

Sasa Seppälä

Kiviainessopimuksessa huomioitavat asiat

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Insinööri (AMK)

2024



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Sasa Seppälä
Työn nimi	Kiviainessopimuksessa huomioitavat asiat
Toimeksiantaja	Ruskon Betoni Etelä Oy
Vuosi	2024
Sivut	31 sivua, liitteitä 1 sivu
Työn ohjaaja(t)	Viivi Etholén, Elli Tykkä, Juha Pilli

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli tutkia betonikiviainesta ja siihen liittyviä vaatimuksia. Tavoitteena oli saada kerättyä tietoa betonikiviaineksen yleisimmistä laatu ongelmista ja niiden tavanomaisimmista ratkaisukeinoista. Työn tilaajana toimi Ruskon Betoni Etelä Oy.

Työn tekeminen aloitettiin perehtymällä betonin valmistuksessa käytettäviin kiviaineksiin kirjallisuuden avulla. Teoriaosuudessa käsitellään betonin valmistuksessa käytettävää kiviainesta ja sen valmistusta yleisellä tasolla. Teoriaosuus sisältää esittelyn betonikiviaineksen virallisista laatuvaatimuksista ja laadunvarmistuksesta. Läpi käydään myös kiviainesten vaikutuksia ympäristöön ja luontoon. Työssä käsitellään vain luonnonkiviaineksia ja kerrotaan niiden ominaisuuksista ja erityispiirteistä.

Kehitysosassa tutkittiin betonin valmistuksessa käytettävän kiviaineksen hankinnassa ja käytössä ilmenneitä ongelmia ja keinoja niiden ratkaisuksi haastatteluiden avulla. Tämän työn tuloksella pyritään tilaajaa välttämään yleisimmät sudenkuopat, jotka ilmenevät kiviaineksen tai sen toimittajan vaihdossa.

Työn tuloksena tilaajalle syntyy parempi käsitys, mitä asioita on hyvä ottaa huomioon uuteen kiviainekseen siirtyessä ja mitkä ovat yleisimpiä ongelma-kohtia tässä prosessissa.

Asiasanat: kiviaines, betonikiviaines, kiviainessopimus

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Sasa Seppälä
Thesis title	Considerations in aggregate contracts
Commissioned by	Ruskon Betoni Etelä Oy
Time	2024
Pages	31 pages, 1 page of appendices
Supervisor	Viivi Etholén, Elli Tykkä, Juha Pilli

ABSTRACT

In this thesis, the aim was to study concrete aggregates and requirements related to it. The goal was to gather information on the most common quality issues of concrete aggregates and the conventional methods for resolving them.

The theoretical part incorporates a literature review on aggregates used in concrete production and discusses their production in general terms. It also includes an introduction to the official quality requirements and quality assurance of concrete aggregates and discusses the environmental and natural impacts of aggregates. The thesis focuses solely on natural aggregates, whose properties and special characteristics are described.

In the development part, problems encountered in the procurement and use of aggregates in concrete production and methods for solving them were investigated through interviews. The result of this work aims to help the commissioner avoid the most common pitfalls that arise when changing aggregates or their suppliers.

As a result of this work, the commissioner will gain a better understanding of what factors should be considered when transitioning to new aggregates and what the most common problem areas are in this process.

