



# Kiviaineksen iskunkestävyyden kehittyminen työn aikana

**Vt 4 Kirri-Tikkakoski**

Vertti Heikkinen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2022

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

## Heikkinen Vertti

### Kiviaineksen iskunkestävyyden kehittyminen työn aikana, Vt 4 Kirri-Tikkakoski

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2022, 32 sivua

Tekniikan ala, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma, Opinnäytetyö, AMK

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

## Tiivistelmä

Destia Oy toimi tutkimuksen toimeksiantajana ja tutkimus toteutettiin Vt 4 Kirri-Tikkakoski hankkeella. Hankkeella nähtiin tuotettavan kiviaineksen määrän vuoksi mahdollisuus tutkia kiviaineksen iskunkestävyyttä. Kiviaineksen iskunkestävyyden tulokset valmiin rakenteen rakennäytteessä oli huomattu jo pidemmän aikaa paremmaksi kuin mitä se on materiaalin ennakkonäytteen perusteella. Tehtävän oli tutkia iskunkestävyyden kehittymistä ja selvittää sitomattoman kantavan kerroksen iskunkestävyyden laatuvaatimuksia.

Tutkimusmenetelmä muodostui monistrategiseksi tutkimukseksi, kun kvantitatiivista aineistoa alettiin täydentämään kvalitatiivisella aineistolla. Tutkimusaineisto muodostui tutkimusnäytteistä, joilla kerättiin määrällisen tutkimuksen aineistoa. Kirjallisuudella ja asiantuntijan haastattelulla kerättiin tutkimuksen laadullista aineistoa sekä toteutettiin puolistrukturoitu sähköpostihaastattelu, josta haettiin erilaisia näkökulmia LA-luvusta.

Tutkimuksen tulosten vertailujen perusteella saatiin varmuus kiviaineksen iskunkestävyyden kehittymisen suunnasta. Kirjallisuuskatsauksesta selvisi iskunkestävyyden vaatimuksen muodostuminen ja haastattelujen vastauksia vertailemalla havaittiin LA-luvun näkemyseroja.

Tutkimuksen perusteella huomattiin, ettei kiviaineksen iskunkestävyys ole aivan yksinkertainen asia. Tutkimuksella annetaan kiviaineksen iskunkestävyydestä tietoa infra-alalle ja se herätti kysymyksiä jatkokehittämistöitä varten.

## Avainsanat (asiasanat)

Kiviaines, Los Angeles -koe, Sitomaton kantava kerros, iskunkestävyys

## Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

**Heikkinen Vertti**

**The development of impact resistance of aggregates during work, Vt 4 Kirri-Tikkakoski**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2022, 32 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Civil Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Destia Oy was acted the commission of the study and research was carried out with the Vt 4 Kirri-Tikkakoski project. It was possible to research the impact resistance of aggregate, Due to the amount of aggregates produced during the project. It has been noticed before that the impact resistance of aggregate is better in the finished structure than in samples of the material. The task was to study the development of impact resistance and to determine the quality requirements for the impact resistance of the unbound subbase.

The research method became a mixed method study when the quantitative data was complemented with qualitative data. The research material consisted of research samples used to collect quantitative research data. Literature and expert interview collected qualitative data for the study and a semi-structured email interview was conducted, which sought different perspectives of the Los Angeles abrasion value.

The direction of impact resistance development was obtained based on the results of the study. The formation of the requirement for impact resistance was clarified by the conducted literature review and differences of views on the Los Angeles abrasion value were found by comparing responses from the interviews.

The research discoveries were that the impact resistance of aggregates is not a simple matter. The study provides information on the impact resistance of aggregates to the infrastructure sector and brought questions for further development work.

### **Keywords/tags (subjects)**

Rock aggregate, Los Angeles -test, unbound road-base, impact resistance

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Tutkimuksen lähtökohdat</b> .....	<b>8</b>
2.1	Toimeksiantaja .....	8
2.2	Hankkeen esittely.....	9
2.3	Tutkimuksen tavoite.....	10
2.4	Tutkimusmenetelmät.....	11
<b>3</b>	<b>Tietoperusta</b> .....	<b>12</b>
3.1	Sitomaton kantava kerros .....	12
3.2	Kalliomurske .....	14
3.3	Iskunkestävyys.....	14
3.3.1	Los Angeles -testi menetelmä .....	14
3.3.2	Los Angeles -luvun vaatimus .....	16
<b>4</b>	<b>Tutkimusaineisto</b> .....	<b>19</b>
4.1	Laajempi näyte kokonaisuus .....	19
4.2	Kohdennetut näytteet.....	22
<b>5</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>25</b>
5.1	Näytteiden vertailu .....	25
5.2	Haastattelu .....	27
<b>6</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>28</b>
6.1	Tutkimuksen luotettavuus .....	29
6.2	Tutkimuksen eettisyys.....	29
	<b>Lähteet</b> .....	<b>30</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>33</b>
	Liite 1. Sähköpostihaastattelun kysymykset .....	33
<b>Kuviot</b>		
	Kuvio 1 Vt 4 Kirri-Tikkakoski yleiskartta (Vt 4 Kirri-Tikkakoski).....	9
	Kuvio 2 Rakeiden halkeamista kantavan kerroksen pinnalla.....	13
	Kuvio 3 Los Angeles -testilaitte (SFS-EN 1097-2, 6).....	15
	Kuvio 4 Kirrinkallion murskaus toiminta (Destia Oy). .....	20
	Kuvio 5 Rakennenäytteen seulonta työmaalla. ....	21
	Kuvio 6 Ennakonäytteenotto väylältä M2 paalulta 0.....	22
	Kuvio 7 Väylä M2 paalu 0 valmis rakenne. ....	23

Kuvio 8 Väylä M2 paalu 0 rakennenäytteenotto. ....	24
Kuvio 9 Laajemman näytekokonaisuuden vertailu. ....	26

### **Taulukot**

Taulukko 1 Vuoden 1982 murskaustyön lujuus ja muotoarvovaatimukset (Murskaustyön valvontaohjeet 1982). ....	17
Taulukko 2 Vuoden 1994 kiviainesten lujuusvaatimukset (Kuskelin ym. 1994). ....	18
Taulukko 3 Laajemman näyte kokonaisuuden tulokset. ....	25
Taulukko 4 Kohdennettujen näytteiden LA-luvun tulokset. ....	26

## Opinnäytetyön käsitteitä

<b>LA-luku</b>	Kiviaineksen iskunkestävyyttä esittävä Los Angeles -luku, joka on testin jälkeen 1,6 mm seulan läpi kulkevan testinäytteen prosenttiosuus (SFS-EN 1097-2, 4).
<b>LA-testi</b>	Eurooppalaisen standardin mukainen Los Angeles -testi, jolla varmistetaan sitomattomien murskeiden iskunkestävyys.
<b>Kiviaines</b>	Tässä opinnäytetyössä kiviaineksella tarkoitetaan kivistä jalostettua rakeista rakennusmateriaalia.
<b>Murske</b>	Murskaamalla valmistettua rakennusmateriaalia, joka sisältää kaiken kokoisia rakeita. Esim. Kalliomurske KaM 0/45 sisältää raekooltaan 0–45 mm kokoisia rakeita.
<b>Hienoaines</b>	Hienoaines on murskeen sisältämää hienorakeista alle 0,063 mm kokoista kiviainesta.
<b>TENT-T-verkko</b>	Liikenneverkko, joka ulottuu Euroopan alueelle. Yhteisen verkon rakentamisella tavoitellaan turvallista ja kestävä EU:n liikennejärjestelmää, jolla edistetään ihmisten ja materiaalin sujuvaa liikkumista (Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T).

# 1 Johdanto

Tilastokeskuksen (2020) mukaan Suomessa päällystettyä tietä on 50 647 kilometriä (Suomen virallinen tilasto 2020). Tiet rakentuvat erilaisista rakennekerroksista, joilla on tiessä omat tarkoituksensa. Rakennekerrosten yksi tehtävistä on pitää rakenteet kuivana, mikä tuo tielle lisää kestävyttä. (Teissä on monia kerroksia ja niillä kaikilla on oma tarkoituksensa 2020.) Tienrakenteen suunnittelu ohjeen (2018, 11) mukaan voidaan kerrokset jakaa päällystekerrokseen, sitomattomiin kerrokseen ja stabilointeihin. Edellä mainittujen päällysrakennekerrosten alla on alusrakenne. (Tienrakenteen suunnittelu 2018.)

