien vuoksi esimerkiksi luonnollisen väri vaihtelun takia voidaan luoda visuaalisesti erilaisia kiveyksiä, samasta kivilaadusta
- Kiveä on helposti saatavilla lähes kaikkialle
- Kivi on palamaton materiaali. [1, s.139.]

3.3 Pintamateriaalin valinta

Katuympäristössä on erilaisilla pintamateriaaleilla suuri merkitys suunniteltavan alueen yleiseen viihtyvyyteen, laatuun ja kaupunkikuvaan. Suunnittelussa tulee myös huomioida eri pintamateriaalinen yhteensopivuus muuhun rakennettuun ympäristöön, kuten rakennuksiin. Materiaalin valinnassa tulee huomioida esimerkiksi eri värisävyt ja erilaiset tyyli. Tyypillisesti katuympäristössä suositaan yksinkertaisia ja selkeitä pintamateriaaleja, mutta erilaisia materiaaleja, sekä värisävyjä yhdistelemällä voidaan tehdä myös paljon monimuotoisempia ja vaihtelevia pintakuvioita. Hyvin valitut pintamateriaalit voivat täydentää ympäröivien rakennusten luomaa arkkitehtonista kokonaisuutta ja voivat parantaa ympäristön hahmottamista ja liikkumista paikasta toiseen. [18.]

Pintamateriaalin valintaan vaikuttaa katuympäristön toiminnot ja niiden jäsentely. Valittaessa pintamateriaalia ajoradalle, tulee valinnassa huomioida pintamateriaaliin kohdistuvat vaatimukset. Ajoradalla olevien pintojen pitää kestää liikennekuorman ja kulutuksen lisäksi ympärivuotisen kunnossapidon aiheuttamat rasitukset kuten lumen aurauksen ja hiekan, sekä pölyn poistaminen sulan maan aikana. Ajoradalla yleisimmin käytetty pintamateriaali on asfaltti. Erilaisia kiveysmateriaaleja voidaan käyttää ajorataan liittyvillä alueilla, kuten suojateillä, pysäköintitaskuissa, pysäkeillä, reuna-alueilla, pysäköintitaskuissa ja korokkeilla. Myös kaupunkikuvallisesti merkittävissä kohteissa, kuten erilaisissa historiallisissa paikoissa, shared space -alueilla, sekä alueilla, joissa on vain vähän liikennettä, voidaan käyttää betoni- tai luonnonkiveä päällystemateriaalina. [18.]

Pintamateriaalin valinnassa jalankulkualueilla tulee ottaa huomioon pinnan eri karkeusasteet, materiaalin säänmukainen käyttäytyminen, sekä pinnan pehmeys ja kovuus. Jalankululle suunnitelluilla alueilla käytetään usein asfalttia, betoni-, sekä luonnonkiviä. Jalankulkuun tarkoitetuilla alueilla huomioidaan eri esteettömyysnäkökohdat sekä -vaatimukset.

Pintamateriaaleilta vaaditaan myös erilaisia ominaisuuksia. Säänkestävyyden ja pitkäikäisyyden lisäksi materiaaleilta vaaditaan näyttävyyttä ja edustavuutta. Materiaalin tulee kestää myös kemialliset ja fysikaaliset rasitukset. Pintamateriaaleille on määritetty tietyt tekniset vaatimukset, joita tulee noudattaa sekä hankinnassa että rakentamisessa. Suomen kaltaisissa olosuhteissa, kun talvella lämpötila laskee pakkasen puolelle, esimerkiksi kivien vedenimukyvyille on määritetty tietyt toleranssit, etteivät kivet hajoa jäätyessään. [18.]

3.4 Nupu ja noppakivet, sekä luonnonkivilaatat

Noppakivi: Noppakivellä tarkoitetaan tasasivuista kuution muotoista kiveä. Noppakiven sivujen pituudet ovat yleensä 50, 90 tai 140 mm. Suomessa yleisimmin käytetyn noppakiven sivumitta on 90 mm. Harvemmin katualueilla käytetyt pienemmät 50 mm pikkunoppakivet asennetaan aina maakostean betoniin, jotta talvella lumenpoisto ja routa eivät irrottaisi niitä. [18.]



Kuva 1. Vasemmalla yksittäinen noppakivi, oikealla kuvassa noppakiveys ohjaa pyöräilijöitä ja jalankulkijoita Helsingissä Erottajan aukion läheisyydessä. Kuvat: Tuomas Suni

Nupukivi: Nupukivellä tarkoitetaan graniittikiveä, joka on yläpinnaltaan suora-kaide ja korkeus on yleensä yhtä suuri kuin leveys. [18.] InfraRYL:issä määritetään noppakiven koko niin, että kiven koko on yleensä (140 x 140 x 200-280) mm.



Kuva 2. Kuvassa vasemmalla "matala" 8 cm korkea nupukivi ja oikealla nupukivetystä Helsingissä pohjois-Esplanadilla. Kuvat: Tuomas Suni

Luonnonkivilaatta: Laatta on suorakaiteen muotoinen kappale, jonka nimellisleveys on suurempi kuin 150 mm ja yleensä suurempi kuin 2 kertaa sen paksuus.



Kuva 3. Kuvassa vasemmalla luonnonkivilaatta, oikealla laatoitusta Helsingistä Erottajan aukiolta. Kuva: Tuomas Suni

Luonnonkivien käyttö päällystemateriaalina katualueilla on kestävä ratkaisu, vaikka liikenne ja sääolosuhteet aiheuttavat paljon erilaisia vaatimuksia. Kiveyksien ominaisuuksia kuvataan tarkemmin luvussa 2 ja voidaankin todeta, että esimerkiksi kallioperän laatuvariaatio vaikuttaa kivien ominaisuuksiin kuten kestävyteen kuormia vastaan. Suomessa on ainakin rakentamisessa käytettäville materiaaleille määritelty erilaisia vaatimuksia. Seuraavassa kappaleessa käydään luonnonkiviä koskevia vaatimuksia tarkemmin läpi. Kiviä testaan muun muassa vedenimukyvyyn, pinnan karheuden ja puristuslujuuden osalta. Kiveyksiä koskevat vaatimukset määritetään InfraRYL:issä ja niitä tarkennetaan työselostukseen

tarvittaessa, työselostus on asiakirja, jonka mukaan työ suoritetaan ja työselostus on aina määräävä asiakirja rakennettaessa.

4 Ongelmat luonnonkiveyksissä katualueilla ja ohjeen päivitys

”Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet” -ohjeen päivityksessä on yhtenä osana ohje luonnonkivien käytöstä katualueella. Ohjeen päivitystyö on liitetty myös tähän opinnäytetyöhön ja päivitykseen tulevat muutokset on myös listattu tähän opinnäytetyöhön. On tullut ilmi, että ohjeeseen olisi syytä tehdä tarkennuksia, tietyiltä osin. Päivitettävä ohje on laadittu 1.10.2008 ja revisioitu tietyiltä osin 10.3.2017. Vuonna 2017 ilmestyneessä revisiossa on tullut lisäyksiä myös luonnonkiviä koskevaan osuuteen. Luonnonkiviä koskevissa ohjeissa viitataan InfraRYL:in ja KATU 2002 versioihin, joista molemmista on tullut uusi päivitys. Ohjeen päivitystarve on syntynyt, kun on ilmennyt tiettyjä ongelmia luonnonkivien kanssa ajoradalla. Lista seuraavaksi haastatteluissa ilmi tulleet ongelmat ja listatut ongelmat on käyty tarkemmin läpi seuraavassa kappaleessa. Ison haastattelumateriaalimäärän takia haastattelun tuloksia ei voida tähän opinnäytetyöhön liittää kokonaisuudessaan. Seuraavaksi käydään haastatteluissa ilmi tulleet ja samalla eniten toistuvia epäkohtia, ongelmat ovat poimuttuja haastatteluiden tuloksista ja toimivat samalla haastattelun tulosten avaamisena.

