

Niko Pajuoja

Liikenteenjakajien kivityöt

Betoniset ja graniittiset kivetykset

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Niko Pajuoja

Työn nimi: Liikenteenjakajien kivityöt, betoniset ja graniittiset kivetykset

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2020 Sivumäärä: 39 Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä katurakenteen pinta- ja tukirakenteisiin. Käsittelin opinnäytetyössä betoni- sekä luonnonkivisiä ja valettavia reunatukia. Käsittelin myös katujen ja liikenteenjakajien pintarakenteita, jotka ovat betoni- ja luonnonkivestä sekä betonista valamalla rakennettuja rakenteita.

Opinnäytetyössä tutkittiin, mihin kyseiset rakenteet sopivat, mikä on niiden merkitys ympäröivään alueeseen, mikä on niiden kestävyys ja käyttöikä, sekä työmenetelmät, laadulliset vaatimukset, kustannusten vertailua ja lujuudesti graniittikivelle ja betonikivelle.

Tuloksena oli vertailu kustannuksissa ja pohdittavia asioita kivetystöihin lähdeittäessä suunnitelupöydälle ja työmaalle.

Avainsanat: reunatuet, sidekivetys, infrarakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Niko Pajuoja

Title of thesis: Stoneworks of traffic islands

Supervisor: Petri Koistinen

Year: 2020

Number of pages: 39

Number of appendices: 0

The main object of the thesis was traffic islands and their materials. The purpose of the thesis was to examine the surface structures and stoneworks of street structures. The thesis focused on edge supports and surface structures made of concrete stones and natural stones. Typically, traffic islands are made of elements such as concrete stones and natural stones, occasionally they can also be made of lay concrete.

First, the thesis studied which materials were the most appropriate for specific projects, and second, what kind of environmental meaning, quality and serviceable life the stones had. Third, the thesis also studied and compared the durability and costs of both natural and concrete stones.

The results of the thesis were a price comparison of the costs of stoneworks and essential observations that should be taken into consideration while planning and coordinating traffic islands.

Keywords: stoneworks, edge supports

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työtaustaa	9
1.2 Työn rakenne	9
2 REUNATUET.....	10
2.1 Betoniset reunatuet	11
2.2 Luonnonkiviset reunatuet	14
3 SIDEKIVETYS	16
3.1 Luonnonkivet.....	17
3.2 Betoniset kiveykset	19
4 REUNATUKIEN JA SIDEKIVEYKSEN ASENNUS	21
4.1 Pohjarakenteiden vaatimukset	21
4.2 Reunakiven asennus.....	22
4.3 Sidekivien asennus	23
5 KIVEYKSIEN LAATUVAATIMUKSET	25
5.1 Betonikiveykset	25
5.2 Luonnonkiveykset	25
5.3 Reunatuet	26
6 TYÖTURVALLISUUS JA VÄLINEET	27
6.1 Työturvallisuus	27
6.2 Työvälineitä.....	28
7 TUTKIMUS	30
7.1 Laskelmat	32
7.2 Lujuuden testaus.....	35
7.3 Yhteenveto laskelmista ja testauksesta.....	36

8 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	37
LÄHTEET	39

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kitakaivo.....	10
Kuva 2. Kevyenliikenteenväylän madallus reunakivessä.	11
Kuva 3. Reunatukilinjan madallus 30 mm.	11
Kuva 4. Esimerkkikuva upotettava betonireunatuki.	12
Kuva 5. Esimerkkikuva liimattava betonireunatuki.....	12
Kuva 6. Liimattava reunatuki ja kulmakappale.	13
Kuva 7. Graniittireunatuki, kaarrekappale ja suorat kappaleet.	14
Kuva 8. Luonnonkivinen reunatuki asennettuna maakosteaan betoniin.	15
Kuva 9. Päivölän liikenneympyrä.	16
Kuva 10. Noppakivetys kiertoliittymässä.	17
Kuva 11. Betonikivistä tehty kiveys.	20
Kuva 12. Liukuvaletut reunatuot ja valettu pinta.....	20
Kuva 13. Kiertoliittymän poikkileikkaus periaate, sidekivet ja reunatuot.	24
Kuva 14. Laskelman perusteena oleva mallipiirustus.....	30
Kuva 15. Kiertoliittymän poikkileikkaus, periaate kuva.	30
Kuva 16. Laskelmaversio 1.....	32
Kuva 17. Laskelmaversio 2.....	33
Kuva 18. Laskelmaversio 3.....	34
Kuva 19. Laskelmaversio 4.....	34
Kuva 20. Testauksen tulokset.....	35

Taulukko 1. Levykuormituslaitteella sitomattoman kantavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset.....	21
Taulukko 2. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat.....	22
Taulukko 3. Betonikiveyksen sallitut mittapoikkeamat.....	25
Taulukko 4. Luonnonkiveyksen suurimmat sallitut poikkeamat.	26
Taulukko 5. Reunatuennuksen asennuskorkeuden sallitut poikkeamat 120mm reunakivellä.	26
Taulukko 6. Piirustuksen kivetysmäärät.	31
Taulukko 7. Maakostean betonin ja asennushiekan määrät.....	31

Käytetyt termit ja lyhenteet

0/32	Raekoko 0 mm–32 mm
ELY-Keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Infra-RYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
KaMa	Kalliomurske
Maa-RYL	Maarakentamisen yleiset laatuvaatimukset

1 JOHDANTO

Infrarakentaminen kattaa yleisesti maanmuokkaustyöt. Niihin liittyvät myös isona osana kaikki, mitä maan sisään asennetaan tai rakennetaan. Samaan kategoriaan kuuluu myös alue- ja pintarakentaminen sekä niihin liittyvät kivityöt.

1.1 Työtaustaa

Infratyömailla tulee eteen kohteita, joissa käytetään erilaisia katujen pintarakenteita. Tämän työn taustalla on ajatus tutkia ja selvittää, reunatukien ja sidekivetyksien käyttökohteita, kustannuksia ja kestävyyttä. Milloin on sopivaa käyttää tiettyjä materiaaleja, kustannuksissa on myös suuri ero, mitä materiaaleja käytetään. Vaikuttaako hinta myös käyttöikä. Samalla selvitetään, milloin käytetään erikoisuuksia, kuten madalluksia reunakivilinjoissa. Opinnäytetyössä tarkastellaan lisäksi

- sidekivetyksien materiaalin valinta, käyttöikä, tarkoitus ja vaatimukset
- reunatukien materiaalin valinta, käyttöikä, tarkoitus ja vaatimukset
- luonnonkivien vs. betonikivien kestävyys, lujuus, käyttöikä
- eri materiaaleista rakennettujen liikenteenjakajien kustannukset ja laadulliset vaatimukset.

1.2 Työn rakenne

Johdannon jälkeen luvussa kaksi käsitellään erilaisia reunatukia. Tämän jälkeen käsitellään erilaisia sidekivetyksiä luvussa kolme. Luvussa neljä käsitellään reunatukien ja sidekivetyksien asennusta. Luvuissa viisi ja kuusi käsitellään kivitöiden laatuvaatimuksia ja työturvallisuutta. Seitsemännessä luvussa on laskettu esimerkkilaskelma, kustannusvertailuna. Seitsemäs luku sisältää myös lujuuskokeen eri kivityypeille. Luku kahdeksan sisältää yhteenvedon ja pohdinnan osuuden.

2 REUNATUET

Reunatukia käytetään moneen tarkoitukseen ja niillä on monia tehtäviä, joita ei välttämättä tule ajatelleeksi. Yleisimmin reunatukia voidaan havaita kaupunkiympäristöissä. Reunatuet ovat tyypillisesti betonielementeistä rakennettuja, betonista valamalla rakennettu tai luonnonkivistä rakennettuja. Reunatukia käytetään liikenteenjakaajissa, kuten saarekkeissa ja kiertoliittymissä. Niitä käytetään myös jakamaan kevyenliikenteen ja ajoradan kaistoja, sekä ajoradan ja nurmetuksen tai penkereen alueita.

Tiiviissä kaupunkirakentamisessa hulevesijärjestelmä on yleensä välttämätön. Hulevesien johtaminen hulevesikaivoihin, kuten kitakaivoihin (kuva 1.) tai ritiläkantisiin kaivoihin vaatii lähes poikkeuksetta kaduille reunatuet, joiden avulla hulevedet ohjataan hulevesijärjestelmään. Reunatuen tehtävänä on myös vahvistaa päällysrakenteen reunaa, jottei tämä murru, sekä estää eri materiaalien, kuten mullan ja sorran sekoittuminen keskenään. Talvella reunatuet antavat lumiauralle ohjausta, minkä takia niiltä vaaditaan katualueilla suurta kestävyyttä. (Junttila ym. 2011, 33, 62.)