Rakennekerroksista tässä opinnäytetyössä keskitytään sitomattomaan kantavaan kerrokseen. Sitomattoman kantavan kerroksen tehtävänä on tuoda rakenteelle lisää kantavuutta, jotta rakenne kestää ajoneuvoista aiheutuvaa kuormitusta. Tielle kohdistuvan kuormituksen vuoksi kantavan kerroksen materiaalin on oltava laatuvaatimuksien täyttävää kiviainesta (Kuula 2016).

Materiaali sitomattomaan kantavaan kerrokseen valitaan soramurskeesta, kalliomurskeesta tai uusiomateriaalista. Hankkeelle, jolle opinnäytetyö toteutettiin, on materiaalina kantavassa kerroksessa käytetty kalliomursketta, joka on tuotettu hankeen sisältä. Sitomattoman kantavan kerroksen raekoot vaihtelevat 0/32–0/63, raekoon valintaan vaikuttaa esimerkiksi kerroksen paksuus. Materiaalille on määriteltynä laatuvaatimuksia, jotka määrittelevät kiviaineksen rakeisuutta, muotoa ja lujuutta. Kiviaineksen lujuusominaisuutta tutkitaan standardin SFS-EN 1097-2 mukaisella Los Angeles -kokeella, jolla määritetään kiviaineksen iskunkestävyys (InfraRYL 2021).

Tässä opinnäytetyössä pääpaino on kiviaineksen iskunkestävyydessä ja LA-luvussa. Projektin rakentamisesta vastaavien henkilöiden kanssa on käyty keskustelua kiviaineksen Los Angeles -luvun muuttumisesta, kun näyte otetaan valmiista rakenteesta. Iskunkestävyyden LA-luvun muuttumista tutkittiin vertailemalla ennakkonäytteiden ja rakennenäytteiden eroa. LA-luvun perustaa selvitetiin kirjallisuudesta ja näkemyksiä haastattelun avulla. Kiviaineksen iskunkestävyyden laajaa kokonaisuutta on tarpeellista tutkia, jotta aiheesta saadaan alalle lisää tietoa, jota voidaan hyödyntää esim. iskunkestävyyden ymmärtämiseen tai laatuvaatimusten kehittämiseen.

## 2 Tutkimuksen lähtökohdat

### 2.1 Toimeksiantaja

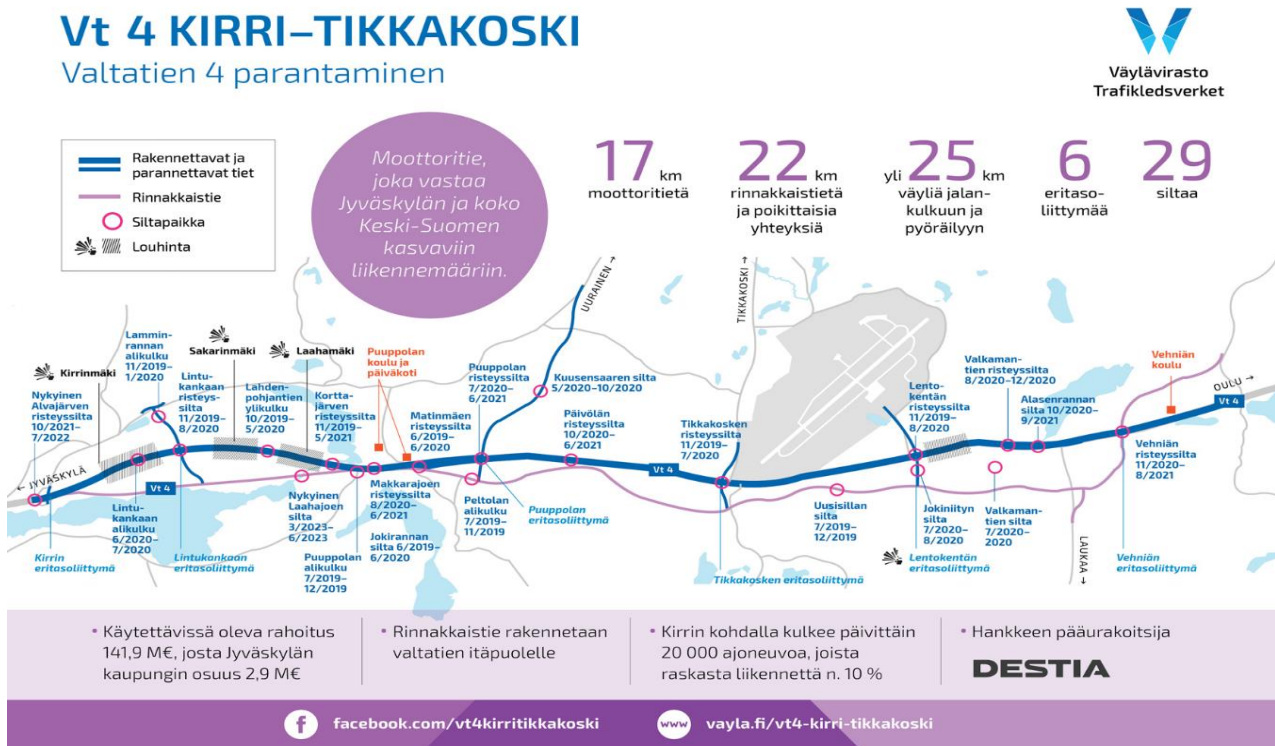
Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Destia Oy:n väläpalvelut liiketoimintaryhmän Keski-Suomen yksikö ja tutkimus toteutettiin Vt4 Kirri-Tikkakoski työmaalla. Destian (Historia) mukaan historiaa on yli 200 vuotta, kun 1800-luvulla oli Kuninkaallisen Suomen Koskenperkausjohtokunta perustettu Kustaa IV Adolfin toimesta. Suomen itsenäistyttyä perustettiin vuonna 1925 Tie- ja vesirakennushallitus eli TVH, joka jakaantui vuonna 1998 Tie- ja vesirakennuslaitokseksi ja Tielaitokseksi. Vuonna 2001 Tielaitoksesta erotettiin tuotanto ja hallinto, jonka jälkeen tielaitoksen tuotanto siirtyi Tieliikelaitos nimellä vuoden 2005 alusta avoimen urakoiden kilpailuun. Markkinointinimeksi Destia tuli ystävänpäivänä vuonna 2007 ja heti vuoden 2008 alusta Destiasta tuli Tieliikelaitoksen toimintaa jatkava osakeyhtiö, jonka omisti kokonaan Suomen valtio. Vuonna 2014 koko osakekannan omistus myytiin Ahlström Capital Oy:lle, josta tuli Destian omistaja. (Historia n.d.) Vuonna 2021 loppu vuodesta Ahlström Capital Oy myi maailman johtaviin yrityksiin kuulvalle Colas-konsernille, jolla on puolestaan toimintaa n. 50 maassa ja työllistää n. 55 000 henkilöä. Vuonna 2020 infra-jätin Colasin liikevaihto oli 12,3 miljardia euroa. (Hallinto ja johtaminen n.d.)

Destia Suomessa on suurimmista infra-alan yrityksistä, jonka liikevaihto oli 574,8 miljoonaa euroa vuonna 2021. Destiassa on vuonna 2021 henkilöstöä keskimäärin 1 647. (Tilinpäätös ja vuosikertomus 2022.) Destian strategian mukaan tavoite on laajentaa Pohjois-Norjaan ja -Ruotsiin (Strategia n.d.).

Destia tarjoaa infra-alan palveluita kattavasti koko elinkaaren ajaksi. Palvelut koostuvat suunnittelusta, rakentamisesta ja Suomen infran ylläpidosta. Destian asiakaskuntaan kuuluvat Suomen valtio ja kaiken kokoiset kaupungit, kunnat, teollisuus- ja liikeyritykset. Destian liiketoimintaryhmät ja tukitoimet ovat jaettu 14 eri osa alueeseen, jotka ovat väläarakentaminen, pohjarakentaminen, alue- ja ympäristörakentaminen, kalliorakentaminen, energiainfra, ratapalvelut, kunnossapito, kiviaine ja kiertotalous, kaupunkikehitys, suunnittelu, infraomaisuuden hallinta, sähköajoneuvojen lataus ja telematiikka. (Palvelut n.d.)