Keywords: aggregate, concrete aggregate, aggregate contract

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KIVIAINES	6
2.1	Kiviaineksen otto.....	6
2.2	Kalliokiviaines	7
2.3	Luonnonsora.....	9
2.4	Kiviaineksen valmistus.....	9
2.5	Kiviaineksen varastointi ja kuljetus	11
2.6	Kiviainesvalinnan vaikutus ympäristöön	12
3	BETONIN VALMISTUS	15
3.1	Valmistusprosessi betoniasemalla.....	16
3.2	Kiviaineksen merkitys	17
4	BETONIKIVIAINEKSEN VAATIMUKSET	18
4.1	Jaottelu	19
4.2	Tyypitestaus.....	20
4.3	Rakeisuus.....	21
4.4	Yleiset vaatimukset.....	22
5	KIVIAINEKSEN ONGELMAT JA SOPIMUKSEN KEHITTÄMINEN	22
5.1	Yleisimmät ongelmat kiviaineksen kanssa.....	22
5.2	Yleisimmät ongelmat kiviainestoimittajan kanssa	23
5.3	Hyväksi havaitut keinot näiden ongelmien korjaamiseksi	24
5.4	Hyvän betonikiviaineksen ominaisuuksia.....	25
5.5	Kiviainestoimittajan valinta.....	25
5.6	Kiviaineksen vaihdon mukanaan tuomat haasteet.....	26
6	POHDINTA	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia betonikiviaineksen yleisimpiä laatuongelmia ja ratkaista, kuinka näiltä ongelmilta voitaisiin välttyä jo sopimuksen valmisteluvaiheessa uuden toimittajan kanssa. Betonikiviaineksessa esiintyy usein tuotantoa tai työmaan puolella haittaavia epäkohtia, usein vielä samanlaisia eri toimittajien välillä. Mahdolliset ongelmat olisi hyvä tiedostaa jo sopimuksen teossa, jolloin voidaan selvittää, millä toimin toimittaja takaa tasaisen laatuista kiviainesta ja palvelua ympäri vuoden.

Työ tehdään Ruskon Betoni Etelä Oy:lle. Tarkoituksena on saada kerättyä yritykselle tietoa kiviainessopimuksen ehdoista ja yleisimmistä laatuun liittyvistä ongelmista sekä laatia helppolukuinen ohje kiviainessopimuksen solmimisen avuksi tilaajan ja toimittajan välille. Ohjeessa pyritään huomioimaan kiviaineksen laadun tasaisuus ympärivuotisesti, kiviainestoimittajan toimintatapoja sekä näiden ympäristövaikutuksia. Ongelma-asioiden kokoamisen avuksi tietoa kerätään haastatteluiden avulla, jolloin saadaan käytännössä havaittuja asioita kirjattua ylös ja uusia näkökulmia.

Tässä opinnäytetyössä betonikiviaineksesta ja sopimusteknisistä asioista otetaan selvää erilaisten internetlähteiden avulla kuin myös alan kirjallisuutta hyödyntäen, joista saadaan työn teoriaosuus. Teoriaosuus työssä on laaja työn ollessa hyvin tutkimuksellinen. Tiedon keruuta työtä varten tullaan hankkimaan myös haastatteluiden avulla tilaajaosapuolelta.

Työn tilaaja toimii Ruskon Betoni Etelä Oy. Ruskon Betoni Etelä Oy on perustettu kesällä 2019 ja kuuluu Ruskon Betoni -konserniin. Yritys toimii laajasti eteläisen Suomen alueella, jossa sillä on laaja tehdasverkosto. Ruskon Betoni Etelä Oy tarjoaa monenlaisia tuotteita, kuten valmisbetonia, infratuotteita ja työmaapalveluita. Samalla se työllistää 90 henkilöä sekä suuren alihankkija- ja sidosryhmäverkoston. Tämän opinnäytetyön tuloksena Ruskon Betoni Etelä Oy saa helppolukuisen ja nopeasti sisäistettävän ohjeen kiviainestoimittajan vaihtamisessa huomioitaviin asioihin, jonka avulla on mahdollista parantaa tuotteiden ja palveluiden laatua sekä yritykselle tärkeitä arvoja.

2 KIVIAINES

Kallio- ja maaperän ainekset ovat runsaudesta huolimatta uusiutumattomia luonnonvaroja. Näitä aineksia eli kalliomursketta, soraa ja hiekkaa käytetään jatkuvasti monenlaisiin rakennushankkeisiin, joista yhtenä voidaan mainita betonin tuottaminen. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2021.)

Käsitteellä kiviaines viitataan yleisesti rakentamisessa käytettävään rakeiseen materiaaliin, kuten hiekkaan, soraan ja kalliomurskeeseen. Kiviaineksen tilavuus osuus on 65–80 % betonin kokonaistilavuudesta, jolloin kiviaineksen ominaisuuksien vaikutukset lopputuotteen eli betonin kaikkiin ominaisuuksiin ovat merkittäviä. Koska betonin valmistuksessa tarvitaan runsaasti kiviainesta, sitä on oltava saatavilla riittävästi ja kustannustehokkaasti. Tätä kiviaineksen suurta osuutta betonissa kutsutaan usein betonin runkoaineeksi. (Suomen betoniyhdistys ry. s.a.)