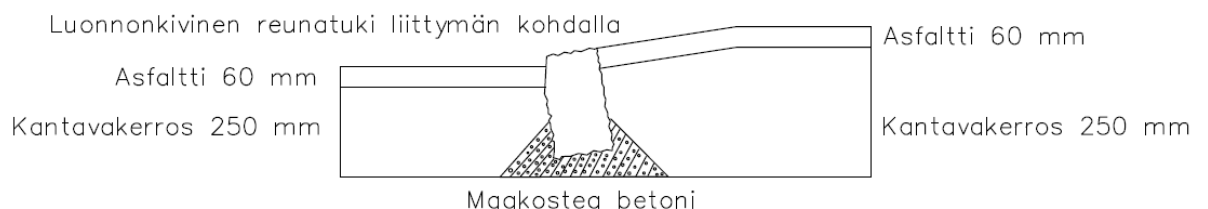


Kuva 1. Kitakaivo.

Ajoradan puolelta katsottuna reunatukea jätetään näkyviin 30–160 mm, kun reuna-
tukea käytetään ajoradan ja jalkakäytävän reunassa. Tavallisesti jätetään näkyviin
joko 160 mm tai 120 mm. 160 mm näkyvyydellä pyritään estämään henkilöautolla
ajo kevyenliikenteen väylälle. Näkyvyydellä ennakoidaan yleensä myös tulevaa
uutta asfaltointikerrosta, joka on tyypillisesti noin 40 mm. Yleisesti käytetään reuna-
tukea, jonka näkyvyys on 120 mm. Kuitenkin esimerkiksi joissakin jyrkissä mutkissa,
joista isoimmat ajoneuvot eivät käänny ilman että oikaisisivat reumatuen ylitse, käy-
tetään joko 80 mm tai 60 mm madallusta. Kevyenliikenteen jatkeilla ja suojateilla
käytetään näkyvyytenä 30 mm:ä (kuva 2 ja 3), jolloin reumatuki on hieman kallistettu
ajorataan päin. (Junttila ym. 2011, 33, 62.)



Kuva 2. Kevyenliikenteenväylän madallus reunakivessä.

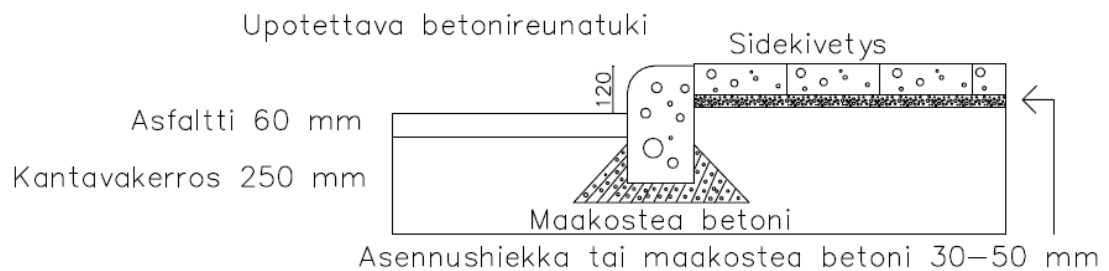


Kuva 3. Reumatukilinjan madallus 30 mm.

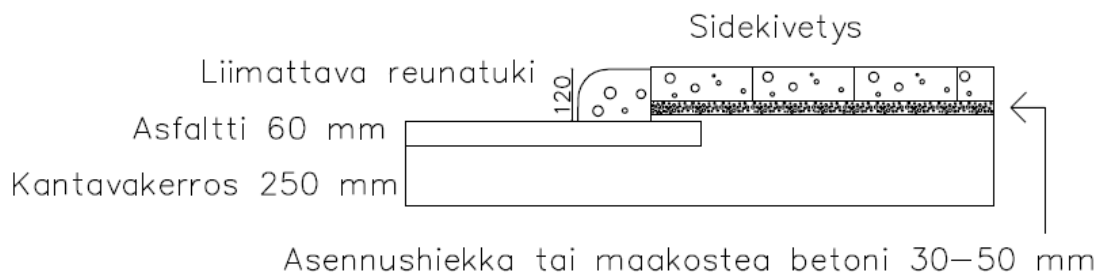
2.1 Betoniset reumatuet

Betonisia reumatukia on kahden tyyppisiä: tehtaalla valettuja reunakiviä (reunatu-
kielelementtejä) ja paikan päällä valettavia tukija. Betonireunakivet jakautuvat vielä

asennustapansa mukaan upotettaviin (kuva 4.) ja liimattaviin reunatukiin (kuva 5). Liimattavat reunatuot kiinnitetään alustaan kiven pohjassa olevan bitumiliiman avulla (kuva 6), jolloin reunatuki tulee kokonaisuudessaan esimerkiksi asfaltin päälle. Upotettava reunatuki upotetaan noin 140 mm – 200 mm esimerkiksi asfaltin pinnan alapuolelle maakosteaan betoniin. Valettavat reunatuot rakennetaan valmiin kadun pintarakenteen, kuten asfaltin päälle. Reunatuot valetaan paikan päällä liukuvalukoneilla, jolloin pystytään tekemään reunatuista saumattomia ja sulavia rakenteita. (Junntila ym. 2011, 33, 62.)



Kuva 4. Esimerkkikuva upotettava betonireunatuki.



Kuva 5. Esimerkkikuva liimattava betonireunatuki.



Kuva 6. Liimattava reunatuki ja kulmakappale.

Betonireunatukia valmistetaan myös kulma- ja kaarrekappaleita, jotka ovat kuperia, koveria, liimattavia ja upotettavia. Myös madalluskappaleita valmistetaan. Madalluskappaleet ovat tarkoitettu reunakivilinjojen madallukseen, esimerkiksi liittymien ja suojaiteiden kohtiin, jolloin reunakivilinja lasketaan noin 30 mm:n korkeuteen helpottamaan yliajtoa. (Rudus Oy. 2020.)

Valettavia reunatukia toteutetaan liukuvalutekniikalla asfaltin tai muun pintarakenteen päälle. Liukuvalussa käytettävä betoni on yleensä kuitubetonia, joka kestää hyvin sääolosuhteiden aiheuttamia rasituksia ja mekaanista kulutusta. Valettavat reunatuet raudoitetaan myös harjateräksillä pituussuuntaan ja ankkuroidaan maahan sivusiirtymää estämään. Liukuvalutekniikalla voidaan myös kunnostaa tai korottaa vanhaa kivetystä purkamatta tätä. Leveydet ja korkeudet ovat standardisoituja. Leveydet ovat 130 mm ja 170 mm, korkeudet puolestaan 60 mm, 80 mm, 120 mm, 160 mm ja 300 mm. (Liukuvalettava reunakivi. 2018.)

2.2 Luonnonkiviset reunatuet

Luonnonkivisiä reunatukia nähdään erityisesti vanhassa kaupunkikuvassa, kuten Vaasassa, Tampereella ja Turussa.

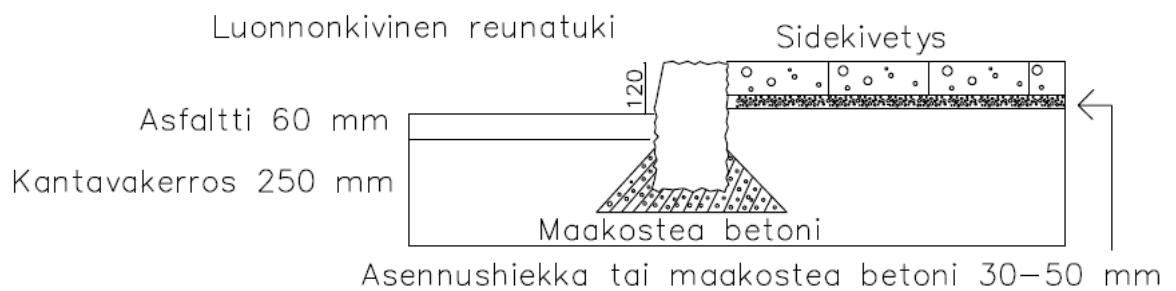
Luonnonkiviset reunatuet ovat graniitista perinteisesti käsin hakattuja luonnonkivielementtejä, jotka ovat suoria ja kaarevia kappaleita (kuva 7). Nykyisin ne ovat koneellisesti tuotettuja ja standardisoituja. Luonnonkivestä valmistettujen reunatukien päätyypit ovat raakareuna- ja viistereunakivi. Raakakivi on lohkottu pystysuorille reunoille, jolloin se on hieman karkean näköinen. Viistereunakivi on lohkottu tai leikattu vinoon ajoradan puolelta, jolloin ajoneuvot eivät vahingoitu niin herkästi, kuin suoralla reunakivellä. (Junttila ym. 2011, 63.)



Kuva 7. Graniittireunatuki, kaarrekappale ja suorat kappaleet.

Reunatukien vakiokokoja leveydessä ovat 100 mm, 150 mm, 170 mm, 220 mm ja 300 mm. 300 mm levyisiä reunatukia on käytetty vanhoilla kaupunkialueilla, jossa ne tulisi säilyttää käytössä mahdollisuuksien ja perinteen mukaan. Pituudet vaihtelevat 700 mm ja 2000 mm välillä. Värvaihtoehdot vakiona ovat graniitinpunainen tai harmaa. Erikoistyonä saadaan reunatukia valmistettua myös muista kivilajeista. (Junttila ym. 2011, 63.)