## 2.2 Hankkeen esittely

Vt 4 Kirri-Tikkakoski hanke, jota esitellään yleisesti kuviossa 1 parantaa liikennettä Jyväskylästä pohjoiseen päin. Uutta moottoritietä rakennettiin noin 17 km ja se avattiin liikenteelle 2021 loppu vuodesta. Liikennemäärällisesti Kirrin kohdalta kulkee noin 20 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, joista noin 10 % on raskaita ajoneuvoja. Valtatie 4 on Suomessa merkittävä raskaiden ajoneuvojen väylä, joka sisältyy TEN-T-ydinverkkoon. (Vt 4 Kirri-Tikkakoski.)



Kuvio 1 Vt 4 Kirri-Tikkakoski yleiskartta (Vt 4 Kirri-Tikkakoski).

Vt 4 Kirri-Tikkakoski hankkeen tavoitteena on ollut purkaa vanhan nelostien ruuhkautumista ja parantaa liikenneturvallisuutta. Rakennettu moottoritie tuo huomattavasti turvallisuutta liittymien kohdalle ja tuo toivottua sujuvuutta. Äänekoskelle valmistunut Metsä Groupin biotuotetehdas on lisännyt jo nyt raskasta liikennettä ja on ennustettu lähikymmenvuosien aikana kasvavan huomattavasti. Moottoritie tuo Jyväskylän kaupungille lisää maankäyttöä elinkeinoelämään, kehittää yritysten toimintaedellytyksiä ja parantaa Jyväskylän lentokentälle kulkua. (Vt 4 Kirri-Tikkakoski.)

## 2.3 Tutkimuksen tavoite

Opinnäytetyön aiheena on tutkia kiviaineksen iskunkestävyyden kehittymistä sitomattoman kantavan kerroksen rakentamisen aikana. Vt 4 Kirri-Tikkakoski hankkeelle on tehty paljon kiviaineksen laadunvarmistus tutkimuksia. Kiviaineksen iskunkestävyydessä on näiden tutkimuksen ja projektin rakentamisesta vastaavien aikaisemman tiedon perusteella huomattu muutosta. Opinnäytetyön aihe valikoitui, kun Destialla nähtiin tarpeelliseksi selvittää ja tutkia iskunkestävyyden kehittymistä, myös hankkeen kiviainestutkimusten suuri määrä nähtiin mahdollisuutena aiheelle. Rakennäytteidien ottaminen on lisääntynyt työmailla, koska sitä vaaditaan nykyään yleensä hankkeiden tuotevaatimuksissa. Yleisissä laatuvaatimuksissa tällaista näytteidenottoa ei vaadita ja sen vuoksi on hyvä tuoda alan tietoisuuteen aiheesta enemmän.

Opinnäytetyötä aihe määräytyi Vt 4 Kirri-Tikkakoski hankkeen mahdollisuuksien mukaan. Aiheen rajaaminen muodostui työn edetessä ja vaati pohdiskelua aineistoa kerätessä. Haasteena pidin aiheessa pysymistä, koska oma haluni tutkia aihetta laajemmin kasvoi tietotulvan myötä. Kiviaineksen lujuusominaisuuksista on keskitytty iskunkestävyyteen, koska LA-testejä on tehty hankkeelle paljon ja LA-luku määrittelee kiviaineksen iskunkestävyyttä. Perehtymällä kiviaineksen lujuusominaisuuksista vain iskunkestävyyteen, varmistetaan ettei aihe alue kasva liian suureksi. Iskunkestävyyden kehittymisen syyt on rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle, koska tämänhetkisen tutkimus tiedon perusteella se vaatisi laajempaa tutkimusta.

Työn tavoitteena on selvittää ja tutkia sitomattoman kantavan kiviaineksen iskunkestävyyden LA-luvun kehittymistä Vt 4 Kirri-Tikkakoski hankkeessa. Opinnäytetyössä vertaillaan LA-luvun muutosta rakenteen rakentamisen johdosta. Työssä perehdytään myös LA-luvun vaatimuksen perustaan ja selvitetään sen näkemyksiä.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset:

- Kehittykö iskunkestävyys rakenteen rakentamisen yhteydessä?
- Mistä iskunkestävyys laatuvaatimus on muodostunut?
- Minkälaisena LA-luvun eli iskunkestävyyden laatuvaatimus nähdään?

## 2.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä on yhdistetty määrällistä ja laadullista tutkimusmenetelmää. Määrällisen eli kvantitatiivisen menetelmän avulla on saatu lisää tietoa aiheesta vertailemalla kiviaineksen iskunkestävyyden LA-luvun tuloksia. Laadullisella eli kvalitatiivisella menetelmällä tietoa kerättiin haastattelulla ja kirjallisuudesta. Hirsjärven ja Hurmeen (2008, 28) mukaan tällaista tutkimusmenetelmien yhdistämistä kutsutaan monistrategiseksi tutkimukseksi. Opinnäytetyössä on kvantitatiivisella menetelmällä löydetty kiinnostava ilmiö, jota on lähdetty analysoimaan kvalitatiivisella menetelmällä.

Kiviaineksen iskunkestävyytuloksia saadaan ennakkonäytteistä ja rakennenäytteistä. Näytteiden tuloksia vertaillaan, jotta nähdään iskunkestävyyttä kuvaavan LA-luvun muutos kiviaineksessa. Tulosten vertailut toteutettiin kahdessa osassa, jossa toinen muodostui laajemmasta näytekokonaisuudesta ja toisessa vertaillaan vain kahta kohdennettua näyteparia.

Opinnäytetyön tutkimuksen aineisto kerättiin puolistrukturoidulla sähköpostihaastattelulla. Puolistrukturoidun haastattelun aikana keskitytään haluttuun ilmiöön ja siihen ennalta määriteltyihin teemoihin täysin tai osittain valmiiden kysymysten kautta (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Opinnäytetyön haastattelussa kysymykset oli laadittu etukäteen ja ne esitettiin pääurakoitsijan edustajalle, tilaajan edustajalle ja asiantuntijalle sähköpostitse samassa järjestyksessä. Vastaukset haastattelukysymyksiin annettiin avoimin tekstivastauksin. Puolistrukturoitu haastattelu valittiin opinnäytetyön haastattelumenetelmäksi, sillä tavoitteena oli löytää erilaisia näkökulmia iskunkestävyyden laatuvaatimuksesta. Tavoitetta ajatellen aineistonkeruumenetelmä on sopiva, sillä puolistrukturoidussa haastattelussa on tyypillistä kerätä tietystä aiheesta lisätietoa, jolloin ennalta määritellyt kysymykset tukevat haastattelun teemoissa pysymistä (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Sähköpostitse tehdyn haastattelun avulla voidaan siis varmistaa haastateltavien valmius perehtyä rauhasa kysymyksiin ja tuottamaan kattavat vastaukset.

## 3 Tietoperusta

### 3.1 Sitomaton kantava kerros

Kantavan kerroksen tehtävä on ottaa vastaan ylhäältä päin tuleva kuormitus ja jakaa se alaspäin rakenteeseen. Kantava kerros on pohjana tulevalle päällysteelle, jos tällainen tehdään. (Liikenneväylien kerrokset n.d.) Rakennusosana sitomaton kantava kerros sijoittuu jakava kerroksen ja päällysteen väliin (InfraRYL 2020/2).

**Rakennusmateriaali** sitomattomassa kantavassa kerroksessa on kiviaineksesta, joka ei saa olla rapautuvaa tai sisällä haitta aineita ja epäpuhtauksia. Hankekohtaisesti voidaan valita kiviainekseksi kalliomurske, soramurske tai uusiomateriaali rakenteen materiaaliksi. Kiviaines tulee olla aina CE-merkittyä, jos se tuodaan rakennuskohteen ulkopuolelta. Rakennuskohteessa valmistettavasta kiviaineksesta on laatu varmistettava standardin SFS-EN 13242 mukaisesti. (InfraRYL 2020/2.)

Kantavassa kerroksessa käytettävä rakeisuus valitaan 0/32–0/63 väliltä ja murskeiden osalta on säädelty kaksi eri rakeisuusluokkaa  $G_0$  ja  $G_A$ , joka päätetään hankekohtaisesti. Enimmäisraekokona voidaan käyttää enintään 1/3 rakennekerroksen paksuudesta. Suuremman raekoon vaikutuksesta saadaan kantavuutta lisättyä, mutta sen työstäminen ja rakenteen päällä liikkuminen vaikeutuvat. (InfraRYL 2020/2.)