- Kivien irtoaminen valmiista kiveyksistä
- Oikean pintakäsittelyn valinta
- Pinnan epätasaisuus
- Ongelmia saumauksessa
- Saumausmateriaalin valinta
- Saumauksen leveys
- Asennusalustan valinta
- Saumauksen ja asennusalustan yhteensovitus
- Asennus- ja saumausmateriaalin valinta liikenneympyröissä
- Asfaltin käyttö kantavana kerroksena
- Maakostean kuivumisaika
- Kivitöiden valvonta ja kaivuutöiden ennallistaminen

4.1 Kivien irtoaminen

Yksittäisiä kiviä on irronnut esim. ajoneuvoliikenteen vaikutuksesta ja ongelmaan haluttiin haastatteluiden ja muiden tutkimusten pohjalta vastaus. Yksittäisten kivien irtoamien valmista kiveyksestä voi johtua monesta asiasta. Suurin ongelma kivien irtoamisongelmassa liittyy kivien pintakäsittelyyn, asennusalustaan, sekä saumaukseen. Jos kiveys tehdään maakostean betonin päälle ja saumataan saumahiekalla, tai kivituhkalla on suuri riski, että kiveys hajoaa nopeastikin kokonaan tai osittain. Nyrkkisääntönä voidaankin pitää ”kova alusta – kova sauma” ja ”pehmeä alusta - pehmeä sauma” -sääntöä. Jos kiveys asennetaan maakosteaan betoniin, tulisi saumaus tehdä myös lujalla saumausaineella esimerkiksi märkäbetonisaumaus aineella. Kivien pintakäsittelyllä on myös suuri merkitys kiveyksen kestävyys. Mitä sileämpi kivi, sitä huonommin kivi pysyy hiekkapohjaisessa asennusalustassa. Myös asennusalustan joustamattomuus esimerkiksi maakostealle betonille asennettaessa voi olla huono vaihtoehto, jos kiveyksen päällä tulee olemaan kiertävää liikettä kuten risteysalueilla. Jos maakostean betonin päälle asennettu kivi pääsee syystä tai toisesta irtoamaan ladonnasta, ei kyseinen kivi enää asetu paikalleen liikenteen alla, toisin kuin hiekkapohjaisessa asennusalustassa se on mahdollista. Myös kiveyksessä muutoin käytettyä kiveä pienemmäksi leikatut kivet nousevat herkemmin ylös esim. reunapaikoissa, johon kiveys päättyy. Tämä ongelma voidaan ratkaista käyttämällä käytettyä kiveä isompaa kokoa, josta voidaan leikata jopa hieman ladontakiveä suurempi pala kiveykseen. Toinen hyvä vaihtoehto on tehdä kiveysten reunat mahdollisimman suurilla kivillä ja asetella pienemmät tasauskivet jo ennen reunimmaisten kivien ladontaa.

4.2 Pintakäsittelyn valinta

Kivien pintakäsittelyllä on suuri merkitys kiven käytettävyyden ja esteettisyyden kannalta. Pintakäsittelyn valintaan vaikuttaa tuleva käyttötarkoitus, ympäristön vaatimukset esimerkiksi historialliset kohteet, joihin voidaan haluta samannä-

köistä pintaa. Pintakäsittelyllä viitataan kiven karkeuteen. Kiven pinta voi olla todella sileä kiillotettu tai lohkottu, lohkottu pinta on karkein pintakäsittely kiveyksissä.

Pintakäsittelyä valittaessa tulee ottaa huomioon, tuleeko kiveys jalankulku- vai ajoneuvoliikenteen alueelle. Jalankulkuun parhaimpana karkeusasteena voidaan pitää karkeaa- tai keskikarkeaa ristipäähაკkausta tai poltettua pintaa. Jalankulkualueilla pinnalta vaaditaan riittävästi karheutta, mutta kiveys ei saa olla liian epätasainen.

Ajoneuvoliikenteen alla voidaan pintamateriaalina käyttää hyvin lohkottua pintaa, kun kivet asennetaan laadukkaasti. Myös hienommat pintakäsittelyt sopivat ajoradoille, kun varmistetaan pintakäsittelylle sopiva asennus- ja saumaustapa. Kiveyksellä voidaan myös vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen ja oikein suunniteltuna voidaan vaikuttaa myös ajonopeuteen. Karkeammalla pintakäsittelyllä voidaan saada laskettua ajonopeuksia, epätasaisemman pinnan ansiosta verrattuna esimerkiksi tasaiseen asfalttipintaan.

4.3 Kiveysten tasaisuus

Kiveysten laatu ja tasaisuus ovat pääasiassa haastatteluiden perusteella kiitettävällä tasolla. Muutamia tyypillisiä paikkoja nousi kuitenkin esiin, joissa olisi parantamisen varaa. Kiveysten tasaisuus on yleensä huonointa, kun eri materiaalit kohtaavat. Ongelmia on ollut esimerkiksi kaivojen ympäristöissä ja muissa kiveykseen yhdistetyissä rakenteissa. Kiveyksen pinnan pitäisi olla jo esteettömyysvaatimusten mukaisesti riittävän tasainen, jotta esimerkiksi sokeilla olisi mahdollisimman hyvä liikkua eri alustoilla. InfraRYL:issä määritetään, että kaivojen kannet tulee olla 0–5 mm ja huleveden keräilykaivot 5–10 mm kiveyksen alapuolella. Jotta ns. kompastuskiviä ei tulisi, olisi hyvä määrittää myös kiveyksille yleinen tasaisuusvaatimus +/- 5 mm aina kiveyksen yhdistyessä muuhun rakenteeseen, jonka tarkoitus on toimia kiveyksen tavoin tasaisena alustana kiveyksen mukaisesti. Kiveykseen liitettyjä alustoja ovat vaikkapa juuristoritilät ja maahan asennetut kiinteät valaisimet. Haastatteluissa ehdotettiin usein, että kiveyksiä

tehdessä vaadittaisiin aina mallikatselmus, jolloin sekä urakoitsija, että tilaaja saisi yhteisen käsityksen vaaditusta laadusta. Mallityön kooksi ehdotettiin aukoilla keskimäärin 20–30 m².

4.4 Asennusalustan valinta

Asennusalustan valintaan vaikuttaa moni huomioon otettava asia. Perinteisesti noppa- ja nupukivet on asennettu hiekka-alustaan ja edelliseen kappaleeseen viitaten hiekkasaumaan. Luonnonkivilaatat tulisi aina asentaa asennusbetoniin tai maakosteaan betoniin "lillittämällä" katualueilla ja alueilla, missä joudutaan ajamaan työkoneilla tai on mahdollista, että kiveykseen kohdistuu jalankulkua kovempia kuormituksia. Luonnonkivilaatat saattavat lähteä liikkumaan vähäliikenteisilläkin alueilla, jos ne on asennettu hiekka-asennusalustalle. Käytettäessä hiekkapohjaisia tuotteita asennusalustassa voidaan myös käyttää kivituhkan ja saumaushiekan yhdistelmää niin, että saumaushiekalla tasataan vain ohut kiveyksen alle jäävä kerros ja muu osa asennushiekasta on kivituhkaa.

4.5 Saumausmateriaalin valinta

Saumausmateriaalia valittaessa tulisi ottaa huomioon kiveyksen tuleva käyttötarkoitus, kunnossapidon vaatimukset ja esteettisyys. Saumausta valittaessa elastisuutta vaativiin kohteisiin kuten kiskoalueelle, tulisi saumausmateriaalin olla joustavaa, sekä kiskojen välissä että riittävän kaukana kiskojen ulkopuolella. Kiskoalueella joustavuutta vaaditaan metallisen kiskon kutistumis- ja laajentumisvaikutuksesta ilman lämpötilan vaihtelun mukaan. Tyypillisesti saumausmateriaalina elastisuutta vaativilla alueilla käytetään bitumisaumausta. Bitumisauman käyttöön liittyvät ongelmat ovat yleensä esteettisyyteen ja käytettävyyteen liittyviä. Ongelmia on ollut bitumisaumausta käytettäessä jalankulkualueilla, koska bitumi saattaa liata kengät ja korkokenkiä käytettäessä korko saattaa mennä bitumisaumasta läpi. Noppa- ja nupukivialueilla, joita joudutaan usein harjaamaan, muun muassa torialueilla, on saumauksen valinta usein haasteellinen. Bitumisaumaus voi kuumetessaan sotkea, harjakone viedä saumahiekkää, tai kivituhkaa mukanaan ja kovettuvat saumatuotteet saattavat esteettisyyden vuoksi olla

huono valinta. Torialueilla ja säännöllistä harjausta vaativissa paikoissa maakostean betoniin asennettuna ja kovettuvalla saumausräikkösaumalla saumattuna olisi torialueet ainakin kunnossapidon kannalta helpoin vaihtoehto. Kuitenkin esteettisyysnäkökulma huomioiden olisi toisten mielestä hiekka-asennus ja hiekka/kivituhka-sauma paras vaihtoehto. Hiekkasaumat vaativat aluksi enemmän kunnossapitoa vaativia töitä, jos aluetta harjataan usein, kuitenkin ajan kanssa myös saumaushiekka/kivituhka-sauma asettuu yleensä paikoilleen ja tiivistyy kestäväksi ratkaisuksi.