Graniittiset reunatuet asennetaan maakosteaan betoniin noin 200–300 mm valmiin pinnoitteen alapuolelle. Maakosteaan betoniin kiinnitettyinä graniittiset reunatuet pysyvät paikoillaan hyvin ja kestävät puhtaanapidon sekä liikenteen aiheuttaman rasi-
tuksen erinomaisesti (kuva 8). Luonnonkiviset reunatuet ovat oikein asennettuina pitkäikäisiä, jopa ikuisia. Luonnonkivisiä reunatukia voidaan myös käyttää uudelleen niiden kestävyuden ansiosta. Luonnonkiviin kohdistuva kuluma yleensä vain hioo ja tasaa kiven pintaa, jolloin pinnan sileneminen tasaa ja parantaa kiven ulkonäköä. (Junttila ym. 2011, 63.)



Kuva 8. Luonnonkivinen reumatuki asennettuna maakosteaan betoniin.

3 SIDEKIVETYS

Sidekivetyksiä näkyy tyypillisesti kaupunkikuvassa jalkakäytävillä ja liikenteen jakajissa. Sidekivetyksistä on tehty tavallisia ja huomaamattomia, mutta niillä on saatettu tehdä myös taideteoksia. Kuvassa 9. Päivölän liikenneympyrässä olevasta kiveyksestä.



Kuva 9. Päivölän liikenneympyrä.

Päällysmateriaaleilla, kuten kiveyksillä on tärkeä merkitys tilojen jäsentäjinä ja koristeina etenkin laajoilla aukioilla ja toreilla. Pinnan kuviot luovat elävyyttä laajaan maisemaan. Kiveykset voivat olla osana suurempaa kokonaisuutta, jolla pyritään säilyttämään alueen historiaa käyttämällä tiettyjä materiaaleja, kuvioita ja kokonaisuuksia yhdessä ympäristön kanssa. Sidekivetyksien saumoihin harjataan tyypillisesti saumaushiekkaa, jolloin saadaan kivetys lukittua ja kivityksestä tiivis. Joissain tapauksissa saumahiekan tilalla käytetään maakostea betonia, joka sitoo sidekivetyksen paremmin kiinni ja näin kivetys kestää myös paremmin kuormia. (Junttila ym. 2011, 42, 43, 47,56, 57, 58.)

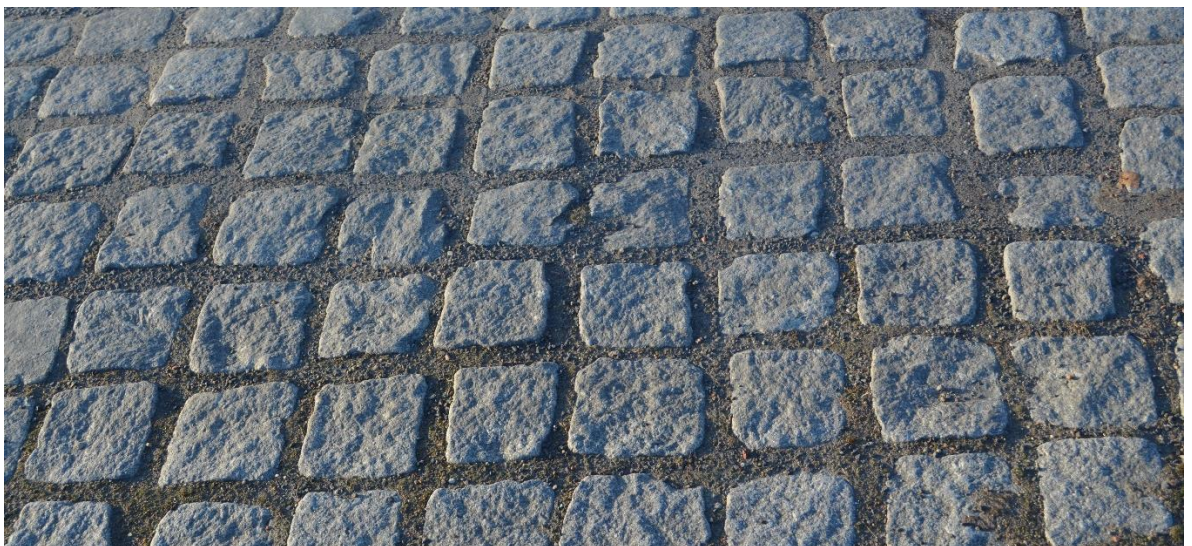
Pintarakenteiden ja päällysteiden hinnoissa on kohtuullisen iso ero. Kustannukset on kuitenkin suhteutettava käyttö- ja maisema-arvoihin kohteittain. Kustannusvertailua voi yleisesti vertailla suhdeluvuilla seuraavasti

- asfalttipäällyste 1
- betonikivipäällyste 5
- luonnonkivipäällyste 15
- luonnonkivilaattapäällyste 30.

Jatkossakin asfalttipäällyste säilynee yleisimmin käytettynä päällysteenä hinnan ja yhtenäisen pinnan vuoksi. (Junttila ym. 2011, 44, 45.)

3.1 Luonnonkivet

Luonnonkivestä valmistetut sidekivet, kuten nupu- ja noppakivet ovat hyvin kestäviä liikennekuormien alla. Kaupunkikuvallisesti näitä kiviä käytetään liikennesuunnitelman alla ja vanhoilla kaupungin alueilla tai kaupungeissa, joissa on jo luonnonkiviä käytetty maisemassa (kuva 10). Kevyenliikenteen väylille nupu- ja noppakivet eivät kuitenkaan sovi epätasaisuuden vuoksi. Luonnonkivipäällysteillä saadaan aikaan hyvin elävää ja kaunista pintaa, jonka vuoksi se on isossa osassa kaupunkien suunnittelua ja viihtyisyyden luomista. (Junttila ym. 2011, 47, 48, 49.)



Kuva 10. Noppakivetys kiertoliittymässä.

Yleisimmät ympäristörakentamisessa käytetyt pintakäsittelytavat ovat

- **lohkopinta**, kivenhalkaisussa syntynyt lohkopinta, jota ei ole käsitelty muuten, karhea ja epätasainen (Junttila ym. 2011, 49, 50, 51).
- **poltettu pinta**, sahattu pinta poltetaan, jolloin siitä irtoaa sahaamisessa vaurioitunut kiviaines, mittatarkka, sileä ja kuluessaan muodostuu liukkaaksi (Junttila ym. 2011, 49, 50, 51).
- **ristipäähakattu pinta**, sahattuun pintaan hakataan koloja, tasaisin välein määritetylle syvyydelle, jolloin saadaan valittua karheusaste, ei tule kovinkaan helposti liukkaaksi (Junttila ym. 2011, 49, 50, 51).
- **hiottu tai kiillotettu**, sahattu pinta hiotaan tai kiillotetaan sileäksi, jolloin saadaan esiin kiven todellinen väri ja kuvio, liukkaista (Junttila ym. 2011, 49, 50, 51).

Nupukivet ovat graniittikivestä suorakaiteen muotoon lohkottuja, mitoiltaan noin 150x300x200 mm:n kokoisia graniittikiviä. Näiden muoto vaihtelee hieman riippuen hakatessa tulevista lohkeamisista. Noppakivet ovat lohkomalla valmistettuja graniittikivikuutioita, joiden sivupituus voi olla 90 mm, 150 mm tai 200 mm. Pienimmät noppakivet, kuten Etelä-Euroopassa käytössä olevat 50x50x50 mm kivet suositellaan asennettavaksi aina maakostean betoniin, jolloin ne pysyvät paremmin paikoillaan. (Junttila ym. 2011, 49, 50, 51.)

Mukula- ja kenttäkiviä myös jonkin verran vielä, mutta vähenevässä määrin. Mukulakivet ovat tasakokoisia ja pyöreitä luonnonkiviä, joita saadaan hiekkaharjun seulonnan jätteenä. Halkaisija näillä kivillä vaihtelee 100 mm:n ja 300 mm:n välillä. Mukula- ja kenttäkivet asennetaan tavallisesti joko hienon asennushiekan tai maakostean betonin päälle. (Junttila ym. 2011, 50, 51.)

Luonnonkivilaatat ovat hyvin perinteinen näky kaupunkikuvassa päällystemateriaalina. Näiden laattojen paksuuden ansiosta ne kestävät hyvin kaupunkien kasvaneita liikennekuormia ja rasituksia. Tällaisia laattoja ovat mm. paasilaatat, joissa päällyspuoli ja sivut ovat sahatut, mutta pohja on lohkomisjäljellä. Paksuus näillä laatoilla on 80 mm – 100 mm:n välillä. Ohuimmat luonnonkivilaatat ovat jokaiselta puolelta sahattuja ja hiottuja, joten ne eivät kestä kevyttä liikennettä isompia kuormia. Näiden

laattojen paksuus on 30 mm:n ja 50 mm:n välillä. Standardikokoja laatoille ovat 595x595 mm, 595x295 mm, 295x295 mm, 295x145 mm ja 145x145 mm. Laattoja saa kuitenkin tilattua kohdekohtaisesti paksumpia ja eri kokoisia. Laatat asennetaan tavallisesti asennushiekkaan, mutta raskaasti liikennöidyillä alueilla suositellaan laatat asennettaviksi maakosteaan betoniin, joka tukee pohjan kantavuutta ja estää laatan liikkumisen. (Junttila ym. 2011, 53, 54.)