**Kerroksen rakentaminen** tehdään puskuhöylällä tai tiehöylällä levittämällä kiviaines yhtenä kerroksena. Kiviaines ei saa lajittua rakennettaessa, joten sen kuljettaminen ja levittäminen ovat mietittävä tarkoin. Levitettävää kiviainesta kastellaan tarpeen mukaan, jotta saadaan nostettua vesipitoisuutta kerroksessa varsinkin kuivilla keleillä. Rakenteessa pyritään optimivesipitoisuuteen, jolloin tiivistyminen saadaan suoritettua mahdollisimman hyvin. Rakennetta tiivistäessä on varotettava liiallista jyräystä, koska se voi aiheuttaa kiviaineksen hienontumista. (InfraRYL 2020/2.) Kiviosta 2 voidaan havaita kiviaineksen murskaantumisen vuoksi, että kiviaines hienontuu aina jossain määrin.



Kuvio 2 Rakeiden halkeamista kantavan kerroksen pinnalla.

**Valmiille rakenteelle** on asetettu vaatimuksia, jotka tulee täyttää ennen kuin se todetaan valmiiksi. Kantava kerroksen korkeus- ja tasosijainti mitataan 20 metrin välein takymetrimittauksella, jotta saadaan riittävän tarkka mittaus. Kantavan kerroksen kantavuus ja tiiveys varmistetaan kerroksen päältä ajoradoittain noin 100 metrin välein. (InfraRYL 2020/2.) Yleensä käytetään kantavuuden varmistamiseen pudotuspainolaitteella, koska pitempiä matkoja mitattaessa tämä on nopeampi menetelmä kuin levykuormituskoe.

## 3.2 Kalliomurske

Räjäytetyn kallion louheesta valmistetaan kalliomursketta murskaamalla ja seulomalla kiviaines (Murskaustyöt 1999, 7). Kalliomursketta käytetään teiden rakennekerrokseen, sillä se tiivistyy ja kantaa hyvin (Tuotteet n.d).

Murskatuista kiviaineksista tutkitaan rakeisuus SFS-EN 933-1 standardin mukaan (Murskaustyöt 1999, 11). Standardia käytetään kiviaineksille, jotka ovat suurimmillaan 90 mm. Näytteen pesulla on tarkoitus saada näytteestä liete pois, sen vuoksi pesua suoritetaan siihen asti, kunnes seulan läpäisevä vesi on kirkasta. Pesty ja kuivattu kiviaines seulotaan seulasarjan avulla ja seuloille jääneiden materiaalin perusteella saadaan selville kunkin raekoon massa. (SFS-EN 933-1, 4–6.)

## 3.3 Iskunkestävyys

Los Angeles -luvun määritettävällä testiltä varmistetaan, että kiviaineksen kestävyys ja lujuusominaisuudet ovat riittävät kestämään liikenteen kuormituksesta aiheutuvaa karkeiden rakeiden hienontumista. Karkeiden rakeiden rikkoutuminen aiheuttaa rakenteessa materiaalin uudelleenjärjestymistä ja voi aiheuttaa rakenteeseen muodonmuutoksia. (Kallianen, Kuula & Leppänen 2017, 35.)

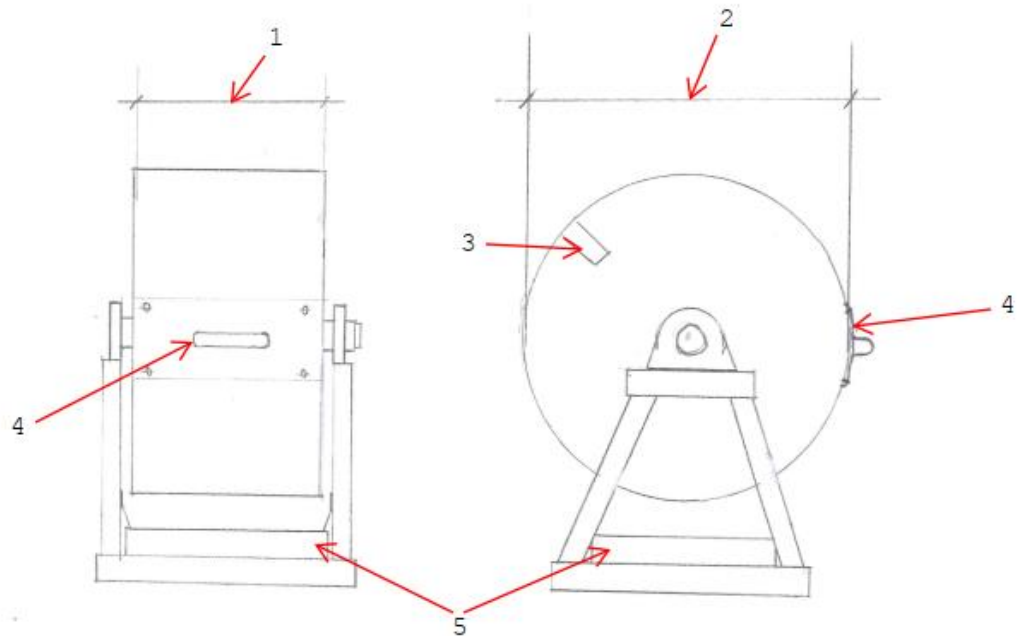
Los Angeles -luku kuvaa kiviaineksen iskunkestävyyttä ja luvun ollessa pienempi on iskunkestävyys parempi. Los Angeles -testi tehdään nykyvaatimuksien mukaan SFS-EN 1097-2 standardin menetelmällä. (InfraRYL 2020/2.)

### 3.3.1 Los Angeles -testi menetelmä

Tässä luvussa kerrotaan eurooppalaisen standardin SFS-EN 1097-2 menetelmän mukaisesta Los Angeles -testistä. Vuorisen (2000) mukaan siirtymäaikaan 30.6.1999 asti Los Angeles -testi voitiin suorittaa aikaisemminkin käytössä olleella TIE 231 menetelmällä.

Kuviossa 3 nähdään LA-luvun määrittämiseen käytettävästä testilaitteesta havainnollistava kuva, nimettynä tärkeimmät osat. Testilaitteessa on vähintään S275 vaatimuksen täyttävästä teräksestä tehty rumpu ja sen päädyt ovat suljetut. Rummun sisäpituus on  $(508 \pm 5)$  mm ja sisähalkaisija  $(711 \pm 5)$  mm. Testinäytettä varten rummussa on oltava aukko, jossa on irrotettava pölytiivis luukku.

Laitteen tukirakenteessa on vaaka-akselit, jotka kiinnittyvät rummun päätyseiniin. (SFS-EN 1097-2, 6.)



- Osat:  
 1 Sisäpituus  
 2 Sisähalkaisija  
 3 Hylly  
 4 Luukku  
 5 Kaukalo

Kuvio 3 Los Angeles -testilaitte (SFS-EN 1097-2, 6).

LA-kokeen suorittamiseen tulee laboratorioon toimittaa vähintään 15 kg raekoolta 10–14 mm:n kokoista kiviainesta tutkittavaksi. Tutkittava kiviaines seulotaan seulasarjasta, joka muodostuu 10 mm, 11,2 mm, 12,5 mm ja 14 mm seuloista. Kiviaineksesta valmistetaan näyte, jonka massa on  $(5\ 000 \pm 5)$  g pestynä ja kuivattuna. Kiviaineksen raekokojakauman on täytettävä vaatimuksista toinen, kiviaineksesta seulan 12,5 mm läpäisee 60–70 % tai kiviaineksesta seulan 11,2 mm läpäisee 30–40 %. (SFS-EN 1097-2, 7.)

Valmistettu näyte laitetaan puhdistettuun Los Angeles -testilaitteen, kun rumpuun on laitettu testiin käytettävät kuulat ensin. Luukku suljetaan huolellisesti, jottei kiviainesta pääse rummun sisältä karkaamaan. Rumpua pyöritetään koneiston avulla 500 kierrosta tasaista vauhtia käyttäen 31–33 kierrosta minuutissa. Kaikki kiviaines poistetaan huolellisesti rummusta alla olevaan kaukaloon,

jottei kiviainesta häviä. Kuulat poistetaan kaukalosta ja kaukaloön jääneelle kiviainekselle tehdään pesuseulonta 1,6 mm seulan läpi. 1,6 mm seulaan jääneestä kiviaineksesta poistetaan kosteus lämmitetyssä kaapissa ( $110 \pm 5$ ) asteessa, kunnes on saavutettu vakiomassa. (SFS-EN 1097-2, 7.)