Suomessa käytetään vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia kiviaineksia rakentamiseen ja olemassa olevien rakenteiden ylläpitoon. Näistä noin 70 miljoonaa tonnia on jalostettuja kiviaineksia, joista betoniin kuluva osuus on 10 % luokkaa. Suomen ilmasto edellyttää rakenteilta roudankestävyyttä, mikä lisää kiviainesten kysyntää, koska kaikki rakenteet on perustettava routarajan alapuolelle. Suurin osa kiviaineksista käytetään infran rakentamiseen. Esimerkiksi yhden kerrostaloasunnon rakentamiseen tarvitaan noin 100 tonnia kiviä, kun taas yhden kilometrin moottoritien rakentamiseen sitä tarvitaan 50 000–55 000 tonnia (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, 11–12.)

2.1 Kiviaineksen otto

Kiviainesta voidaan joko jalostaa murskaamalla ja seulomalla tai käyttää sellaisenaan raakamuodossaan, Suomessa kuitenkin se yli 70 prosenttia käytetystä kiviaineksesta on jalostettua (Kaikki perustuu kiviainekseen 2011). Kiviainesvarantojen määrässä ja laadussa on geologisista olosuhteista johtuvia merkittäviä alueellisia eroja. Lisäksi laajamittaisen ottamistoiminnan seurauksena hyödyntämiskelpoiset soravarannot on käytetty loppuun useiden suurten asutuskeskusten läheisyydessä. Luonnonsoran sijaan rakentamisessa käy-

tään yhä enemmän kalliokiveä, jonka käyttömäärät ovat kasvaneet voimakkaasti viime vuosikymmeninä. Esimerkiksi Uudellamaalla kalliokiven osuus on noin 80 % kaikesta ottamisalueilta otetusta ainesmäärästä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, 58.)

Soran ja hiekan ottamisalueilla korostuvat lisäksi vaikutukset pohjaveden esiintymisympäristöön. Kallion ottotoiminnasta, kiviainesten käsittelystä ja liikenteen järjestämisestä taas aiheutuu lähes väistämättä melu-, pöly- ja tärinhaittoja. Maa- ja kallioainesten ottoa säätelevätkin useat lait ja asetukset sekä suositukset, joiden avulla ottotoimintaa pyritään ohjaamaan hallitusti sekä vähentämään siitä aiheutuvia haittoja ympäristölle ja luonnolle (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2021.) Tällainen toiminta on luvanvaraista ja lähes aina tarvitaan maa-ainelain mukainen lupa, pois lukien tavanomainen kotitarvekäyttö. Jos kiviaineksen ottoon liittyy samalla alueella louhintaa tai murskausta on hankittava toiminnalle ympäristölupa. Maa-aineluvan haltijalla on paljon velvollisuuksia, kuten luonnon ja ympäristön huomioiminen ja vuosittainen ilmoitusvelvollisuus otetusta aineksesta ja sen määrästä. (Oikeusministeriö 2023.)

Yksi keino ympäristöhaittojen vähentämiseksi ja laadukkaan kiviaineksen saatavuuden takaamiseksi järkevien kuljetusmatkojen sisältä Etelä-Suomessa on suorittaa kalliokiviaineksen louhinta maanalaisena. Mahdollisuutena on hyödyntää suurien kalliorakennuskohteiden ja kaivostoiminnan tuomaa kokemusta, jolloin voidaan suorittaa avolouhinnan tyyppistä louhintatekniikkaa. Myös murskaus, seulonta ja varastointi voidaan suorittaa maan alla, jolloin ympäristöön vaikuttavat pöly ja meluhaitat pienenevät. Huono puoli on louhinnan suurempi kustannustaso, mutta sen avulla saatavat edut niin logistiikan, hyvän kiviaineksen kuin ympäristön kannalta voivat tulla merkittäviksi tulevaisuudessa. ainesmäärästä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, 60.)