3.2 Betoniset kiveykset

Betonisilla päällysteillä on kolme pääryhmää, joita ovat betonikivet, betonilaatat ja valubetoni (Junttila ym. 2011, 55).

Betonilaatat valmistetaan valamalla löysä betonimassa tehtaalla muottiin. Laatat ovat tavallisesti neliön tai suorakaiteen muotoisia ja paksuudeltaan 30-80 mm:n välillä. Kooltaan ne ovat 300x300 ja 800x800 mm:n välillä. Betonilaattoja valmistetaan erivärisinä ja kuviollisina. Laatoitusten kestävyys riippuu alapuolisten kerrosten kantavuudesta sekä laatan paksuudesta. Lähtökohtana on, että alusta ei saa painua. Liikennealueilla käytetään yleisesti 80 mm:n paksuisia tai paksumpia laattoja. Laatoitusten yhdistely on mahdollista, esimerkiksi osa voi olla betonilaattoja ja osa betonikiviä, sillä paksuudet ovat hyvin pitkälle samat. Kiveykset saadaan asennettua tasaiseksi laatoitukseksi asennushiekan päälle, jolla saadaan tehtyä pienet hienosäädöt korkeudessa helposti. Vaativissa kohteissa suositellaan asennushiekan tilalla käyttämään maakostea betonia, jolloin saavutetaan parempi kantavuus betonikiveykselle. (Junttila ym. 2011, 58, 59.)

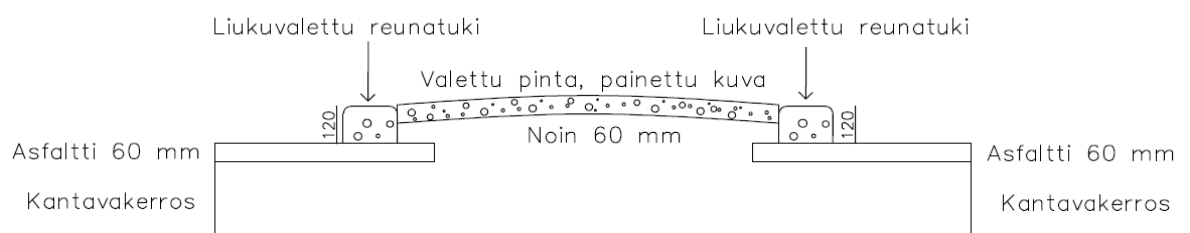
Betonikivet ovat valmistettu tehtaalla puristamalla kostea betonimassa muottiin (kuva 11.). Kooltaan kivet ovat noin 150x300 mm ja paksuudeltaan 60 mm ja 80 mm. Betonikiviä käytetään vähäliikenteisillä kaduilla, hidasteissa, parkkialueilla ja kevyenliikenteen kaduilla. Betonimassa voidaan myös värjätä, jolloin saadaan kestävä värjäys kiviin läpikotaisin. Värjätyillä kivillä saadaan tehtyä kuvioita, ohjauksia ja huomioita, kuten suojatien merkintöjä korotuksiin. Päällystetuotteena betonikivet ovat käyttöominaisuuksiltaan hyviä, kohtuullisen edullisia ja miellyttävän näköisiä. Betonikivissä on viisteet yläreunassa helpottamassa asennusta ja korostamassa saumoja. Betonikiveyksillä voidaan tehdä erilaisia kuvioita yhdistelemällä eri kiviä ja

värikyksiä ladontaan, jolloin kivetyksestä tulee elävämpi. Betonikivet asennetaan yleensä tasaiselle hiekka-alustalle tiiviisti. Alusta voi olla muotoiltu pienillä kaadoilla, joilla johdetaan pintavedet hulevesikaivoon tai nurmetukselle. Tavallisesti betonikivetyks muodostaa tiiviin pinnan. Mikäli halutaan vettäläpäisevä pinta kasvillisuuden vuoksi, voidaan käyttää reikä- tai nurmikiviä. Näillä kivillä saadaan lähes yhtä kestävä pinta kuin tavanomaisilla betonikivillä. (Junttila ym. 2011, 55, 56, 57, 58.)



Kuva 11. Betonikivistä tehty kiveys.

Valubetonipinnat valmistetaan suoraan asennuspaikalla muottiin tai kehykseen (kuva 12). Pinta voidaan viimeistellä pesemällä, hiekkapuhaltamalla tai hiomalla pinta, jolloin saadaan aikaan viimeistely jälki. Vaihtoehtoisesti tyypillistä on myös jättää pinta muottipinnalle. Painettu pintakuvio saadaan myös valettuun pintaan painamalla mallineella haluttu kuvio. Valubetonointia käytetään myös, kun halutaan saavuttaa mahdollisimman suuri laattakoko, joihin ei valmisbetonilaatoilla pystytä. (Junttila ym. 2011, 55, 56.)



Kuva 12. Liukuvaletut reunatuet ja valettu pinta.

4 REUNATUKIEN JA SIDEKIVEYKSEN ASENNUS

Reunatuet ja sidekivetys voidaan asentaa käyttötarkoituksen mukaan joko asennushiekkaan tai maakostean betoniin. Asennushiekkaan asennettavia kiviä käytetään tyypillisesti vähän liikennöidyillä kaduilla tai piha-alueilla, joille ei kohdistu kovin suuri kuormitus tai rasitus. Maakostean betoniin asennettavat kivet kestävät suurempaa rasitusta ja mekaanista kulutusta. Liimattavia reunatukia käytetään puolestaan piha-alueilla ja vähäisesti liikennöidyillä alueilla. Liimaus toteutetaan reunakivien pohjassa olevalla bitumilla, jolla kivi liimataan asfaltin pintaan. (Junttila ym. 2011, 33-66.)

4.1 Pohjarakenteiden vaatimukset

Upotettavien reunatukien alustan vaatimukset ovat sitomattomien kantavien kerrosten vaatimukset, jotka näkyvät taulukossa 1 ja 2. Rakennusmateriaali on kallio- tai soramursketta, eikä se sisällä pilaantunutta tai rapautunutta materiaalia. Kantavan kerroksen materiaalina käytetään tyypillisesti 0/32, 0/40, 0/45, 0/56, 0/63 kalliomurskeita. (Infra-RYL 2010, 318-323.)

Taulukko 1. Levykuormituslaitteella sitomattoman kantavan kerroksen pinnalta mitatun tiiviyssuhteen vaatimukset (Infra-RYL 2010, 322).

Kantavuus, MPa	Tiiviyssuhde E_2/E_1
< 145	$\leq 2,0$
145... 159	$\leq 2,1$
160... 174	$\leq 2,2$
175... 189	$\leq 2,3$
190... 204	$\leq 2,4$
205... 219	$\leq 2,5$
220... 234	$\leq 2,6$
>235	$\leq 2,7$

Taulukko 2. Kantavan kerroksen sallitut poikkeamat (Infra-RYL 2010, 321).

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

4.2 Reunakiven asennus

Reunakivet asennetaan tyypillisesti maakostean betoniin, jolloin ne saavat tiiviin ja kantavan pohjan. Maakostean betonin sementtimäärä on 250 kg/m³ ja kiviaines raekooltaan 0-8 mm. Upotettavat reunatuet, niin graniittiset kuin betonisetkin asennetaan kiven pituudeltaan ja leveydeltään hyvin sullottuun maakostean betoniin. (Maa-RYL 2010, 141-143.)

Maakostea betonia asennetaan murskepedin päälle noin 50 mm:n paksuudella, 400 mm:n leveydelle. Reunakivi asennetaan tämän maakostean betonin päälle hier-täen kivi oikeaan korkeuteen. Reunakiven asennuksen jälkeen kiven juurelle tiivis-tetään molemmin puolin maakostea betonia noin 50- 150 mm:n korkeudelle. Täl-löin kivi on tuettu paikoilleen ja se kestää paremmin siihen kohdistuvaa rasitusta. Reunatuen toinen puoli on tyypillisesti näkyvissä 30-160 mm ja toinen puoli on pin-tarakenteen tasalla. Huomioiden tulevat pintarakenteet, reunatukien vierustat täyte-tään tiivistäen rakennekerroksilla. (Reunatukien alusta 2015.)