Lopullinen LA-luku eli Los Angeles -luku lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

kaavassa:

$m$  = kiviaineksen määrä grammoina, joka on jäänyt 1,6 mm seulalle

Tulos pyöristetään lähimpään kokonaislukuun ja esittää prosentuaalisesti, kuinka paljon tutkimusnäyte hienoni testin aikana (SFS-EN 1097-2, 8).

Testaus menetelmän toistettavuus on  $r_1 = 0,06 \times \text{LA-luku}$ , joka on määritetty tehtyjen vertailuko-  
keiden perusteella (SFS-EN 1097-2, 26). Toistettavuudella tarkoitetaan tuloksen tarkkuutta, kun  
sama testi menetelmä suoritetaan samalle tuotteelle, samoissa olosuhteissa ja samalla tavalla (Hil-  
tunen, Linko, Hemminki, Hägg, Järvenpää, Saarinen, Simonen & Kärhä 2011, 19–20).

### 3.3.2 Los Angeles -luvun vaatimus

Tässä kappaleessa tarkastellaan kiviaineksen lujuusluokan ja lujuusvaatimuksen muodostumista nykyiseen tilaan sekä sitä, miten LA-luku on päätynyt sitomattoman kiviaineksen lujuusvaatimuk-  
sen esittäväksi arvoksi. Kuula (2022) toteaa keskustelussa, että LA-luvut on määritettiin TVH:n ai-  
kaan koko Suomesta ja LA-luvun rajaksi muodostui arvo, johon suurimmasta osasta alueista täl-  
laista kiviainesta löytyi (Kuula 2022). 1990-luvulla on päivitetty lujuusvaatimuksia useammin,  
jolloin LA-luvun määrittämiseen käytettävä menetelmäkin muuttui.

Kuulan (2015) mukaan TVH:n vuonna 1979–1980 tehtyjen kiviaines tutkimusten perusteella kivi-  
aineksen lujuusvaatimuksia olisi ehdotettu tiepiireittäin Uudenmaalle ja Turkuun LA-luku 30–35,

Lappiin, Ouluun ja Kainuuseen LA-luku 35–40 ja Muualle LA-luku 33–38. Tutkimus tulosten perusteella ei ole lujuusvaatimusta viety valvontaohjeisiin (Kuula 2015). Taulukosta 1 nähdään vuodelta 1982 otetusta murskaustyön valvontaohjeesta kiviaineksen lujuudelle on määritelty kolme eri laatuluokkaa ja sitomaton kantava kerros kuuluu taulukossa olevaan laatuluokkaan III.

Taulukko 1 Vuoden 1982 murskaustyön lujuus ja muotoarvovaatimukset (Murskaustyön valvontaohjeet 1982).

Laatu- luokka	Los-A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	
			c/a Puikkoisuus	b/a Liuskeisuus
I	≤ 25 *)	≤ 22 *)	≤ 2,5	≤ 1,7
II	≤ 30 (33)	≤ 26 (28)	≤ 2,7	≤ 1,8
III	≤ 35 (38)	≤ 30 (32)	≤ 2,9	≤ 1,9

Tienrakennustöiden yleisissä laatuvaatimuksissa ja työselityksissä sekä Murskaustyöt (1993) että Yleiset perusteet (1993) tuovat esiin kiviainesten lujuusluokitukset. Murskaustöissä käytetään lujuusluokitusta IA, IB, IC, ID ja puolestaan yleiset perusteet luokittelevat Roomalaisin numeroin I-IV. Sitomattoman kantavan kerroksen materiaalille on asetettu lujuusluokka ID=IV, jonka lujuusluokan LA-luku vaatimus on 35. Lisäksi murskaustöissä on määritetty tutkimus menetelmä TIE 231, jolla todetaan LA-luku. (Murskaustyöt 1993; Yleiset perusteet 1993.)

Vuoden 1994 rakentamisen laadunvarmistusohjeessa määriteltiin sitomaton kantava kerros kahden laatuluokkavaatimukseen, jotka määräytyvät päällysrakenneluokkien mukaan. Vähintään laatuluokan IC=III kiviainesta käytetään päällysrakenneluokassa 1–2 ja vähintään laatuluokan ID=IV kiviainesta käytetään päällysrakenneluokassa 3–6. Toisaalta vuonna 1994 laatuluokkaan vaikutti muukin tulos kuin LA-luku. Kiviaineksen lujuusluokka määritettiin LA-luvun, kuulamylyarvon ja pistekuormitusindeksin huonoimman arvon mukaan. Taulukosta 2 tulkitaan lopullinen kiviaineksen lujuusluokka vuonna 1994. (Kuskelin, Orama & Pouttu 1994.)

Taulukko 2 Vuoden 1994 kiviainesten lujuusvaatimukset (Kuskelin ym. 1994).

Lujuusluokka	Los Angeles- luku	Kuulamyly- arvo	Pistekuormitus- indeksi
IA	≤20	≤7	≥13
IB	≤25	≤11	≥10
IC	≤30	≤14	≥8
ID	≤35	≤17	≥6
II	-	≤30	≥4

Edellisestä vuodesta poiketen vuonna 1995 sitomattomaan kantavaan kerrokseen käytettävä kiviaines jaettiin vain LA-luvun ja kuulamylyarvon perusteella lujuusluokkiin. Sitomattomaan kantavaan kerrokseen käytettävän kiviaineksen lujuusluokkavaatimukseksi on määritetty IV, ellei rakenteelle ole suunnitelmissa edellytetty muuta vaatimusta. Lujuusluokkien I-IV LA-luvun vaatimus muuttui tässä ohjeessa IV=30 ja LA-luvun määrittämiseen käytettäväksi tutkimusmenetelmäksi on asetettu PANK-2201. (Murskaustyöt 1995, 17–18.)

Los Angeles -luku on määritetty vuosien saatossa eri tavalla ja määrittämiseen käytettävää menetelmää on muutettu. Vuonna 1999 yleisiin laatuvaatimuksiin on tuotu SFS-EN standardit, jotka ovat eurooppalaisia yhteisesti sovittuja toimintatapoja. Näillä toimintatavoilla varmistetaan, että esimerkiksi kiviainesten lujuuksitutkimukset tehdään samalla menetelmällä. Vuorinen (2000) kertoo TIE 231 menetelmän perustuvan ASTM C 131–76:seen, josta on siirrytty eurooppalaisen standardin SFS-EN 1097-2 menetelmään, jota on käsitelty luvussa 3.3.1. Mielenkiintoista on se, että TIE 231 menetelmästä on käytetty PANK-2201 tunnusta tielaitoksen asiakirjoissa, vaikka PANK-2201 menetelmää ei ole lainkaan julkaistu. (Vuorinen 2000, 7).

Vuorinen (2000) kertoo tutkimuksessa Los Angeles -kokeen SFS-EN 1097-2 menetelmän tuloksen eroavan TIE 231 menetelmän tuloksesta keskimäärin 1,9:llä arvoa. Aikaisemmin käytössä olleella TIE 231 menetelmällä saatiin LA-tuloksen kannalta parempia arvoja. (Vuorinen 2000, 22). Vuorisen tutkimuksen perusteella ei ole LA-luvun vaatimukseen tuotu muutoksia (2015, 31).

InfraRYL määrittelee nykyään sitomattoman kantavan kerrokseen käytettävän kiviaineksen LA30 vaatimuksen ja tilaajan hyväksynnällä voidaan hankekohtaisesti käyttää luokkia LA35 ja LA40. InfraRYL:in (2012) mukaan LA-luvun tulosten keskiarvon on täytettävä vaatimus, kun puolestaan InfraRYL:in (2015) lähtien kaikkien LA-luvun tulosten on täytettävä vaatimus. (InfraRYL 2012; InfraRYL 2015.)

## **4 Tutkimusaineisto**

Tutkimusaineistossa esitetään Vt 4 Kirri-Tikkakoskia hankkeelle tehtyjä tutkimuksia. Tässä luvussa kerrotaan menetelmät, jolla aineisto on kerätty. Aineiston keruuseen kuuluu käytännön osuuksia ja yhteystyötä aliurakoitsijoiden kanssa. Kaikki kiviaineksen tutkimustulokset, joita tässä opinnäytetyössä esitetään ovat peräisin Kirrinkalliosta. Hankkeella tehtiin valtava kallionleikkaus, josta hyödynnettiin n. 422 300 tonnia kantavaan kerrokseen käytettävää kiviainesta.