Saumausräikkösaumoihin saatiin haastatteluiden perusteella useita tarkennuksia, kuten kun käytetään saumauksessa hiekkaa tai kivituhkaa, tulisi saumausräikkösauman olla kuivattua. Kuivattu kivituhka tai hiekka menee paremmin sauman väleihin ja saumasta tulee samalla laadukkaampi. Maakostean betonin osalta haluttiin täsmentää betonin riittävää kastelua, jotta saavutetaan mahdollisimman luja kokonaisuus alustan ja kiven välillä.

4.6 Saumauksen leveys

Saumauksen leveydestä saatiin haastatteluiden perusteella paljon samansuuruisia tuloksia. Lohkotut tai muut karkeamman pintakäsittelyn kivet (nupu- ja noppakivet) tulos on 10 mm, kun asennus tapahtuu hiekkaan tai kivituhkaan. Sahatuille ja muille sileäksi pintakäsitteltyille kiville olisi sauman ihanneleveys 5 mm. Sahatut ja muut sileän pintakäsittelyn omaavat kivet tulisi asentaa myös ajoradoilla ja kevyenliikenteen väylillä asennusbetoniin tai maakostean betoniin kivien kiinnitysohjelmien takia. Bitumin ja muiden paksumpien saumausräikkösaumamateriaalien kanssa voidaan sauman kooksi määritellä 15 mm jotta saumausräikkösauma menisi varmasti kivien saumoihin.

4.7 Asennusalustan ja saumauksen yhteensovitus

Asennusalustan ja saumauksen sopivuus yhteen vaikuttaa merkittävästi kiveyksen käyttöikäen. Nyrkkisääntönä voidaankin pitää, että jos käytetään betonipohjaista asennusalustaa, esimerkiksi maakostea betonia, tulisi myös saumausta tehdä ”kovalla” saumamateriaalilla, joka ei joustaa. ”Kovia” saumamateriaaleja ovat muun muassa betonimärkäsaumausta, sauma-aineet kuten ROMPOX® yms. Vääränlaisen asennusalustan ja saumaust materiaalin yhdistämisessä ongelmaksi voi koitua kivien irtoaminen ja kiveyksen vaikea korjaaminen, kun yksittäisiä kiviä joudutaan vaihtamaan, varsinkin jos asennusalustana on jokin kova alusta esimerkiksi maakostea betoni.

4.8 Asennus- ja saumaust materiaalin valinta liikenneympyröissä

Liikenneympyröissä kiveyksiin kohdistuu varsinkin raskaan liikenteen takia paljon sivuttaisia hankaavia voimia. Haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että jos liikenneympyrän säde on mitoitettu niin, että yhdistelmäajoneuvot joutuvat leikkaamaan sisäkaarteessa olevan kiveyksen päälle, tulisi kiveyksen myös joustaa hieman. Jos liikenneympyrän kiveys on asennettu maakosteaan betoniin ja saumattu ns. kovalla saumaust aineella, on kiveys lähes joustamaton. Kun kiveys ei joustaa, voi liikenteen alla olevat kivet joko lähteä irti tai kivien pinta jopa lähteä halkeilemaan. Liikenneympyröissä kestäviä asennus- ja saumaust materiaaleja ovat hiekkatuotteet, varsinkin jos on todennäköistä, että kiveyksiin kohdistuu paljon sivuttaisia hankaavia voimia.

4.9 Asfaltin käyttö kiveyksen alla

Asfalttia voidaan käyttää kiveyksen alla lisäämään maaperän kantavuutta ja asfaltti mahdollistaa oikeaan korkoon asennettuna tasaisen asennusalustan. Asfalttiina käytetään usein ns. avointa asfalttia. Avoin asfaltti on riittävän huokoinen ja johtaa kiveyksen läpi pääsevä vesi alempiin rakennekerroksiin. Asfaltin käyttöön liittyy myös omat huonot puolensa. Asfaltin käyttö kiveyksen alla voi olla epätarpeellisen mukainen kohteissa, joissa maaperä painuu epätasaisesti, esimerkiksi

kaukolämpöputkityön jälkeen, jos täyttökerroksia ei ole tiivistetty riittävästi. Kaukolämpöputkien ympärystäyttö voi olla haastavaa, kun putket ovat asentamistyön jäljiltä irti asennusalustasta hitsaustyön takia. Lisäksi putket ovat usein niin lähellä toisiaan, että niiden väliin ei mahdu perinteisesti käytettävät maantiivistuskoneet. Kaukolämpöputkien asentamisen yhteydessä tiivistäminen onnistuisi parhaiten veden avulla, mutta ongelmaksi tässä tulisi riittävän vesimäärän saatavuus. Asfaltin avulla saadaan parannettua maaperän kantavuutta, mutta sillä ei voida korvata huonosti tiivistettyjä rakennekerroksia, koska asfaltti murtuu, jos siihen kohdistuu liikaa kuormitusta ja samalla kiveys painuu epätasaisesti.

4.10 Kiveyksen kyky kestää kuormia asennuksen jälkeen

Haastatteluissa kartoitettiin aikaa, milloin juuri valmistunut kiveys on valmis kestämään liikenteen aiheuttamat rasitukset. Vastaus oli selkeä hiekka, tai kivituhka-alustan ja hiekka, tai kivituhka saumauksen kanssa. Hiekkapohjaisten tuotteiden kanssa liikenteen voi päästää kiveyksen päälle heti kun kiveys on valmis ja saumattu. Saumaus tuleekin tehdä erittäin huolellisesti, koska huonon saumauksen takia on vaarana, että kiveys voi lähteä purkautumaan, jos kiveys pääsee liikaa elämään.

Maakostean betonin kanssa kuivumisajat vaihtelivat haastatteluiden mukaan paljon. Vastausten vaihteluväli oli muutamasta päivästä muutamaan viikkoon. Maakostean betonin ja esimerkiksi märkäbetonisaumauksen kuivumisaika voidaan laskea, kun tiedetään ilman lämpötila ja kosteusprosentti. Ulkotiloissa olevia kuivumisaikoja onkin vaikea määrittää, kun ilman lämpötila ja sateet voivat häiritä optimaalista kuivumista. Yleisin haastatteluista saatu vastaus oli, että betonipohjaiset alusta- ja saumauseräkkeet vaativat kesällä 7 vuorokautta kuivumisaikaa ja kiveyksen tulisi kestää riittävästi kuormitusta. 7 vrk voi olla paljon, jos kyseessä on vilkkaasti liikennöity alue. Tästä syystä esimerkiksi pienet alueet ja jos kyseessä on noppa- tai nupukivi ja riittävän karkeapintainen pintakäsittely, on Helsingin kaupungin kunnossapidon ohjeistuksena paras ratkaisu asentaa ja sau-

mata kivet joko hiekalla tai kivituhkalla. Jos kyseessä on hieno pintakäsittely, paras ratkaisu on asentaa kivet betonialustaan ja saumata esimerkiksi laattojen kanssa usein käytetyllä betonimärkäsauma-aineella.

4.11 Kivitöiden valvonta ja kaivuutöiden ennallistaminen

Yksi haastatteluista esiin noussut haaste liittyy kaivuutöiden ennallistamiseen. Aiemmin asfalttia koskevassa aiheessa käytiin läpi asfaltin käyttöön liittyvät haitat, jos asfaltilla joko tiedostaen tai tietämättä pyritään saamaan korvattua huonosti tiivistyneet tai muuten huonosti tiivistyvät rakennekerrokset. Kaivuutöiden ennallistamisessa nousseet haasteet liittyvät haastatteluiden perusteella suurimaksi osaksi nimenomaan painuviin rakennekerroksiin.