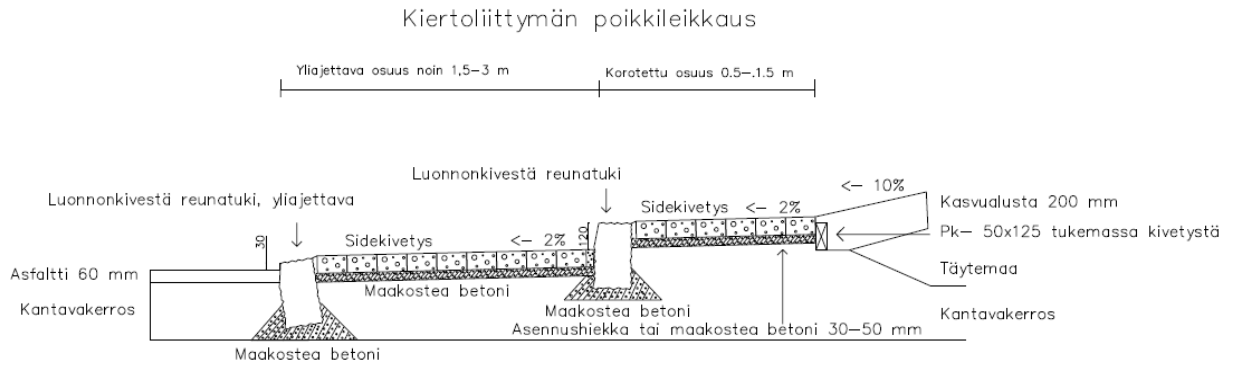
Liimattavat reunakivet asennetaan asfaltin pintaan. Pinnan kuhmut ja möykät tasa-taan 5 mm:iin asti liimanauhalla ja isommat tasataan asfaltilla. Tarkemmat asen-nusohjeet ovat saatavilla valmistajakohtaisesti. (Maa-RYL 2010, 141-143.)

Liukuvalettava reunatuki ankkuroidaan 10 mm:n harjaterästapeilla alustaan ja upotetaan noin 100 mm:n syvyydelle 1 m:n välein. Pituussuuntainen raudoitus toteutetaan yhdellä halkaisijaltaan 8 mm:n harjateräksellä. Reunatukeen tehdään liikuntasauvoja maksimissaan 12 m välein, jolloin teräs on katkaistava liikuntasauaman kohdalta. (Infra-RYL 2010, 405.)

4.3 Sidekivien asennus

Kantavan kerroksen yläpinta rakennetaan sellaiseen korkeuteen, että kiveyksen alapinnan ja kantavan kerroksen pinnan väliin jää 20–40 mm:n väli asennushiekalle. Asennushiekka on tyypillisesti 0/8 kivituhkaa tai soraa. Vaihtoehtoisesti asennushiekan sijasta käytetään maakostea betonin käyttökohteita ovat kiveykset, jotka ovat liikennesäilytyksen alla tai alustat, joilta vaaditaan parempaa kantavuutta. (Maa-RYL 2010, 128-130.)

Kiveyksen ja laattojen asennusalustaksi levitetään asennushiekka tai maakostea betoni, joka tasataan sopivan työalueen rajoissa. Asennushiekkakerrosta (20 mm:n paksuudelta) ei suositella tiivistettäväksi, eikä kerroksen päällä saa kävellä ennen kivien tai laattojen asennusta. Laatat ja kivet ladotaan asennussuunnitelman mukaisesti (kuva 13 kiertoliittymästä). Laattojen ja kivien saumaväli on 2 mm. Kuvioinneissa, värillisillä tai muilla alueilla saumaväli on enintään 4 mm, ellei muuta ole suunnitelmissa sanottu. Betonikiveyksen tulisi tukeutua reunoiltaan kiinteisiin tai rakennettuihin tukiin. Tuki estää kiveyksen purkautumisen. Kiveys saumataan asennuksen jälkeen 0/1 mm:n kuivalla saumaushiekalla, joka harjataan kiveyksen rakoihin. Saumattu kiveys tiivistetään noin 100 kg painoisella tärylevyllä. Saumaushiekkaa lisätään täryttämisen jälkeen saumat täyteen, tällöin kivetys lukittuu paikoilleen. Luonnonkiviset laatat ja kivet asennetaan saman kaavan mukaan, luonnonkivet voidaan saumata hiekka-sementtiseoksella tai maakostealla betonilla. Luonnonkivirakenteita käytetään liikennesäilytyksen alla, jolloin betonisauma vahvistaa kiveytystä. (Maa-RYL 2010, 128-137.)



Kuva 13. Kiertoliittymän poikkileikkaus periaate, sidekivet ja reunatuet.

5 KIVEYKSIEN LAATUVAATIMUKSET

Laatuvaatimukset tulevat Maa-RYL 2010 -kirjasta sekä Infra-RYL -kirjasta. Lisäksi vaatimukset tulevat työmaakohtaisista työselosteista ja vaatimuksista.

5.1 Betonikiveykset

Betonikiveyksessä ei saa olla silmämääräisesti havaittavia poikkeamia, pinnat ovat puhtaat ja kivissä ei ole halkeamia tai muita vaurioita. Saumat ovat täyteen saumat-
tuja ja suunnitelmien mukaan ladottu. Taulukossa 3 esitetty sallitut poikkeamat (Maa-RYL 2010, 130-132.)

Taulukko 3. Betonikiveyksen sallitut mittapoikkeamat. (Maa-RYL 2010, 130-132).

Sijainti ja korkeus asema	± 20 mm
Pinnan leveys poikkileikkauksissa ja rakenneosien vä-	± 50 mm
Suurin sallittu tasaisuuspoikkeama oikolaudalla mitat-	3 m:n oikolaudalla 4 mm
Vierekkäisten kivien ja laattojen korkeusero enintään	2 mm
Reunakiveen liittyväpinta, reunatukea ylempänä	3... 5 mm
Kivien ja laattojen katkaisujäljen epätasaisuus	± 3 mm
Reunakiven ja betonikiven rako tasaleveä, eikä yli	5 mm

5.2 Luonnonkiveykset

Luonnonkivistä rakennetussa kiveyksessä ei ole silmämääräisesti havaittavia poik-
keamia, pinnat puhtaat ja kivissä ei ole halkeamia tai muita vaurioita. Leikkaukset ja
vastaavat näyttävät alkuperäiseltä kiven työstötavalta. Saumat ovat täyteen sau-
mattuja ja suunnitelmien mukaan ladottu. Alla taulukossa 4. on esitetty suurimmat
sallitut poikkeamat luonnonkivitykselle. (Maa-RYL 2010, 130-132.)

Taulukko 4. Luonnonkiveyksen suurimmat sallitut poikkeamat. (Maa-RYL 2010, 132-137).

Rakenteenosien sijainti ja korkeusasema	± 20 mm
Suurin sallittu tasaisuuspoikkeama oikolaudalla mitat-	4 mm / 3 m oikolaudalla
Vierekkäisten kivien tai laattojen korkeusero enintään	2 mm
Reunatukiin liittyvä rakenne reunatukea korkeammalla	3 mm

5.3 Reunatuet

Valmis reunatukirakenne täyttää asiakirjoissa esitetyt vaatimukset. Reunatukilin-
jassa sallitaan 50 mm:n sivusuuntainen poikkeama esitetystä sijainnista ja 20 mm:n
suuruinen poikkeama korkeudessa, vaaditusta tasosta. Betonisilla reunatuilla näky-
villä osilla päällyys- ja sivulinjoilla tasoeroa sallitaan enintään 4 mm. Lisää sallittuja
poikkeamia alla taulukossa 5. (Maa-RYL 2010, 142, 143.)

Taulukko 5. Reunatuen asennuskorkeuden sallitut poikkeamat 120mm reunaki-
vellä. (Maa-RYL 2010, 142).

Sijainti	Asennuskorkeus, mm	Sallittu poikkeama, mm
Päällysteen reunassa	120	± 20
Tonttiliittymissä	enintään 30	± 10
Jalankulkutien etureunassa	enintään 30	-10
Pyörätien etureunassa	enintään 10	-10

6 TYÖTURVALLISUUS JA VÄLINEET

Työturvallisuuteen on aina hyvä kiinnittää huomiota. Kivityöt ovat fyysisiä töitä, joita pyritään helpottamaan erilaisilla välineillä ja koneilla. Tie- ja katurakentamisessa on myös joitain tilaajan asettamia vaatimuksia turvallisuudesta ja koulutuksista, joilla pyritään varmistamaan turvallinen työskentely liikenteen seassa.

6.1 Työturvallisuus

Ruduksen suosittelemia turvallisuusvarusteita niin tee-se-itse-rakentajalle kuin ammattilaiselle (Oikeat varusteet kiviasennustöissä. 2020) ovat:

- turvakengät
- suojalasit
- tukevat suojahansikkaat
- huomioliivi
- remmillinen suojakypärä
- hengityssuojaimet.

Betonikivien käsittelyssä tulisi käyttää vettä läpäisemättömiä suojahansikkaita. Tämä on tärkeää betonin emäksisyyden vuoksi, sillä se on ihoa ärsyttävää. Kastuneet työvaatteet ja hansikkaat suositellaan vaihdettavaksi kuiviin, tämä toimenpide säästää ihoa ärtyneisyydeltä ja ikäviltä rakoilta käsissä. (Oikeat varusteet kiviasennustöissä. 2020.)

Turvallisuudessa katurakentamisessa tilaajat, kuten kaupungit, ELY-keskukset ja Väylävirasto vaativat yleisesti työntekijöiltä työturvallisuuskorttia, tieturva 1 -korttia ja työnjohdolta tieturva 2 -korttia. Liikennealueilla tulee olla myös laadittuna liikenteen ohjaussuunnitelma, josta ilmenee liikenteen kulku, kiertotiet, liikennemerkit, ohjaukset sekä työmaa-alueen rajat. Tietyömailla vaaditaan luokan 2 heijastavaa suojavaatetusta. Liikenteen seassa työskentelyssä vaaditaan erityistä tarkkaavaisuutta, koska liikenteen nopeuden ja massan vaikutuksesta seuraa yleensä vakavaa jälkeä

onnettomuustilanteessa, oli kyseessä henkilön ja ajoneuvon tai työkoneen ja ajoneuvon yhteentörmäys. Liikenteen nopeutta pyritään hidastamaan laskemalla nopeusrajoitus 20–30 km/h ja lisäämällä hidasteita työmaan kohdalle.