### **4.1 Laajempi näyte kokonaisuus**

Ennakkonäytteitä kerättiin kantavan kerrokseen käytettävän KaM 0/45 murskauksen yhteydessä Swerock Oy:n toimesta, jotka toimitettiin Mitta Oy:n laboratorioon. Mitta Oy suoritti toimitetuille murskeille LA-testin, joita tehtiin yhteensä 67 kappaletta. Tuotannonaikana näytteet ovat otettu kuviosta 4 nähtävän murskaus hihnan materiaalivirrasta osanäytteinä ja tämä tuo näytteille epävarmuutta, koska eivät edusta kuin sen hetkistä tuotantoa. Arvio testaustiheydestä voidaan laskea jakamalla tuotettu tonni määrä näytteiden määrällä, josta tulee testaustiheydeksi 1/6300 tonnia ja puolestaan InfraRYL (2021) mukaan suositeltu testaustiheys on 1/15 000 tonnia (InfraRYL 2021). Murskattaessa on siis kuitenkin otettu näytteitä tiheämmin kuin testaustiheydet edellyttävät.



Kuvio 4 Kirrinkallion murskaus toiminta (Destia Oy).

Murskattu kantavan kerroksen materiaali vietiin rakennettavan moottoritien varrelle varastokasoihin, josta kiviaines päästään hyödyntämään moottoritiehen helposti. Kantavaa kerrosta rakennettiin moottoritielle noin 16 kilometriä. Kantavasta kerroksesta otettiin LA-testiä varten rakennäytteitä ajoradoittain vähintään 500 metriä välein. Kuvio 5 nähdään laborantin työmenetelmä ja tarvittavat välineet suoritettavaan näytteenottoon. Laborantin seuloessa työmaalla kiviaineksesta LA-testiä varten 10–14 mm rakeet saadaan varmistettua näytteen riittävyys ja vältetään rikkomasta rakennetta enemmän.



Kuvio 5 Rakennenäytteen seulonta työmaalla.

Tässä hankkeessa moottoritie ja osa rampeista ovat rakennettu samasta kiviaineksesta. Tässä laajemmassa näytekokonaisuudessa keskitytään vain näiden rakennettujen väylien rakennenäytteisiin. Rakennenäytteiden lukumäärä on 83 kpl, joka on suurempi kuin ennakkonäytteiden lukumäärä 67 kpl.

## 4.2 Kohdennetut näytteet

Kohdennettuun vertailuun LA-testin ennakkonäytteet otettiin väylältä M2 kahdesta eri kohtaa. Ennakkonäytteiden ottaminen suoritettiin, kun kuorma-auto oli levittänyt kantavan kerroksen kiviaineksen jakava kerroksen päälle. Kiviaineksesta otettiin näytettä ämpäreihin noin 2 metriä ennen merkittyä kohtaa, jotta saadaan levityksen jälkeen todennäköisemmin samaa kiviainesta merkitystä kohdasta. Kuviossa 6 havainnollistetaan, kuinka ennakkonäytteenotto on toteutettu.



Kuvio 6 Ennakkonäytteenotto väylältä M2 paalulta 0.

Kiviaines levitettiin takymetri ohjatulla puskuhöylällä oikeaan korkoon ja tiivistettiin Volvon 12,6 tonnisella maantiivistysjyrällä. Tarvittaessa traktorin avulla levitettiin vettä rakenteeseen, jotta ki-

viaineksen vesipitoisuus pysyy kerroksessa kuumina kesäpäivinäkin. Rakenteen valmistuttua merkitty kohta kartoitettiin GNSS-mittauksen avulla. Kuviosta 7 nähdään tiivistetty valmis rakenne, josta rakennenäytteenotto suoritettiin.



Kuvio 7 Väylä M2 paalu 0 valmis rakenne.

Rakennenäytteenotto suoritettiin samasta kohdasta kuin ennakkonäyte oli otettu. Rakennenäyte otettiin kerroksen koko paksuudelta ja lapiotiin ämpäreihin kuljetusta varten. Kuviosta 8 nähdään rakennenäytteen ottaminen ämpäreihin.



Kuvio 8 Väylä M2 paalu 0 rakennenäytteenotto.

Kiviaines toimitettiin ämpäreissä Mitta Oy:n laboratorioon, jossa kiviainekselle suoritettiin standardin SFS-EN 1097-2 mukainen LA-testi, josta kerrotaan luvussa 3.3.1. Näytteiden LA-testit suoritettiin samassa laboratorioissa, jolloin saatiin pienennettyä mittaepätarkkuutta LA-tulosten vertailuun.

## 5 Tulokset

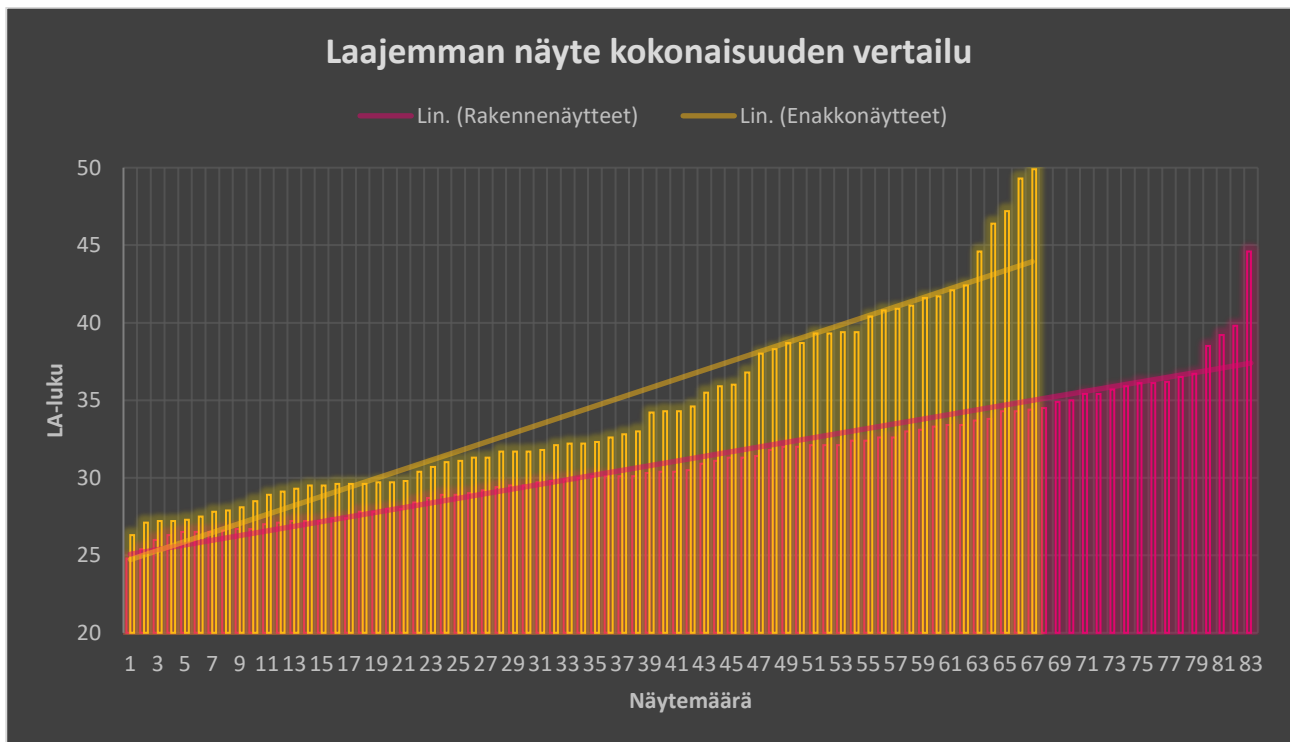
### 5.1 Näytteiden vertailu

**Laajemman näytekokonaisuuden** tuloksien vertailu on toteutettu samasta kiviaineksesta murskauksen yhteydessä otetun ennakkonäytteen ja valmiin rakenteen rakennenäytteen välillä. Ennakkonäytteitä on otettu yhteensä 67 kpl ja näistä on saatu LA-luvun keskiarvoksi 34,5, puolestaan rakennenäytteitä on otettu 83 kpl ja näiden LA-luvun keskiarvoksi saatiin 31,2. Keskiarvosta laskien kiviaineksen LA-luku on siis kehittynyt 3,3 arvolla paremmaksi rakenteesta otettuihin näytteisiin, mutta huomioida täytyy kuitenkin rakennenäytteiden suurempi lukumäärä. Suurempi näytteiden lukumäärä laskee keskiarvoa, jos näytteistä saadaan parempia tuloksia. LA-luvun vaihteluväliksi ennakkonäytteistä on saatu 26,3–49,3 ja rakennenäytteiden vaihteluväli 24,8–44,6. Vaihteluvälistä voidaan havaita molemmissa näyte erissä vaihtelevuuden olevan suurta, mutta vertailtaessa parhainta ja huonointa tulosta voidaan todeta rakennenäytteessä olevan paremmat tulokset. Taulukkoon 3 on kerättyä tulokset havainnointia varten.