Jos urakoitsijaa koskevat kaivuutöiden takuuajat ovat liian lyhyitä, jää kaivuutöiden ennallistaminen usein kunnossapidon vastuulle. Lähtökohtaisesti voidaankin olettaa, että kun kaivetaan esimerkiksi kadulla kaivanto, haluttaessa vaikkapa uudelle rakennukselle haara runkolinjasta, tulisi kaivuutöitä tekevän urakoitsijan kunnostaa kaivuualue niin, että se tulisi kantamaan yhtä hyvin kuin ennen kaivuutöiden aloitusta. Urakoitsijaa koskevaa takuuaikaa olisikin syytä pidentää, ainakin merkittävässä hankkeissa.

Luvussa 5 käydään läpi kiveyksiä koskevat laatuvaatimukset. Erilaisia laatuvaatimuksia tarvitaan, jotta laatu olisi mahdollisimman tasalaatuista ja jokainen rakentaja ymmärtäisi mitä laatutasoa kiveyksiltä kaivataan.

5 Laatuvaatimukset

Helsingissä katurakenteiden suunnittelutyötä ohjaava ”Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet” -ohjeessa luonnonkivien osalta viitataan InfraRYL 2002 ja Katu2002 kadun ja katurakenteiden suunnitteluohjeisiin. Sekä InfraRYL 2002, että Katu2002 ovat päivittyneet ja uusin InfraRYL on vuodelta 2020 ja katu2002 uusin päivitys on niin ikään vuodelta 2020. Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet -ohjeen päivityksen yhteydessä päivitetään myös edellä mainitut viittaukset.

InfraRyl:iin on listattu pääasiallisista pintamateriaaleista luettelo teknisistä päälaatuvaatimuksista. Kaikki yksityiskohtaiset tiedot teknisistä päälaatuvaatimuksista on määritetty InfraRYL, Rakennustieto Oy ja Standardi SFS- EN standardeissa.

Luonnonkiviä koskevat vaatimukset:

Luonnonkiviä koskevat Infra RYL 21440 ja SFS-EN 1341 ja SFS 7017 Vaatimukset ja testausmenetelmät. Vaatimukset koskevat ulkotiloissa käytettäviä luonnonkivipäällystelaattoja.

- Päällysteen pinnan karheus
- Päällysteen pinnan kitka
- Päällysteen vetolujuus
- Päällysteen puristuslujuus
- Päällysten kulutuskestävyys
- Päällysteen vedenläpäisevyys
- Päällysteen meluisuus
- Veden imukyky. [18.]

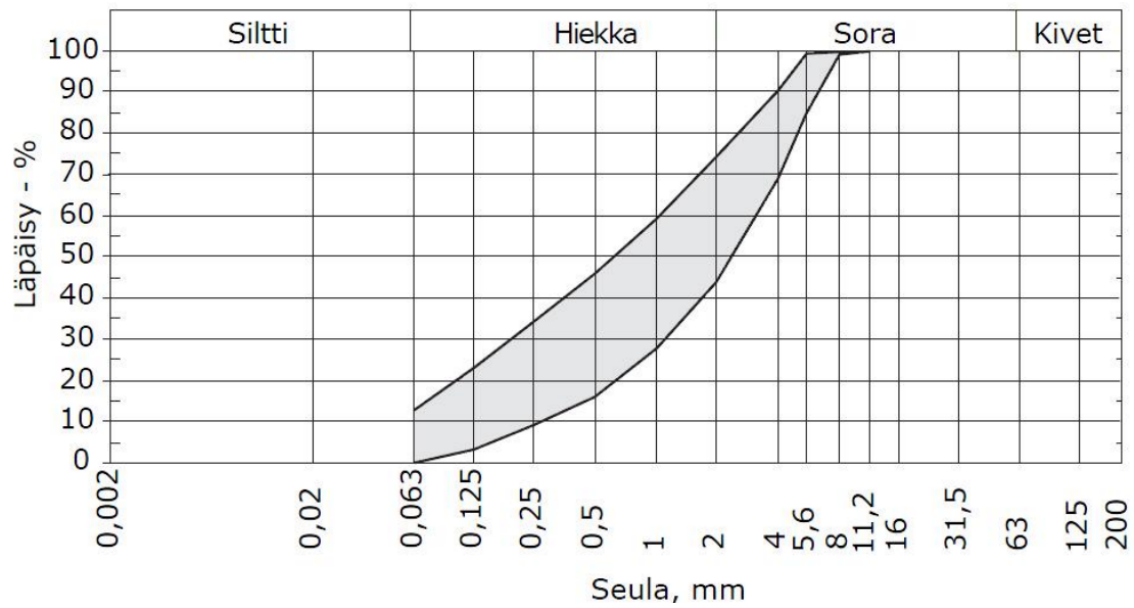
5.1 Kiveysten asennusalustamateriaalit ja asennusalustaa koskevat vaatimukset

Kiveykset asennetaan tyypillisesti joko maakostean betonin, asennushiekan tai kivituhkan päälle. Rakennekerrokset kiveysten alla noudattavat yleisiä katuluokkavaatimusten mukaisia kerroksia. Jos päällysteeseen kohdistuu paljon kuormitusta, voidaan kantavan rakennekerroksen päälle tehdä asfalttikerros jakamaan painetta ja lisäämään päällysteen kantavuutta. Asfalttina voidaan käyttää yleisesti käytettyä vettäläpäisevää avointa-asfalttia (AA) tai tasausmassaa (ABK). Kiveysten asennusalustaa koskevat vaatimukset löytyvät InfraRYL-luonnonkiviset pintarakenteet osiosta 21432. [18.]

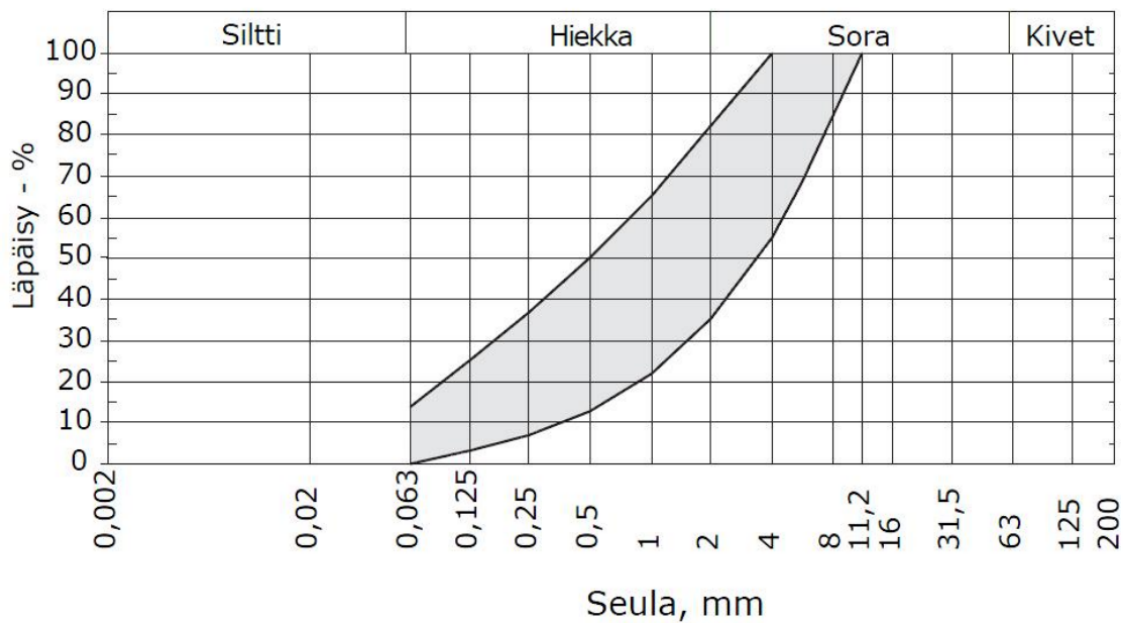
Asfaltin käyttöä tukirakenteena ilman perusteltua syytä jakaa haastatteluista saattujen tulosten perusteella mielipiteitä ja asfaltin käyttö olisi hyvä miettiä joissain tilanteissa tarkemmin. Tästä lisää myöhemmin, jossa käsitellään haastatteluiden tuloksia tarkemmin.