6.2 Työvälineitä

Kivien työstöön, ladontaan ja asennukseen on saatavilla erilaisia helpottavia välineitä ja laitteita.

Kiviä voidaan leikata erilaisilla välineillä, riippuen laikkurista ja leikattavasta materiaalista. Leikkureita on mm. seuraavanlaisia:

Kulmahiomakone on tyypillisin monitoimikone. Kulmahiomakoneeseen on saatavilla timanttipinnoitteisia leikkuuteriä, joilla pystytään leikkaamaan luonnonkiveä ja betonikiveä. Terän halkaisija on leikkurin mukaan 125 mm – 230 mm. Kulmahiomakoneella saadaan tehtyä erilaisia kaarre ja täytepaloja kiveyksiin. (Kivisahoja erilaisiin leikkauksiin 2018.)

Polttomootorikäyttöinen leikkuri on hieman kulmahiomakonetta suurempi, rasakaampi ja tehokkaampi, jolloin saadaan leikattua suurempia määriä ja suuremman kokoisia kiviä. Leikkurin timanttiterän halkaisija on yleensä noin 350 mm ja 500 mm välillä. Leikkuriin saa usein myös liitettyä vesijäähdytyksen, joka sitoo ja estää leikkauksesta tulevan pölyn leijailun. (Kivisahoja erilaisiin leikkauksiin 2018.)

Pöytämallinen kivisaha on tarkoitettu erityisesti pinnan sidekivien ja laattojen leikkuuseen. Työasento on miellyttävä ja ergonominen. Leikkuri on yleensä vesileikkuri, jossa vesi toimii jäähdyttäjänä ja pölyn sitojana. (Kivisahoja erilaisiin leikkauksiin 2018.)

Giljotiinileikkuri on nopea, meluton ja pölytön, mutta leikkuujälki on hieman röpelöinen ja ainoastaan suorat leikkuut ovat mahdollisia (Kivisahoja erilaisiin leikkauksiin 2018).

Kivitöihin on saatavilla erilaisia nostimia, pihtejä, siirtokalustoa ja ladontapohjien rakentamista helpottavia apuvälineitä on mm. seuraavanlaisia:

Kivisaksia on saatavilla kevyitä malleja käsikäyttöisinä, käytettäväksi yksin tai parin kanssa, koneeseen asennettavia erilaisia kivisaksia suorille kiville tai kivimöykyille. (Kivitarraimet ja kivityökalut. 2020.)

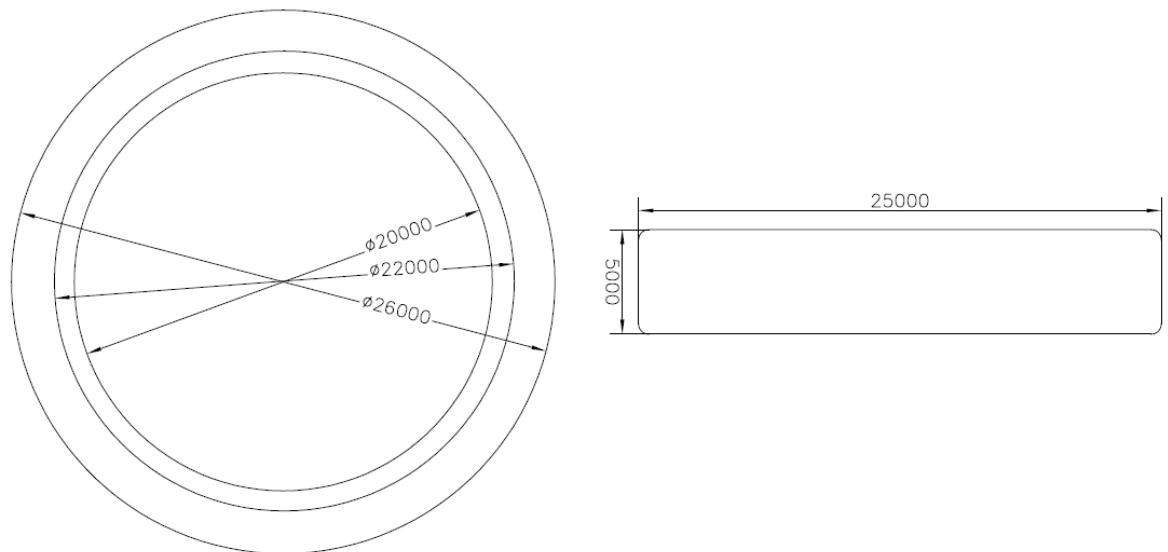
Tasoituslanoja, joilla saadaan tasattua sidekivetyksen pohja, leveällä alueella. Konekäyttöisillä saadaan isompia alueita, käsikäyttöisillä pienempiä. Lanojen koot vaihtelevat 600– 7500 mm välillä. (Kivitarraimet ja kivityökalut. 2020.)

Ladontakahvoja, joilla kivetyksiä voidaan latoa ergonomisemmissä asennoissa. Kahvat helpottavat myös kivistä kiinnipitämisessä. (Kivitarraimet ja kivityökalut. 2020.)

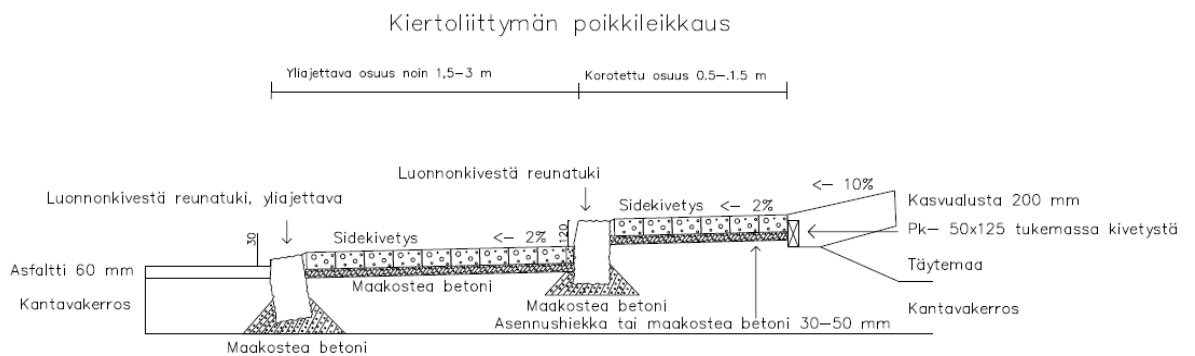
Kivikärryjä, joilla voidaan kuljettaa pieniä määriä kiviä lähelle työpistettä pyörien päällä, näillä vältetään turhalta kantamiselta ja selän rasittamiselta (Kivitarraimet ja kivityökalut. 2020).

7 TUTKIMUS

Opinnäytetyössä tutkitaan ja vertaillaan kivitöiden kustannuksia ja käyttöikä. Tutkimuksessa vertaillaan katurakenteen kivitöiden kustannuksia samalla rakenteella, mutta eri materiaaleilla. Laskelmaversio 1. sisältää betoniset reunatuet ja betonisen sidekivityksen. Versio 2. sisältää graniittisen reunatuen, graniittikivityksen kierto liittymään ja betoniset sidekivet jakajaan. Versio 3. sisältää valettavat reunatuet ja -sidekivityksen, kiertoliittymä graniittisen reunakiven ja graniittisen sidekivityksen. Versio 4. sisältää graniittiset reunatuet ja betonikivisen sidekivityksen. Kuvassa 14. kuva kierto liittymästä ja jakajasta. Kuvassa 15. poikkileikkaus kierto liittymästä, poikkeuksena pk 50x125 lankun tilalla laskelmassa käytetty reunakiviä.



Kuva 14. Laskelman perusteena oleva mallipiirustus.



Kuva 15. Kiertoliittymän poikkileikkaus, periaate kuva.

Kuvassa oleva liikenteen jakaja 25 m x 5 m on tavanomainen helpohko jakaja. Kiertoliittymässä on yliajettava osuus ja korotettu osuus. Yliajettavan osuuden leveys on 2 m ja korotetun osuuden leveys on 1 m. Kiertoliittymän sidekivetyksen asennus- alustana toimii maakostea betoni. Kuvassa 15. on periaatekuva kiertoliittymästä, poikkeuksena esimerkkilaskelmassa käytetään sisimpänä reunatukena kiveä reu- natukea. Esimerkkikuva 15. on käytetty painekyllästettyä lankkua. Taulukoissa 6. ja 7. on materiaalmääriä kivityksiin.

Taulukko 6. Piirustuksen kivetysmäärät.

	Kiertoliittymä	Jakaja
Reunatukia m	214 m	60 m
Sidekivetystä m ²	217 m ²	125 m ²

Taulukko 7. Maakostean betonin ja asennushiekkan määrät.