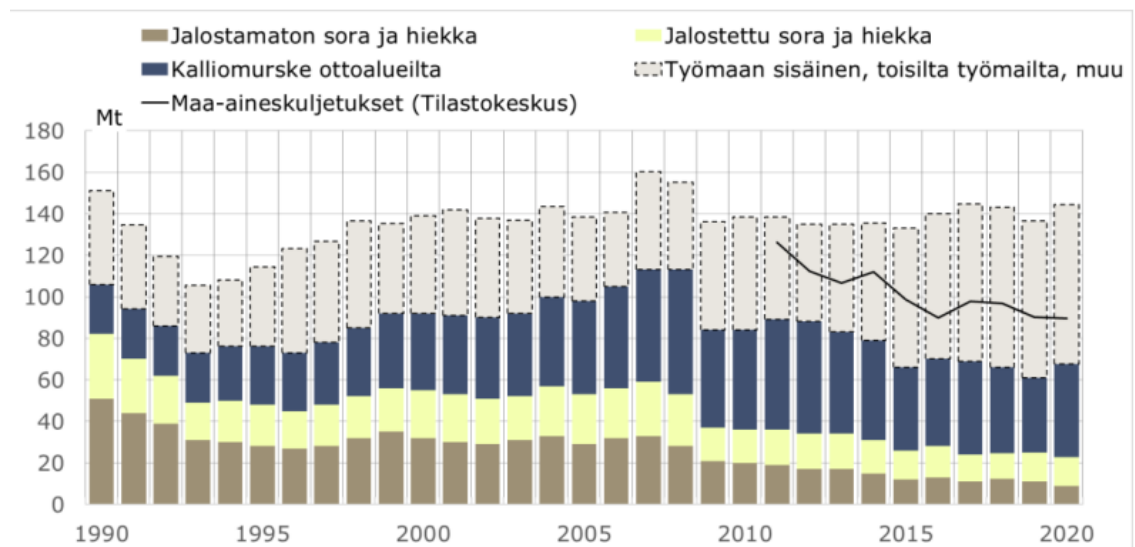
2.2 Kalliokiviaines

Suomen kallioperä on kokonaisuudessaan hyvin vanhaa ollessaan iältään noin 1400–3000 miljoonaa vuotta. Nykyisellään se on Euroopan vanhinta ja vakainta. Vakauteen vaikuttaa myös sen paksuus, sillä uusimmissa tutkimuk-

sisä on selvinnyt allamme olevan paikoitellen jopa 230 kilometriä paksu kerros kiinteää kiviainesta. Hieman yli puolet Suomen kivilajeista ovat graniittisia (53 %), ja yleisin yksittäinen kivilaji on graniitti Suomen kansalliskivilaji. Suomen kallioperää on hyödynnetty jo 1500-luvulta lähtien yhteiskunnantarpeisiin. (Hakapää & Lappalainen 2011, 27.)

Kalliokiviaines on kiinteästä kalliosta louhimalla irrotettua ainesta, jota käytetään yleensä murskattuna rakentamisessa sekä betonin valmistuksessa. Murskatun kiviaineksen rakeisuuden koko vaihtelee aina isojen kappaleiden ja hienon aineksen välillä. Suomen kallioperä on hyvä kalliokiviaineksen lähde ja etenkin Etelä-Suomessa maanpinnanpäälisiä kalliopaljastumia on runsaasti. (Geologian tutkimuskeskus 2019.)

Suomessa arvioitu maa-ainesten käyttö on vuoden aikana 130–150 miljoonaa tonnia, näistä kalliomurskeen osa on vajaan kolmanneksen verran (ks. kuva 1). Asukasmäärään verrattuna kulutus on EU:n alueen suurimpia, mutta silti omavaraista. Rakentamisessa käytetään entistä enemmän kalliosta saatua kiviainesta, jonka määrä Uudellamaalla on jo 80 % kaikkien ottamisalueiden määrästä. Syy tähän on hyödyntämiskelpoisten luonnonsora esiintymien loppuun käyttäminen suurten asukaskeskuksien ympärillä. (Ympäristöministeriö 2023, 20.)