Taulukko 3 Laajemman näyte kokonaisuuden tulokset.

LA	Ennakkonäyte	Rakennenäyte
Näytemäärä	67	83
Keskiarvo	34,5	31,2
Vaihteluväli	26,3 - 49,3	24,8 - 44,6

Kuviosta 9 havaitaan työn aikana kehittyvään ilmiöön trendi, jossa kiviaineksen rakennenäytteiden LA-luku on paremmalla tasolla kuin ennakkonäytteiden LA-luku. Näytteiden vertailussa on kuitenkin otettava huomioon, etteivät ne ole täysin vertailu kelpoisia näytteidenottamisen sattumanvaraisuuden takia.



Kuvio 9 Laajemman näytekokonaisuuden vertailu.

**Kohdennettuja näytteitä** voidaan vertailla lähes suoraan pareina. Näytteiden ottaminen ja tutkiminen on toteutettu samalla tavalla, mutta kuitenkin näytteitä vertaillessa on otettava huomioon LA-testin toistettavuus ja sen tuoma mittaepätarkkuus. Taulukosta 4 voidaan todeta kiviaineksen iskunkestävyydessä kehittymistä, kun vertaillaan esitettyjen ennakkonäytteen ja rakennenäytteen LA-tuloksia. Otettaessa huomioon LA-testin toistettavuudesta aiheutuva mittaepätarkkuus muutoista tapahtuu, vaikka suurta eroa tällä ei kuitenkaan muodostu on kiviaineksen iskunkestävyyden kehittymisen suunta parempaan tulokseen.

Taulukko 4 Kohdennettujen näytteiden LA-luvun tulokset.

Näytepari	Enakkonäyte	Rakennenäyte	Muutos	Toistettavuus $R_1$	Muutos, kun huomioitu toistettavuus
1	29,0	27,0	2,00	1,74	0,26
2	28,3	26,6	1,70	1,698	0,002

## 5.2 Haastattelu

Tämä luvun näkökulmat muodostuvat urakoitsijan edustajan, tilaajan edustajan ja asiantuntijan sähköpostihaastattelun vastauksista. Henkilöt ovat antaneet vastauksensa anonyymisti, jonka johdosta heitä ei tässä erikseen esitellä.

Sitomattoman kantavan kerroksen LA-luvun vaatimuksen nostamisesta hankkeilla 30:stä 35:een muodostuu osapuolilta yhden mukainen kanta. Kiviaineksen saatavuus ja taloudellisuus vaikuttavat eniten vaatimuksen keventämiseen huomioiden kuitenkin rakenteen kuormitusluokan ja liikennemäärät. Lisäksi tilaajan edustaja tuo esiin ympäristö ystävällisyyden vaikuttaviin asioihin, että kiviainekset päästään hyödyntämään hankkeen sisällä ja näin voidaan vähentää mm. kuljetuksen osalta hiilijalanjälkeä.

Lopputuotteen kannalta tilaajan edustaja pitää rakennenäytettä merkittävämpänä, koska sillä varmistetaan urakkakohtaisten laatuvaatimusten täyttyminen. Kuitenkin pitää tuotannon aikaista näytteenottoa tärkeänä, jotta kiviaines voidaan kohdentaa iskunkestävyyden puolesta kelpaaviin käyttötarkoituksiin. Puolestaan asiantuntija pitää tuotannon aikaista näytettä merkittävämpänä, koska LA-luvun muutokset näiden näytteiden välillä ovat vain marginaalisia verrattaessa mm. menetelmän toistettavuuteen tai kiviaineksen luonnolliseen vaihteluun. Urakoitsijan edustaja toteaa molemmilla olevan omat merkityksensä, että lopputuotteen laatu varmistetaan rakennenäytteellä ja kiviaineksen käyttö mahdollisuus todetaan tuotannon aikaisella näytteenotolla.

Urakoitsijan edustajan ja asiantuntijan toteavat, että LA-luvun vaatimukselle pitäisi olla kuormitusluokkaan perustuvaa luokittelua. Puolestaan tilaajan edustajan mukaan LA30 vaatimus pätee sitomattomaan kantavaan kerrokseen liikennemäärästä riippumatta, mutta huomioi kuitenkin järkevin perustein poiketa hankekohtaisesti vaatimuksesta.

Vastausten perusteella lopputuotteen LA-luvun arvoa ei pystytä vertaamaan rakenteen lajittumiseen. Hyvän lopputuotteen saavuttamiseksi vaaditaan molempia eli riittävän laadun täyttävä materiaali ja rakenteelle toimiva työtekniikka, jolla vältetään lajittumiset. Asiantuntija toteaa, että LA-luvulla ennakoidaan koko elinkaaren aikaista hienontumista, koska hienotumista tapahtuu väistämättä.

## 6 Pohdinta

Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia ja selvittää kehittykö kiviaineksen iskunkestävyys työn aikana. Opinnäytetyöhön kerättyä näytteiden määrä oli kattava, mutta vain pieni osa tästä oli kohdennettua ja tuottamaan vertailu kelpoista tulosta. Iskunkestävyyden kehittymistä voidaan kuitenkin havaita molemmista näytetulosten vertailuista, joista laajemman näyte kokonaisuuden antaa tapahtuvaan ilmiöön kehittymisen trendin ja kohdennettu vertailu varmistaa iskunkestävyyden kehittymisen suunnan. Työn aikana kiviaineksessa tapahtuu jotakin, millä on vaikutusta LA-kokeen testituloksen paranemiseen. Rakennekerroksen tiivistyksen aikana kiviaines hienontuu aina jokin verran ja tämän vuoksi voidaan olettaa rakennenäytettä ottaessa, että kiviaineksesta iskunkestävyydeltä huonommat rakeet ovat jo murskaantuneet ja näin ollen eivät päädy testinäytteeseen.

Opinnäytetyössä haastavinta oli pysyä tutkimuksen aiheessa, koska kiviaineksen lujuus muodostuu useamman ominaisuuden summasta ja oma tutkijan halu kasvoi tiedon lisääntyessä. Työhön käytävästä ajasta suurin osa muodostui uuden opiskeluun, koska infra-alaan liittyviä opintoja ei Jyväskylän ammattikorkeakoulun rakennus- ja yhdyskuntatekniikan opetussuunnitelmassa ole paljon. Väylävirasto on teettänyt kuitenkin hyviä kiviaineksen lujuuteen liittyviä tutkimuksia, joiden pohjalta oma tietotaito on tutkimuksen edetessä lisääntynyt.

Tutkimuksessa selvitettiin LA-luvun vaatimuksen muodostumista nykytilanteeseen ja voidaan todeta, että LA-luku vaatimus muodostunut Suomessa kiviaineksen saatavuuden perusteella. LA-luvun vaatimus on vuosien saatossa muuttunut vain vähän ja vaatimukseen ei ole vaikuttanut iskunkestävyyden määrittävän menetelmän muuttumisenkaan. Tutkimus jättää kuitenkin kysymysmerkkejä, että tulisiko LA-luvun vaatimusta tutkia tarkemmin.

Haastattelun vastausten pohjalta voidaan todeta kiviaineksen iskunkestävyydestä näkemyseroja, jotka herättävät seuraavanlaisia ajatuksia:

- Pitäisikö sitomattoman kantavan kerroksen LA-luvun vaatimukselle tuoda kuormitusluokkaan perustuvaa luokittelua?
- Miten paljon LA-luku vaikuttaa rakenteen käyttöikään?
- Hienoneeko kiviaines, jonka iskunkestävyys on LA40 paljon nopeammin kuin LA30?

## 6.1 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimus tulosten laajemmassa näytteiden vertailussa näytteiden määrän puolesta tutkimus on kattava. Reliabiliteettia pitää kuitenkin tarkastella tietyn varauksin, koska näytteiden ottaminen tapahtuu täysin sattumanvaraisista kohdista ja eivät ole näin suoraan verrattavissa toisiinsa.