	Maakosteabetoni	Asennushiekka 0/8
Reunatuot	11,8 m ³	-
Kiertoliittymän sidekivetyt	8,7 m ³	-
Sidekivetyt (jakajassa 50)	-	15 tn

Laskelmissa ei ole otettu mukaan kone- tai maatoiden hintaa, koska ne ovat saman- laiset riippumatta kiveyksessä käytetyistä materiaaleista. Esitetyissä hinnoissa ei ole arvonlisäveroä. Esimerkin hinnat ovat Seinäjoella toimivasta maarakennusalan yrityksestä ja hintoihin vaikuttavat tilausmäärät, toimitukset, toimittajat sekä sijainti.

Kivityöt alkavat mittauksilla, joilla määritetään reunakivilinjojen paikka vaaka-, pi- tuus- ja korkeussuunnassa. Merkkaukset sijainnissa maalataan murskepetiin ja kor- keuden ohjaajaksi asennetaan linjalanka. Merkatulle linjalle levitetään noin 40 cm:n leveydeltä ja 5 cm:n paksuudelta maakosteaä betonia. Reunakivi asennetaan ta- satun maakostean betonin päälle, hiertäen kivi oikeaan korkeuteen kiinni edelliseen reunakiveen. Asennetut reunakivet tuetaan maakostealla betonilla juuresta molem- milta puolilta. Sidekivetyksen täyttöön jätetään asennushiekalle tai maakostealle be- tonille jätettävä vara 2-4 cm. Asennushiekka tai maakostea betoni levitetään ja ta- sataan. Sidekivetyt ladotaan asennushiekkan tai maakostean betonin päälle ja reu- noille leikataan täytepalat. Valmiin sidekivetyksen päälle levitetään saumaushiekka.

Hiekka harjataan kiveyksen saumoihin. Kiveys tiivistetään noin 100 kg tärylevyllä, jonka jälkeen vajaat saumat täytetään saumaushiekalla.

Valettava reunatuki tehdään vasta valmiin asfalttipinnan päälle, samoin mittaukset, raudoitukset ja valu. Valettava pinta tehdään murskepedin päälle valamalla noin 6 cm paksuinen kuori. Kuoreen voi painaa kuvion, mutta pinta voi olla myös tasainen. Pesubetonointi ja moni muu erikoisuus ovat mahdollisia.

7.1 Laskelmat

Laskelmaversiossa 1 on käytetty betonisia reunatukia ja betonikivetystä sekä jakajassa että myös kiertoliittymässä.

Laskelmassa betonisten reunatukien ja sidekivien hinta on edullisempi kuin muilla materiaaleilla. Betoniset kiveykset ovat tasaisia ja sulavan näköisiä. Sidekiviä on saatavana eri väreissä, jolloin pystytään tekemään koristeellisia kuvioita, mutta ne nostavat sekä asennuksen että materiaalin hintaa. Betoniset kiveykset eivät kuitenkaan kestä suurien liikennekuormien alla kovin hyvin. Ajan saatossa betoniset kiveykset murenevat ja rapautuvat maantiesuolan sekä sulamisen ja jäätyksen vaikutuksesta.

Versio 1, betoniset reunatuet ja betoniset sidekivetykset								
Materiaali	Määrä	Yks.	Hinta/yks.	Hinta yht.	Asen./yks.	Asen. Yht	Hinta yht.	Hinta ryhmittäin
Kiertoliittymä reunatuet								
Betonireunatuki	214	m	7,30	1562,2	4,7	1005,8	2568	
Maakostea betoni	9,2	m3	120	1104	2	18,4	1122,4	
Kiertoliittymä sidekivetykset								3690,4
Betonisidekivetykset	217	m2	9,6	2083,2	12,6	2734,2	4817,4	
Maakostea betoni	8,7	m3	120	1044	110	957	2001	
Saumaushiekka	217	m2	0,5	108,5	2	434	542,5	
Jakaja reunatuet								7360,9
Betonireunatuki	60	m	7,30	438	4,7	282	720	
Maakostea betoni	2,6	m3	120	312	2	5,2	317,2	
Jakaja sidekivetykset								1037,2
Betonisidekivetykset	125	m2	9,6	1200	12,6	1575	2775	
Leikkuu	30	m			40	1200	1200	
Saumaushiekka	125	m2	0,5	62,5	2	250	312,5	
Asennushiekka	15	tn	10	150	110	1650	1800	
								6087,5
						Yhteensä	18176	€

Kuva 16. Laskelmaversio 1.

Laskelmaversiossa 2 on käytetty graniittisia reunatukia, graniittista kivetystä kiertoliittymässä ja jakajassa betonikivetystä.

Graniittikivet nostavat laskelmassa hintaa materiaalin osalta. Graniittinen sidekivetys on myös hieman hitaampi asentaa, joka nostaa asennuksen kustannuksia. Graniittinen reunatuki on yhtä nopeaa asentaa kuin betoninen, jolloin ei ole vaikutusta asennuksen hintaan. Graniittinen kivetys yleensä mielletään historialliseen ja hieman arvokkaaseen alueeseen. Graniittinen kivetys kestää mekaanista kulutusta hyvin ja on pitkäikäinen. Sääolosuhteiden ja suolan vaikutus on vähäinen.

Versio 2, graniittisen reunatuen, graniittikivetyksen kiertoliittymään ja betoniset sidekivet jakajaan								
Materiaali	Määrä	Yks.	Hinta/yks.	Hinta yht.	Asen./yks.	Asen. Yht	Hinta yht.	Hinta ryhmittäin
Kiertoliittymä reunatuet								
Graniitti reunatuki	214	m	27,00	5778	4,7	1005,8	6783,8	
Maakostea betoni	9,2	m3	120	1104	2	18,4	1122,4	
Kiertoliittymä sidekivetys								7906,2
Graniittisidekivetys	217	m2	55	11935	16,5	3580,5	15515,5	
Maakostea betoni	8,7	m3	120	1044	110	957	2001	
Saumaushiekka	217	m2	0,5	108,5	2	434	542,5	
Jakaja reunatuet								18059
Graniitti reunatuki	60	m	27,00	1620	4,7	282	1902	
Maakostea betoni	2,6	m3	120	312	2	5,2	317,2	
Jakaja sidekivetys								2219,2
Betonisidekivetys	125	m2	9,6	1200	12,6	1575	2775	
Asennushiekka	15	tn.	10	150	110	1650	1800	
Leikkuu	30	m			40	1200	1200	
Saumaushiekka	125	m2	0,5	62,5	2	250	312,5	
								6087,5
						Yhteensä	34271,9	€

Kuva 17. Laskelmaversio 2.

Laskelmaversiossa 3 on käytetty graniittisia reunatukia ja graniittista kivetystä kiertoliittymässä. Jakaja on rakennettu liukuvalamalla reunatuet, myös kansi on valettu ja siihen on painettu kivetyksen kuviointi.

Kiertoliittymä on rakennettu kuin versiossa 3. Graniittikivetys kestää kulutusta hyvin ja on arvokkaan näköinen. Valettu jakaja taas on hieman kalliimpi. Valettuja jakajia yleensä tekevät aliurakoitsijat, jotka ovat erikoistuneet siihen ja heillä on siihen vaadittava kalusto. Etuna valetuissa jakajissa on sulavat muodot ja niiden rakentaminen vasta asfaltoinnin jälkeen. Valettava jakaja rakentuu myös nopeasti liukuvalutekniikalla. Vanhoja jakajia voidaan myös korottaa liukuvalamalla vanhan jakajan päälle.

Versio 3, valettavat reunatuet ja -sidekivetyksen, kiertoliittymä graniittisen reunakiven ja graniittisen sidekivetyksen.								
Materiaali	Määrä	Yks.	Hinta/yks.	Hinta yht.	Asen./yks.	Asen. Yht	Hinta yht.	Hinta ryhmittäin
Kiertoliittymä reunatuet								
Graniitti reunatuki	214	m	27,00	5778	4,7	1005,8	6783,8	
Maakostea betoni	9,2	m3	120	1104	2	18,4	1122,4	
Kiertoliittymä sidekivetyks								7906,2
Graniittisidekivetyks	217	m2	55	11935	16,5	3580,5	15515,5	
Saumaushiekka	217	m2	0,5	108,5	2	434	542,5	
Maakostea betoni	8,7	m3	120	1044	110	957	2001	
Jakaja								18059
Valettu pinta jakajaan	125	m2	55	6875			6875	
Valettareunatuki	60	m	40	2400			2400	
								9275
						Yhteensä	35240,2	€

Kuva 18. Laskelmaversio 3.

Laskelmaversiossa 4 on käytetty graniittisia reunatukia ja betonikivetystä kiertoliittymässä sekä jakajassa.

Graniittiset reunatuet kestävät hyvin kulutusta ja luovat arvokkaan oloista maisemaa. Betonikivetyks on edullinen pinnoite.