5.1.1 Asennushiekka ja kivituhka

Asennushiekkaa voidaan käyttää noppa/nupukivien asennusalustassa, sekä luonnonkivilaattojen alla, jos laattojen päälle ei tule ajoneuvoliikennettä ja jalankulku on vähäistä. InfraRYL määrittää asennushiekalle ja asennusmurskeelle, että asennuskerroksessa käytetään taulukon 214311:T6 mukaista hiekkaa tai taulukon 214311:T7 mukaista mursketta, jolla viitataan niin kutsuttuun kivituhkaan. Haastattelun tulosteiden perusteella asennushiekan/kivituhkan käyttöä laatoituksen alla tulisi harkita tarkoin. Laatoille suositellumpi asennusalustamateriaali on asennusbetoni.



Kuva 4. Asennusalustana käytettävän kivituhkan rakeisuuskäyrä (InfraRYL 2020, s.77. Taulukko 214311: T7



Kuva 5. Asennushiekan rakeisuuskäyrä (InfraRYL 2020, s.76) Taulukko 214311: T6

5.1.2 Asennusbetoni

Asennusbetonista puhuttaessa kivetyksen asennusalustaan viitaten tarkoitetaan yleensä ns. maakostea betonin. InfraRYL:ssä määritetään maakostean betonin sementtimääräksi 250 kg/m³. Sementin joukkoon lisättävän kiviaineksen raekokona käytetään 0–8 mm. Suolarasitetuilla ja muilla kemiallisen rasituksen alueilla käytettävä betoni on suunnitelma-asiakirjojen mukaista. Valmiin massan laatu todetaan toimitusasiakirjojen perusteella. InfraRYL 2020, (214311.1.2.2.)

5.2 Kiveysten saumaus

Luonnonkivipäällysteen saumamateriaali valitaan asennusalustan mukaisesti. Maakosteaan betoniin asennettaessa saumoissa käytetään kovia saumamateriaaleja, kuten hiekka-sementtiseosta tai epoksi-/hartsipohjaisia sauma-aineita. [18.]

Kaupunkikuvallisesti korkealaatuisissa kohteissa voi epoksi- tai hartsipohjaiset sauma-aineet olla hyvä vaihtoehto. Nämä sauma-aineet ovat kestävyydeltään ja ulkonäöllisesti joihinkin kohteisiin hyvin toimiva ratkaisu ja niitä on saatavilla myös elastisina. Sauman kestävyuden kannalta on tärkeää, että sauma-ainetta tulee riittävästi saumaan. Sauma-ainetta tulee olla saumassa vaaditun käyttöohjeistuksen verran tai vähintään 30 mm, joka vastaa 80 mm paksuisen kiven sauman täyttämistä reilulla 1/3 osalla. Kiveyksen saumaus kokonaan pelkällä epoksi- tai hartsipohjaisella saumausmateriaalilla on hieman kalliimpi tehdä kuin osittainen täyttö, mutta on halkeilun kannalta parempi vaihtoehto.

Joustavana sauma-aineena myös bitumi soveltuu myös esimerkiksi tärinälle alttiille raitioteille tai muutoin elastisuutta vaativiin kohteisiin. Ladontakuviota suunniteltaessa tulee aina ottaa huomioon kiveysten saumojen mitoitus. Oikeankokoinen ja hyvin suunniteltu saumaus mahdollistaa kiven yhteensopivuuden. [18.]

Hiekka/murske saumauksessa käytettävän saumaushiekan tai murskeen eli kivituhkan rakeisuus tulee olla noppa ja nupukivillä 0–4 mm. Saumausmateriaalin laatu todetaan toimitusasiakirjojen perusteella (InfraRYL 2020, 214322 ja

114323). Laatoille on määritetty saumaushiekan raekooksi (0/1, 0/2 tai 0/4) mm. Käytettävä raekoko valitaan siten että se on korkeintaan puolet nimellissauman leveydestä. (InfraRYL 2020, 214321.1.3.1)

Saumuksessa saumat lakaistaan täyteen kuivaa saumahiekkää tai kivituhkaa ja kiveys tiivistetään koneellisesti tärylevyllä. Infraryllissä on ohjeena, että kiveysten tiivistäminen tulee tehdä 60–150 kg:n tärylevyllä. Isot pinta-alat voidaan tiivistää myös täryjyrällä, kuitenkin tiivistäminen tulee aloittaa aina kevyemmällä jyrällä. Tiivistäminen tehdään reunoilta keskustaa kohti niin kauan, kunnes havaittava painuma loppuu. Saumojen tiivistystyössä huolehditaan myös, että kiveysten saumoissa on riittävästi saumamateriaalia ja sitä tulee lisätä niin kauan, kunnes saumat ovat täynnä ja saumahiekan painuminen lakkaa, sekä kivet eivät pääse liikkumaan. Saumat tulee tehdä niin tiiviiksi kuin mahdollista ja saumausmateriaalin tulee olla vaatimusten mukaista ja hiekan/murskeen tulee olla kuivaa.

Bitumisaumuksessa sauman leveys tehdään hieman (10–15 mm) hiekka- tai murskesaumausta leveämmäksi ja täytetään saumahiekkalla niin, että saumoihin jää 30–50 mm syvä bitumointivara. Kiveys tiivistetään ja tiivistämisen jälkeen saumat voidaan bitumoida. Ennen bitumointia on varmistettava, että saumassa on riittävästi bitumointivaraa ja bitumointi onnistuu tasakorkeana. Saumahiekkää tulee tarvittaessa poistaa saumasta, jos bitumointivara 30–50 mm ei täyty. Lisäksi bitumointi tulee tehdä kiveyksen pintaa tahrimita. (InfraRYL 4.2.1.1 ohje.)

5.3 Saumausmateriaalit

Kiveyksien saumauksiin on olemassa paljon erilaisia saumaustuotteita. Kiveyksien saumausmateriaalin valintaan vaikuttaa mm. kiveykseen kohdistuvien ulkopuolisten rasitusten, kuten ajoneuvoliikenne, kiveyksen sijainti kadulla, kesä- ja talvikunnossapito, talvella mahdolliset auraustyöt ja sulan maan aikaan harjakooneen käyttö. Noppa- ja nupukivet sekä luonnonkivilaatat saumataan pääsääntöisesti joko hiekka- tai betonituotteilla. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että asennusalueella ja saumassa käytetään samaa materiaalia, eli jos kivet asennetaan asennushiekkään, tulisi myös saumaus tehdä sopivalla hiekkatuotteella.

Luonnonkivetyksissä tyypillisiä sauma-aineita ovat muun muassa:

- Erilaiset hiekkatuotteet kuten kivituhka, saumaushiekka
- Sementtituotteet
- Sauma-aineet kuten rombox
- Polymeerisaumahiekka
- Bitumi
- Betonimärkäsaumaus.

Kivituhka: Kivituhkaa voidaan käyttää, kun sauman leveys on riittävän leveä. Kivituhkan etuja ovat karkeamman raekoon takia parempi vedenläpäisykyky verrattuna hienompiraekokoiseen saumaushiekkaan. Rudus toimittaa raekooltaan 0–5 mm ja 0–3 mm kivituhkaa. [19.]

Saumaushiekka: Saumaushiekkaa voidaan käyttää erilaisten kivetysten, sekä laatoitusten saumaukseen. Saumaushiekkaa on saatavilla eri karkeusasteella, mutta kiveyksissä käytetään tyypillisesti 1 mm ja pienemmän raekoon saumahiekkaa.

Bitumi: Bitumia käytetään sauma-aineena lähinnä nupu- ja noppakivissä, kun saumaukselta vaaditaan elastisuutta ja kiveys harjataan harjakoneella säännöllisesti. Elastisuutta vaaditaan esimerkiksi raiteiden läheisyydessä ja harjauskestävyyttä esimerkiksi torialueilla. Bitumisaumaus on vaativampi toteuttaa ja kalliimpi saumausmenetelmä kuin vaikkapa hiekkasaumaus. Bitumisaumausta käytettäessä saumat jätetään hieman leveämmäksi (10...15 mm) kuin normaalisti ja täytetään saumaushiekalla siten, että saumoihin jää noin 30...50 mm syvä bitumointivara. (InfraRyl 214322.3.)