Kohdennettujen näytteiden osalta tutkimuksen reliabiliteettia voidaan pitää hyvänä, koska testaustulokset ovat saatu näytteistä, jotka edustavat samaa kohtaa, samalla tavalla käsiteltyjä ja samassa laboratorioissa testattuja kiviainesnäytteitä. Tulosten vertailussa on otettu huomioon LA-kokeen mittaustulosten toistettavuudesta syntyvä mittaepätarkkuus.

Tutkimuksen lähteitä voidaan pitää luotettavina, koska ne ovat pääosin rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia ja ohjeistuksia. Tutkimusaineistoa kerättiin sähköpostihaastatteluillakin, johon kerättiin 3 haastateltavaa. Haastateltavat valittiin ennakkoon antamaan vastauksia erilaisilta näkökulmista ja luotettavuutta tuo anonymisti annetut vastaukset.

## 6.2 Tutkimuksen eettisyys

Haastattelu osuuteen on pyydetty osallistumaan sähköpostitse haastatteluun, kerrottiin tarkoitus haastattelu aineiston käytöstä ja mihin haastattelulla tässä opinnäytetyössä pyritään. Haastattelu toteutettiin sähköpostihaastatteluna, jotta mahdollistettiin haastattelijoiden perehtyminen kysymyksiin ja tuottamaan kattavat vastaukset.

## Lähteet

Euroopan laajuinen liikenneverkko TENT-T. 2021. Traficom. Verkkojulkaisu. Viitattu 20.4.2022. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/euroopan-laajuinen-liikenneverkko-ten-t>.

Hallinto ja johtaminen. N.d. Destia Oy. Verkkojulkaisu. Viitattu 4.4.2022. <https://www.destia.fi/yri-tys/hallinto-ja-johtaminen.html>.

Hiltunen, E. Linko, L. Hemminki, S. Hägg, M. Järvenpää, E. Saarinen, P. Simonen, S. Kärhä, P. 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Julkaisu. Mittatekniikan keskus MIKES, Työ- ja elinkeinominis-teriö TEM. Espoo 2011. Viitattu 21.4.2022. <https://www.vttresearch.com/sites/default/fi-les/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>.

Historia. N.d. Destia Oy. Verkkojulkaisu. Viitattu 4.4.2022. <https://www.destia.fi/yrittys/histo-ria.html>.

InfraRYL 2012/1. 21310 Sitomattomat kantavat kerrokset. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimuk-set. Rakennustieto. Viitattu 22.4.2022. <https://janet.finna.fi>, InfraRYL-verkkopalvelu.

InfraRYL 2015/1. 21310 Sitomattomat kantavat kerrokset. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimuk-set. Rakennustieto. Viitattu 22.4.2022. <https://janet.finna.fi>, InfraRYL-verkkopalvelu.

InfraRYL 2020/2. 21310 Sitomattomat kantavat kerrokset. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimuk-set. Rakennustieto. Viitattu 6.4.2021. <https://janet.finna.fi>, InfraRYL-verkkopalvelu.

InfraRYL 2021/2. 21310 Sitomattomat kantavat kerrokset. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimuk-set. Rakennustieto. Viitattu 31.3.2022. <https://janet.finna.fi>, InfraRYL-verkkopalvelu.

Kalliainen, A. Kuula, P. & Leppänen, M. 2017. Väylärakenteiden valtakunnallinen kiviaines- ja geosynteettitutkimus - Vuoden 2016 tutkimukset. Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2017. Viitattu 27.1.2022. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134688/lts\\_2017-22\\_978-952-317-402-3.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134688/lts_2017-22_978-952-317-402-3.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

Kuskelin, A. Orama, R. & Pouttu, P. 1994. Rakentamisen laadunvarmistus: alusrakenne ja päällysrakenteen sitomattomat kerrokset. Tielaitos, Geokeskus, Valvonta ja laadunvalvonta. Helsinki 1994. Viitattu 24.3.2022. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133281/tie1724.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Kuula, P. 2015. Tien ja radan sitomattomissa rakennekerroksissa käytettävien kiviainesten lujuuden ja hienontumisen tutkiminen. Kirjallisuusselvitys. Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Viitattu 28.2.2022. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2015-68\\_tien\\_radan\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-68_tien_radan_web.pdf).

Kuula, P. 2022. Projektipäällikkö. Tampereen yliopisto. Haastattelu. 17.2.2022.

Liikenneväylien kerrokset. N.d. Verkkojulkaisu. Destia Oy. Viitattu 6.4.2021. <https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines-ja-kiertotalous/kayttokohteita>.

Murskaustyön valvontaohjeet 1982. Tie- ja vesirakennushallitus. Viitattu 7.3.2022. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/132035/tie438.pdf?sequence=1>.

Murskaustyöt: Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset TYLT. 1993. Helsinki: Tielaitos, kehittämiskeskus. Viitattu 23.3.2022. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133186/tie1625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Murskaustyöt: Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset TYLT. 1995. Helsinki: Tielaitos, kehittämiskeskus. Viitattu 24.3.2022. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133184/tie1620.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Murskaustyöt: Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset TYLT. 1999. Helsinki: Tielaitos, Tiehallinto. Viitattu 7.4.2021. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133183/tie1621.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Onninen, H, Peltoniemi, H, Sikiö, M-T & Valkeisenmäki, A. 2018. Tierakenteen suunnittelu. Liikenneviraston ohje. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 30.3.2022. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-38\\_tierakenteen\\_suunnittelu\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf).

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 19.4.2022. [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_3.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html).

SFS-EN 1097-2:2010 Osa 2: Iskunkestävyyden määrittämismenetelmät. Aihealueet: Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 11.10.2010. Viitattu 7.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 933-1:2012. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä. Aihealueet: Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 13.8.2012. Viitattu 7.4.2021. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Strategia. N.d. Destia Oy. Verkkojulkaisu. Viitattu 5.4.2022. <https://www.destia.fi/yrittys/strategia.html>.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Tietilasto. 2020. Taulukko: Tiepäällysteet. Verkkojulkaisu. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 28.3.2022. [https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_lii\\_tiet/statfin\\_tiet\\_pxt\\_12k5.px/](https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_lii_tiet/statfin_tiet_pxt_12k5.px/).

Teissä on monia kerroksia ja niillä kaikilla on oma tarkoituksensa. 2020. Artikkel. Väylävirasto. Julkaistu 14.4.2020. Viitattu 30.3.2022. <https://vayla.fi/-/tiesitko-teissa-on-monia-kerroksia-ja-niilla-kaikilla-on-oma-tarkoituksensa>.

Tilinpäätös ja vuosikertomus vuodelta 2022. Destia Oy. Verkkotiedote. Viitattu 5.4.2022. <https://www.destia.fi/uutishuone/tiedotteet/destian-tilinpaatos-ja-vuosikertomus-vuodelta-2021-julkaistu.html>.

Tuotteet. N.d. Destia Oy. Viitattu 7.4.2022. <https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines-ja-kiertotalous/kiviainekset>.

Vt 4 Kirri-Tikkakoski. N.d. Väylävirasto. Viitattu 20.4.2022. <https://vayla.fi/vt4-kirri-tikkakoski>.

Vuorinen, J. 2000. Los Angeles ja Micro-Deval -kokeiden vertailu. Tutkimus. Tielaitos, tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka. Helsinki 2000. Viitattu 7.3.2022. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/176372/4000255-los\\_angeles\\_ja\\_micro-deval-kokeiden\\_vert.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/176372/4000255-los_angeles_ja_micro-deval-kokeiden_vert.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Yleiset perusteet: Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset TYLT. 1993. Tielaitos, kehittämiskeskus. Helsinki 1993. Viitattu 23.3.2022. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133612/tie2052.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

## Liitteet

### Liite 1. Sähköpostihaastattelun kysymykset

- Mitkä asiat vaikuttavat eniten, jotta voidaan hankkeella (ei kohdennettua hanketta) muuttaa InfraRYLin sitomattoman kantavan LA-luvun vaatimusta 30 -> 35?
- Mitä asioita on otettava huomioon, kun LA-luvun vaatimusta nostetaan?
- Kumpi on merkittävämpi LA-luvun tulos lopputuotteen kannalta? Tuotannon aikana materiaalista otetun näytteen LA-luku vai kantavan rakennenäytteestä otetun LA-luku?
- Pitäisikö LA-luku vaatimukselle olla kuormitusluokkaan perustuvaa luokittelua sitomattomien kerrosten osalta? Esim. Moottoritiet LA 30, maantiet LA 35 tai liikennemäärällisesti luokittelua.
- Millaista arvoa LA-luku tuo lopputuotteelle? Pidätkö tärkeämpänä kuin esim. lajittumat rakenteissa.