Versio 4, graniittisen reunatuet ja betoniset sidekivetykset								
Materiaali	Määrä	Yks.	Hinta/yks.	Hinta yht.	Asen./yks.	Asen. Yht	Hinta yht.	Hinta ryhmittäin
Kiertoliittymä reunatuet								
Graniitti reunatuki	214	m	27,00	5778	4,7	1005,8	6783,8	
Maakostea betoni	9,2	m3	120	1104	2	18,4	1122,4	
Kiertoliittymä sidekivetyks								7906,2
Betonisidekivetyks	217	m2	9,6	2083,2	12,6	2734,2	4817,4	
Maakostea betoni	8,7	m3	120	1044	110	957	2001	
Saumaushiekka	217	m2	0,5	108,5	2	434	542,5	
Jakaja reunatuet								7360,9
Graniitti reunatuki	60	m	27,00	1620	4,7	282	1902	
Maakostea betoni	2,6	m3	120	312	2	5,2	317,2	
Jakaja sidekivetyks								2219,2
Betonisidekivetyks	125	m2	9,6	1200	12,6	1575	2775	
Asennushiekka	15	tn.	10	150	110	1650	1800	
Leikkuu	30	m			40	1200	1200	
Saumaushiekka	125	m2	0,5	62,5	2	250	312,5	
								6087,5
						Yhteensä	23573,8	€

Kuva 19. Laskelmaversio 4.

7.2 Lujuuden testaus

Opinnäytetyössä testattiin myös betonisen reunakiven, graniittisen noppakiven ja graniittisen reunakiven kestävyyttä puristuskokeessa. Kappaleet olivat kooltaan 100 x 100 x 100 mm:n kuutioita. Testattavat kappaleet leikattiin ja hiottiin oikean kokoisiksi reuna- ja nupukivistä. Alla olevassa kuvassa 20. näkyvät testitulokset kullekin kivelle. Alla lyhenteet testatuille kappaleille.

- Noppa = graniittinen noppakivi
- BRK = betoninen reunakivi
- GRK = graniittinen reunakivi

Tulokset:

Nr	Näyte	Paino g	F_{max} kN	σ_m N/mm ²	ρ kg/m ³	K N/mm ²	K (pyöristys) N/mm ²
1	Noppa1	2764,8	1853	176,9	2497	172,0	172
2	Noppa2	2732,4	2040	194,3	2629	188,0	188
3	BRK1	2188,4	538	56,5	2275	55,0	55
4	BRK2	2124,4	605	61,4	2186	59,4	59
5	GRK1	3244,5	2141	161,3	2652	156,6	157
6	GRK2	2961,9	1530	144,2	2650	140,0	140
7	GRK3	2743,7	1877	171,6	2659	166,6	167

Kuva 20. Testauksen tulokset.

Tuloksissa näkyy K:n arvo (N/mm²), joka on graniittisissa kivissä 140:n ja 188:n välillä, kun taas betonisilla kivillä arvo on 55:n ja 59:n välillä. Kiven paino on myös hieman suurempi graniittisilla kivillä. Kuorman (F_{max}) arvo on graniittisilla kivillä noin 1500 ja 2000 välillä. Betonisilla (F_{max}) on 500 ja 600 välillä.

Tuloksena kuormitustestistä on, että graniittisella kivellä on parempi kestävyys kuormitusta vastaan kuin betonisilla kivillä.

7.3 Yhteenveto laskelmista ja testauksesta

Ilman tarkempaa tarkastelua on vaikeaa arvioida, mikä on kuhunkin kohteeseen oikea kivimateriaalivalinta. Kun kohdetta aloitetaan suunnittelemaan, tulee ottaa huomioon käyttöikä, liikennesäätö, maisema-arvo sekä historiallinen ja kulttuurillinen vaikutus. Laskelmissa esiintyy vain kivityksien kustannukset yhteen kertaan rakennettuna. Betonisilla kivityksillä on lyhyempi käyttöikä kuin graniittisilla kiveyksillä, joita luonnehditaan ikuisiksi kiviksi. Betonisia kiveyksiä on jouduttu uusimaan riippuen olosuhteista, kulutuksesta ja maantien suolauksesta noin 5 – 20 vuoden välein.

Betonikivetyks on halvin, mutta sitä suositellaan vain pienen kulutuksen alueille, kuten liikenteenjakaajiin ja saarekkeisiin. Graniittista kivetystä suositellaan liikennekuormien alle ja suurikulutuksisille teille. Valubetonista jakajaa tai kivetystä on edullisinta käyttää, kun vanhaa jakajaa ei pureta, vaan sen päälle valetaan korotus. Tällöin säästetään kierrätysmaksuissa, konetyötunneissa ja uudelleen asfaltoinnissa.

Graniittinen reunakivetyks kestää koneellista puhtaanapitoa parhaiten. Maantien suolauksen vaikutus on vähäisempää kuin betonisilla kivillä.

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli seuraavaa:

- sidekivetyksien materiaalin valinta, käyttöikä, tarkoitus ja vaatimukset
- reunatukien materiaalin valinta, käyttöikä, tarkoitus ja vaatimukset
- luonnonkivien vs. betonikivien kestävyys, lujuus, käyttöikä
- eri materiaaleista rakennettujen liikenteenjakkajien kustannukset ja laadulliset vaatimukset.

Työ eteni tarkastellen ja kierrellen Seinäjoen alueen liikenteenjakkajia ja kivetyksiä, selvittäen eri materiaalien käyttökohteita ja merkitystä alueille. Seuraavana oli vuorossa löytyneiden kivetysrakenteiden perusteellisempi tarkastelu, niin laadullisesti kuin rakennustavallisestikin. Tätä seurasi kustannusvertailu eri materiaaleille ja puristustesti lujuudelle betoniselle- ja graniittiselle kivelle. Työssä käytiin lisäksi läpi erilaisten kivien työstöä, laitteistoa ja työturvallisuutta.

Työssä tehtiin laskelma, jossa vertailtiin saman rakenteen rakentamisen eri materiaaleilla. Työssä huomioitiin ainoastaan kivetyksen vaatimat työt. Laskelma osoitti, että versio 1. oli edullisin vaihtoehto. Ennen kivetyksen rakentamista niin pienrakentamisessa kuin isommissa rakennushankkeissa tulee tutkia ja arvioida kivetyksen merkitys alueelle, maisema-arvo, kustannukset, käyttöikä sekä liikenteen ja sään rasitukset.

Työssä olisi voinut vielä jatkaa maantiesuolan vaikutuksen tutkimista jakajien materiaaleihin. Samoin olisi voinut tutkia myös sulamisen ja jäätyminen vaikutusta pidemmällä aikavälillä. Tämän olisi saanut sisällytettyä työhön, mikäli sopiva testauskalusto olisi löytynyt ajoissa. Ajatus suolauksen vaikutuksen testauksesta tuli vasta työn loppuvaiheessa, kuten myös jäätyminen ja sulamisen aiheuttamien vaikutusten testaus, jonka vuoksi näitä ei saatu sisällytettyä enää opinnäytetyön aikarajojen sisälle.

Jatkotutkimuksessa kannattaisi keskittyä edellä mainittuihin kohtiin, joita ei tässä työssä tutkittu. Tutkittavat mielenkiintoiset asiat olisivat maantiesuolauksen vaikutuksen testaus betonisiin ja graniittisiin kivityksiin, sulamisen ja jäätymisen tarkastelu graniittikivityksellä ja betonisella kivityksellä.

LÄHTEET

- Infra-RYL 2010 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1 Väylät ja alueet. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Junttila, U-K., Koivistoinen, M., Waris, J., Häkkinen, I. & Kauppinen, M. 2011. Katu ympäristön suunnitteluopas. Tampere: Suomen Kuntatekniikan Yhdistys ry.
- Kivisahoja erilaisiin leikkauksiin. 2018. [Verkkosivu]. Helsinki: Pihakivi.com. [Viitattu 15.2.2020]. Saatavana: <https://www.pihakivi.com/2018/08/kivisahoja-erilaisiin-leikkauksiin/>
- Kivitarraimet ja kivityökalut. 2020. [Verkkosivu]. Helsinki: Oy Machine Tool Co. [Viitattu 15.2.2020]. Saatavana: <https://www.machinetool.fi/nostolaitteet/probst-kivitarraimet-ja-kivityokalut>
- Liukuvalettava reunakivi. 2018. [Verkkosivu]. Turku: Betonilaatta Oy. [Viitattu 10.2.2020.] Saatavana: <https://www.betonilaatta.fi/tuoteryhma/liukuvalettavat-reunakivet/liukuvalettava-reunakivi>
- Maa-RYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen maatyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Oikeat varusteet kiviasennustöissä. 2020. [Verkkosivu]. Helsinki: Rudus Oy. [Viitattu 15.2.2020]. Saatavana: <https://www.rudus.fi/ohjeet/kiviasentajan-kasikirja/oikeat-varusteet-kiviasennustyossa>
- Reunatukien alusta. 2015. [Verkkosivu]. Rakennustieto. [Viitattu 11.2.2020.] Saatavana: https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fIPeDhrH/JligaSUyf/22110_Reunatuuet.pdf
- Rudus Oy. 2020. Betonireunatuuet. [Verkkosivu]. Helsinki: Rudus Oy. [Viitattu 10.2.2020]. Saatavana: <https://www.rudus.fi/tuotteet/pihakivet-ja-maisematuotteet/upotettavat-betonireunakivet/146/upotettava-h-reunakivi>