Sementtituotteet: Erilaisia sementtituotteita käytetään tyypillisesti silloin kun kiveyksen asennusalustana käytetään myös kovettuvaa esim. maakostea.

5.4 Noppa- ja nupukivien erilaiset pintakäsittelyt

Noppa- ja nupukiviä joudutaan työstämään useita kertoja ennen kuin valmis ja toleranssien sisällä oleva kivi voidaan asentaa haluttuun paikkaan. Luonnonkivien louhintaa kallioperästä kutsutaan tarvekivilouhinnaksi, tarvekiven louhintaa ei tässä opinnäytetyössä tarkastella syvemmin. Asennuksen, saumauksen ja lopputuloksen kannalta on merkitystä, miten kiven pinta on työstetty louhinnan jälkeen. Seuraavaksi esitellään valokuvien erilaisia pintakäsittelyjä. Kuvien jälkeen on taulukko, jossa esitellään eri pintakäsittelyt ja missä niitä käytetään.

Kuvissa 6 ja 7 on valokuvattuna erilaisia pintakäsittelyjä. Lisää kuvia pintakäsittelyistä kivistä löytyy alempaa. Yleensä sahattua pintaa (kuva 6) ei jätetä yläpinnaksi.



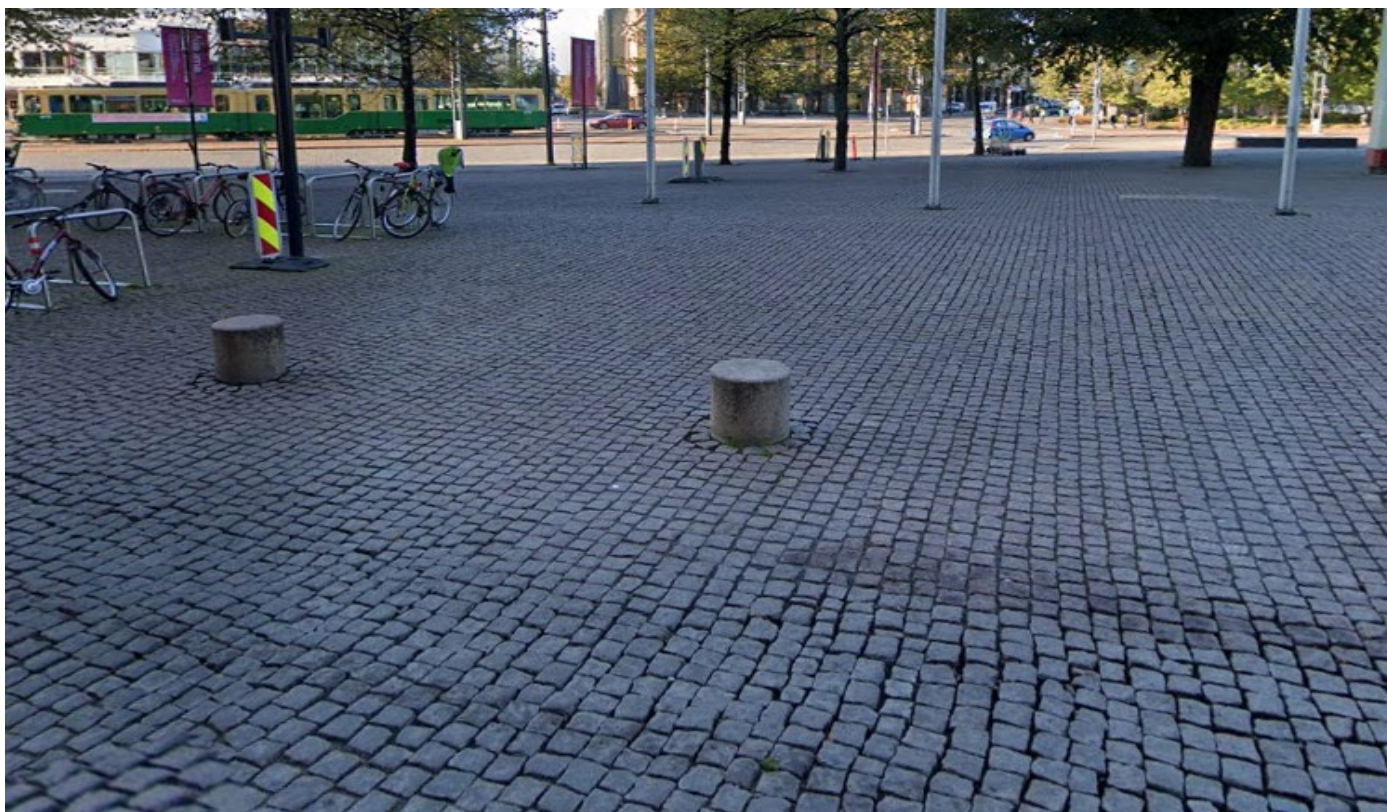
Kuva 6. Kuvassa vasemmalla sahattu ja oikealla kiillotettu pintakäsittely.



Kuva 7. Kuvassa vasemmalla poltettu ja oikealla ristipähakattu pintakäsittely.

Poltettu	Sahattu pinta poltetaan niin, että siitä irtoaa sahaamisessa rikkoontunut kiviaines. Poltto elävöittää pintaa ja tuo kiderakenteen paremmin esiin.	Sileä	<ul style="list-style-type: none"> • Jalankulkualueet • Shared space • Suojatiet
Kuulapuhallettu	Sahattuun pintaan singotaan kuulapuhalluslinjalla rst-hauleja, jotka rikkovat kiven pintaa. Karkeus vastaa poltettua pintaa.		<ul style="list-style-type: none"> • Jalankulkualueet • Shared space • Suojatiet
Ristipäähakattu	Sahattuun pintaan hakataan tasaisin välein koloja, jotka rikkovat pinnan ja tuovat kideaineen esille. Pinnan karkeus määräytyy kolojen tiheyden ja syvyyden mukaan lähes sileästä karkeaan pintaan.		<ul style="list-style-type: none"> • Jalankulkualueet • Shared space • Suojatiet • Pyörätiet (erikoistapaukset)
Lohkottu	Kivien halkaisussa syntynyt murtopinta, jota ei ole yleensä työstetty lankaan.	Karkea	<ul style="list-style-type: none"> • Ajorata • Korokkeet • Luiskat

Taulukko 1. Kuvaa eri pintakäsittelyiden karkeusasteita. [18.]



Kuva 8. Kuvassa vanhaa lohkopintaista noppakivetystä. Kuva Kiasman edestä Helsingistä. Uusilla jalankulkualueilla ei käytetä enää lohko- tai nupukiviä.

Kiveysten laatuongelmien takia tehtiin kiveyksien laatua koskeva tutkimus, jossa selvitettiin haastatteluiden ja muun tutkimustyön perusteella kiveyksiin liittyvien ongelmien syitä.

6 Tutkimus ja haastattelut

Ohjeen päivitystä varten tehtiin tutkimus haastattelemalla eri kivialalla toimivia henkilöitä. Tutkimusmateriaalia kertyi haastatteluiden ja muiden asiakirjojen vuoksi useita kymmeniä sivuja. Haastatteluiden materiaalista koottiin tiivistelmä, joka luovutettiin kokonaisuudessaan Helsingin kaupungille niin, että haastateltavien nimet ja yritykset olivat tunnistamattomia. Haastatteluista saatujen tulosten avulla, yhdessä Helsingin ohjausryhmän kanssa tehtiin ”Helsingin katurakenteiden suunnitteluperiaatteet” -ohjeeseen muutamia muutoksia. Seuraavassa osiossa käydään läpi haastatteluiden tuloksia ja muutoksia ohjeeseen.

Ohjeen päivitystä varten haastateltiin eri osapuolia, jotka vastaavat osaltaan onnistuneista ja aikaa kestävästä kiveyksistä. Kaupungin ohjausryhmän kanssa käydyssä suunnitteluohjeenpäivitys-aloituspalaverin yhteydessä nimettiin haastateltaviksi toivotut henkilöt. Ehdotettuja nimiä oli paljon ja valituille henkilöille lähetettiin kutsu haastateltavaksi. Haastateltavien nimet sekä yritykset on päätetty erottaa tästä opinnäytetyöstä niin että heitä ei voida yhdistää haastatteluiden lopputuloksiin. Haastateltavina toimi muun muassa suunnittelijoita, konsultteja, tavarantoimittajia, Helsingin kaupungin ohjausryhmä sekä urakoitsijoita.

Haastattelukysymykset oli suunniteltu niin, että ne johdattaisivat aluksi haastateltavan aiheeseen laajemmasta näkökulmasta, siksi ensimmäinen kysymys oli muotoiltu seuraavasti: ”Onko ollut ongelmia luonnonkiveysten kanssa (noppakivi, nupukivi ja luonnonkivilaatat)?” Tämän jälkeen seuraavaksi haastateltava sai valita omasta mielestään parhaimmat ja myös huonoimmat kohteet joissa olivat olleet mukana. Kohteet johdattelivat haastattelua eteenpäin seuraaviin tarkentaviin kysymyksiin. Haastateltavilla oli myös vapaa mahdollisuus käydä kysymykset läpi omalla tavallaan ja tärkeintä oli että jokainen haastattelukysymys esitettiin kaikille ja jokainen sai vastata omien kokemusten ja tiedon avulla. Jokainen vastaus oli haastatteluiden osalta tärkeä ja kaikki vastaukset kirjoitettiin ylös. Jos haastateltavalla ei ollut antaa kysymykseen vastausta, siirryttiin seuraavaan kysymykseen. Pääasiassa haastateltavat osasivat hyvin vastata kaikkiin kysymyksiin.

Kaikki haastattelut toteutettiin etäyhteyden avulla ja kaikille osapuolille esitettiin samat kysymykset, lukuun ottamatta suunnittelijoita, joille esitettiin muutama tarkentava kysymys liittyen kohteisiin, joissa he ovat olleet mukana suunnittelemassa.

Haastattelukysymykset löytyvät lopusta liitteenä.

6.1 Haastattelujen perusteella ilmenneet huomiota vaativat seikat

Kaikki haastatteluissa ilmenneet huomiot taulukot ja ryhmiteltiin eri osapuolilta saatuihin vastauksiin (suunnittelijat, urakoitsijat, Helsingin kaupunki ja tavarantoinnit). Haastatteluiden tuloksien perässä näytetään, kuinka usein sama asia toistuu kunkin ryhmän vastauksissa. Osa haastattelun kysymyksistä olivat aiheeseen johdattelevia ja niiden tarkoituksena oli saada haastatteluun mahdollisimman laadukasta tietoa menneistä hankkeista. Päätaavoite haastatteluissa oli saada mahdollisimman kattavasti tietoa haastattelua koskevista kivityypeistä ja niiden ongelmista.

6.2 Haastatteluissa ilmenneet ristiriidat ja epäselvyydet

Lähes kaikilla haastateltaviksi valituilla on pitkä ura erilaisten kivetysten ja pintamateriaalien kanssa. Osa haastateltaviksi valituista on ollut mukana kymmeniä vuosia erilaisten kivetysten kanssa tekemisissä: suunnittelussa, tilaajana Helsingin kaupungilta ja materiaalin toimittajina. Haastatteluissa tuli ilmi erilaisia ristiriitoja, jotka osaltaan voivat aiheuttaa erinäisiä ongelmia myös valmiissa kivityksissä. Erityisesti kivituhkan ja saumaushiekan erottaminen oli selkeästi mielipiteitä jakava aihe. Osa haastateltavista oli sitä mieltä, että kivituhkan käyttö on jopa kiellettyä käyttää kivetysten kanssa ja toinen ryhmä jopa suositteli käyttämään kivituhkaa mieluummin, kuin hienorakeisempaa saumaushiekkaa jos sauman leveys mahdollistaa sen. Tämä ristiriita voi johtua osittain InfraRYL:in saumaushiekkaa koskevasta vaatimuksesta, joka on seuraavanlainen. Saumaushiekkaa koskevissa kohdissa: 214322.1.3.1 (noppakivet) ja: 214323.1.3.1 (nupukivet), on vaatimuksena, että saumaushiekan ja -murskeen rakeisuus on

0/4 mm. Tässä vaatimuksessa ei siis mainita sitä, että saumausmurskeella viitataan kivituhkaan suoraan ja tämä voi aiheuttaa epäselvyyksiä. Sekä nupu- ja noppakiville että betonikiville on vaatimuksena samat saumausta koskevat vaatimukset sillä erotuksella, että betonikiven saumauksessa on tarkennus saumausmurskeeseen liittyen ja sama tarkennus koskee siis myös nupu- ja noppakiveä, koska kaikissa tapauksissa viitataan samoihin taulukoihin. Nupukiveyksen asennushiekkakerrokseen käytetään rakeisuudeltaan *taulukon 214311:T6* mukaista hiekkaa tai *taulukon 214311:T7* mukaista murskettä (*luku 214311*). Betonikivipäällysteiden asennushiekkakerroksen kiviaines on rakeisuudeltaan *taulukon 214311:T6* mukaista hiekkaa tai *taulukon 214311:T7* mukaista murskettä (ns. kivituhkaa).

7 Tulokset ja muutokset ohjeeseen

Haastatteluiden pohjalta toteutetut muutokset kaupungin ohjeeseen liittyvät seuraaviin kiveyksiä koskeviin osa-alueisiin.

- pintakäsittelyt
- asennusalusta
- saumaus.

Pintakäsittelyiden osalta ohjeeseen lisättiin mallikivestä valokuva karkeasta ristipähakkauksesta. Valokuvalla pyritään hahmottamaan haluttua pintakarheutta.



Kuva 9. Mallikuva karkeasta pintakäsittelystä, samaa pintakäsittelyä on käytetty Helsingin Keskuskadulla. Käsittely on tehty 4-hampaisella vasaralla.

7.1 Luonnonkivilaatat

Pintakäsittelyiden osalta uudessa ohjeessa laattojen suositeltava pintakäsittelytapa on karkea ristipäähakkaus tai poltettu pinta.

- Laattoja käytetään harkiten aukioilla, pyöräteiden kohdalla pintakäsittelynä karkea ristipäähakkaus.
- Viettokaltevuuuden ollessa 5 % tai yli, käytetään karkearistipäähakattuja laattoja ja pientä laattakokoa.

Asennusalustana siltojen ja rakennusten kansien päällä, jossa on matalat katurakenteet, käytetään hyvin vettä läpäisevää Trassbetonia maakostean betonin sijaan. Maakosteasta betonista suotuvan sementin on todettu aiheuttavan kaivojen ja salaojamattojen tukkeutumista.

- Luonnonkivilaattojen asennusalustana käytetään pakkasenkestävää ja vetää läpäisevää laastia, paksuudeltaan 3–6 cm. Tuotteina esim. Romex Trass Bed compoud tai vastaavaa.
- Luonnonkivilaatat kiinnitetään vettäläpäisevällä laastilla trasbetoniseen asennusalustaan, esim. Romex ahesion elutriant tai vastaava tuote.
- Luonnonkivilaatat asennetaan normaalisti maakostean betonin päälle. Ohjeena on, että maakostean betonin pinta kastellaan ennen kivien asentamista sementtiliimalla ns. "lillitys" jonka sementti-vesisuhde on 1:1. Tällä varmistetaan riittävä tartunta asennusalustan ja laatan välillä. InfraRYL 214321.3

Saumausta on tarkennettu niin, että laatat tulee saumata betonimärkäsaumausaineella.

Lisäksi ajoradalla ei yleensä käytetä laattoja muualla kuin suojateiden kohdalla.

Aukioilla ei käytetä kouruja pyöräliikenteen baana- tai pääreittien risteämissä.

7.2 Noppa- ja nupukivet

Pintakäsittelyiden osalta on tarkennuksena, että suojatielle asennettavien nupukivien pintakäsittelynä tulee olla karkea ristipäähakkaus.

Asennusalustana käytetään yleensä 50 mm asennushiekkakerrosta (kivituhka), rakeisuus 0–8 mm.

Saumausta koskevaa osuutta on noppa- ja nupukivien osalta tarkennettu niin että sauman leveys tulee olla enintään 1 cm. Poikkeuksena kumibitumisauhaus 1,5 cm.

- Pintakäsitellyillä noppa- ja nupukivillä käytetään yleensä betonimärkäsaumausta.

Lisäksi tarkennuksena mainitaan, että nupukiveä käytetään pääsääntöisesti ajoradoilla. Noppakiveä erotuskaistoilla, saarekkeissa ja pysäköintialueilla. Noppakiviä käytetään myös vanhojen katujen pintamateriaalina.

- Noppa- ja nupukivetystä ei käytetä pyöriteillä ja -kaistoilla. Jos perusteluista syistä noppa- ja nupukivikaduilla käytetään luonnonkiveä, niin kivet tulee olla yläpinnaltaan karkeaksi ristipäähakattuja.
- Uusilla jalankulkualueilla ei käytetä noppa- tai nupukiveä.
- Kiertoliittymien kiertotilan kavennuksessa käytetään nupukiveä ympyräladontana hiekkaan asennettuna
- Noppakivillä kaariladonta on kestävin ladontamalli esim. ajoradoilla
- Siltojen ja rakennusten kansion päällä välikaistojen nupukivet voidaan asentaa suoraan trass-betoniin vasaralla hakkaamalla. Trassbetonin paksuus noin 6 cm ja loppuosa saumoista täytetään saumaushiekalla.

8 Pohdinta ja yhteenveto

Opinnäytetyö tehtiin yhdessä Helsingin kaupungin ”Helsingin katurakenteiden ja vesihuoltoverkoston suunnitteluperiaatteet” -ohjeen rinnalla ja opinnäytetyössä haluttiin, että se sisältäisi kaikki tärkeämmät ja toistuvat haastatteluissa esiintyneet asiat. Tämä opinnäytetyö antaa myös vastauksia haastatteluissa esiintyneille eri osapuolten kysymyksille. Jo työn aloituksen yhteydessä päätettiin, että haastattelut toteutetaan nimettömästi niin, että yrityksiä ei tai nimiä ei voida yhdistää vastauksiin. Tämän ansiosta toteutettujen haastatteluiden kautta saatiin todella arvokasta tietoa koko kivialan toistuvista haasteista ja ristiriidoista. Haastatteluista saatujen vastausten tiivistäminen oli haastatteluiden läpikäynnin jälkeen paljon aikaa vievä, koska mitään tärkeää ei saanut tiputtaa pois. Loppujen lopuksi haastatteluiden tiivistelmät taulukoitiin vertailukelpoisesti ja haastattelut tiivistyivät 13 sivuiseksi- 2 puoleiseksi A-4 arkiksi. Tiivistelmistä etsittiin lopulta kaikkein toistuvimmat asiat, jotka vaativat huomion uudessa ohjeessa. Lisäksi haastatteluiden tuloksista poimittiin kaupungin ohjausryhmän kanssa yhdessä usein esille nousevia asioita, joihin olisi syytä vaikuttaa. Ohjeen päivitystyö ja siihen liittynyt haastattelu onnistuivat. Helsingin katurakenteiden suunnitteluperiaatteet -ohje julkaistiin 30.6.2021 ja ohjeessa on tarkennettu ja tietoa lisätty toteutetun tutkimustyön perusteella. Lisäksi luovutettua haastattelumateriaalia voidaan hyödyntää tarvittaessa myös jatkossa.

Ohjeen päivitystyö sekä siihen liittyvät haastattelut ja tutkimusmateriaalin kasaminen, sekä tämä opinnäytetyö eivät olisi valmistuneet ilman haastateltavien ja muiden työssä mukana olleiden apua. Kiitokset: Sitowise Oy: Monica Elander-Heino, Jennica Tiainen, Paavo Ävist ja Juha Lahti, sekä kaupunkitekniikan osastopäällikkö Juha Väätäinen. Kivitoimittajat: Juuso Rainio Loimaan Kivi Oy, sekä konsultti Kari Öhrnberg. Urakoitsijat: Vesa Sankari Kivilinja Oy ja Aapo Urjanheimo Yit Oyj. Helsingin kaupungilta: Juha Palm, Antti-Juhani Lehtinen ja Jarkko Karttunen, Jukka Myyryläinen, Tomas Palmgren, Petra Rantalainen ja Ismo Rantanen

Lähteet

- 1 Mesimäki, P. 1997. Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje: Karprint Ky.
- 2 http://www.suomalainenkivi.fi/vanha/wp-content/uploads/2018/02/luonnonkivihankinnat_web_print2.pdf Luettu 17.4.2021
- 3 <https://kaiva.fi/geologia/suomen-kalliopera/> Luettu 1.3.2021
- 4 <https://kaiva.fi/geologia/mineraalivarannot/> Luettu 11.3.2021
- 5 <https://kaiva.fi/geologia/kivilajit-ja-malmien-synty/suomen-malmityypit/> Luettu 10.6.2021
- 6 <https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/ch2.pdf> Luettu 10.3.2021
- 7 <https://kivi.info/kivi-info/kivilajit/> Luettu 1.4.2021
- 8 <https://kaiva.fi/geologia/kivilajit-ja-malmien-synty/kivilajien-jaottelu-ja-syntytavat/> Luettu 10.3.2021
- 9 <https://peda.net/jokioinen/perusopetus/paanan-koulu/oppiaineet/maantieto/jro/8-luokat/8b/suomi22/2bksjkj/kivilajit>. Luettu 10.3.2021
- 10 <https://www.geologia.fi/2018/06/25/magmakivien-luokittelu/> Luettu 10.3.2021
- 11 <https://www.geologia.fi/glossary/diabaasi/> Luettu 10.3.2021
- 12 <https://kaiva.fi/geologia/suomen-maapera/> Luettu 1.3.2021
- 13 <https://www.geologia.fi/glossary/kvartsiitti/> Luettu 10.5.2021
- 14 https://www.tulikivi.fi/tuotteet/sisustuskivimallisto_marmorit. Luettu 10.3.2021
- 15 <https://kaiva.fi/geologia/kivilajit-ja-malmien-synty/kivilajien-jaottelu-ja-syntytavat/> Luettu 10.3.2021
- 16 <https://www.kivirock.fi/uutiset.html?169> Luettu 19.3.2021
- 17 https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Maaainesten_ottamiseen_liittyva_ilmoitus_ja_luvat/Maaainesten_ottamista_koskeva_lainsaadanto Luettu 10.2.2021

- 18 <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/pintamateriaalin-valinta/> Luettu 8.5.2021
- 19 https://www.rudus.fi/tuotteet/kiviainekset/kivituhka?gclid=EAlaIQob-ChMlybjt8fqg7wIVGWIYCh23ZAC3EAAYAiAAEgKa4_D_BwE Luettu 15.6.2021
- 20 <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kiviteknologia/kiviteknologiasivusto.pdf> Luettu 10.6.2021

Haastattelukysymykset:

- Onko ollut ongelmia luonnonkiveysten kanssa (noppakivi, nupukivi ja luonnonkivilaatat)?
- Olisiko olemassa onnistuneita kohteita ja kohteiden sijainti?
- Onko kohteet voitu toteuttaa suunnitelmien mukaan ja miten ovat onnistuneet?
- Onko kiveykset tehty ohjeiden mukaan, vai onko ohjeistusta muutettu ilman suunnitelman muutosta?
- Onko kivien laaduissa ollut eroa?
- millaisia rajoitteita eri alustoilla ja kivityypeille (eri pintakäsittelyt)
- Asennusalusta valinta: maakostea / hiekka / kivituhka? Asfaltin käyttö kiveyksen alla ABK/AA
- Saumaus eri kivityypeille: saumahiekka, kivituhka, hiekkasementti, betonimärkäsaumaus, bitumi, muut saumausaineet (rompox), juotosbetoni sekä asennusalustan vaikutus saumaukseen.
- Ovatko kivet olleet yli talven? Pitikö kiveyksiä korjata talven jälkeen (jos olleet yli talven)
- Kiveysten asennus ajankohta. Kesä, syksy talvi vai kevät? Oliko pakkasta, lunta?
- Milloin liikenne päälle eri alusta tyyppille, maakostea ja hiekka?
- lohkottu kivi, pintakäsittelyt muilta sivuilta? Sauma leveys vaatimus 1 cm, 1,5 cm ...
- Kivien pintakäsittely (myös sivut ja pohja eri käyttökohteissa)
- Maatiliistä yleisesti. (Maatili-osuus jätettiin opinnäytetyöstä pois)