Kuva 1. Maa-ainesten arvioitu käyttö Suomessa vuosina 1990–2020 (AFRY 2020)

2.3 Luonnonsora

Kiviaineksia tuotetaan joko louhimalla kalliota tai ottamalla harjukiviainesta tuotteiden raaka-aineeksi. Kalliokiviaineksen käyttö on kasvattanut osuuttaan varsinaisilla ottamisalueilla verrattuna soraan ja hiekkaan, vaikka viimeisen kymmenen vuoden aikana kalliokiviaineksen käyttöaste on pysynyt suunnilleen samana. Etenkin betoniteollisuudessa sora ja hiekka ovat tärkeitä raaka-aineita edelleen. (AFRY 2020, 2.)

Jääkauden kuumimpina aikoina ja sen päätyttyä jäätikkö alkoi sulaa, ja sen sulamisvedet muodostivat jääkannen alla olevia jokia. Nämä joet kerrostivat hiekkaa ja soraa, joista muodostui harjuja. Salpausselän hiekka- ja sorakerrostumat ovat syntyneet jääkauden viimeisessä vaiheessa, kun äkillinen jäätikön reunojen vetäytyminen keskeytyi nopean kylmenemisen johdosta. Tästä syystä suuri määrä hiekkaa ja soraa kerrostui deltamuodostumaksi jäätikön reunalle. Nämä hiekka- ja soraharjut ovat nykyisessä maisemassamme näkyviä ilmastomuutoksen jäänteitä ja samalla tärkeitä luonnonvaroja. (Kaiva 2013.)

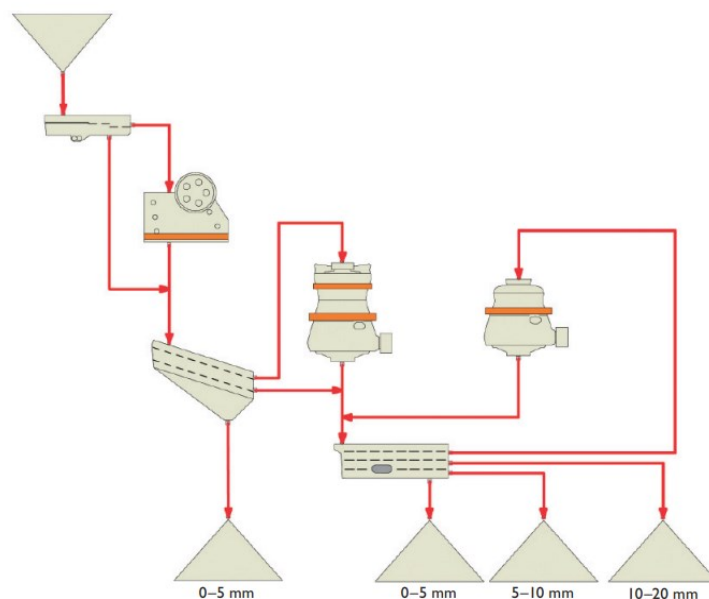
Soramursketta tuotetaan sorarintauksesta eli soraharjusta. Soramurske saadaan kuoritusta ja puhdistetusta sorarintauksesta. Soramurske on karkeasta harjukivestä murskattua kiviainesta. (Swerock s.a.)

2.4 Kiviaineksen valmistus

Kun toimitaan kallioalueilla, josta halutaan valmistaa kiviainesta, se tulee irrottaa poraamalla reikiä ja räjäyttämällä. Porattavien reikien määrään ja niiden keskinäiseen etäisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat louhittavan kallion laatu ja korkeus, tahdottu irrotettavan materiaalin määrä, käytettävä räjähdysaine ja tavoiteltu lohcareiden koko. Räjäytykset suoritetaan aina räjäytyssuunnitelman mukaisesti. Räjäytysten tarve vaihtelee kohdekohtaisesti; joillakin kohteilla räjäytyksiä tehdään useita kertoja päivässä, kun taas toisilla kohteilla tarvittavat räjäytykset suoritetaan kerran viikossa. Räjäytyksissä käytettävän räjähdysaineen määrä riippuu siitä, kuinka paljon kalliota irrotetaan kerrallaan ja millaista se on laadultaan. (Suomen ympäristökeskus 2010, 17.)

Räjäytyksen seurauksena irtoava kallio saattaa muodostaa joskus suuria lohkareita, jotka on rikottava ennen niiden murskausta. Murskauslaitoksella tarkoitetaan paikkaa, jossa kiviainesta, soraa tai moreenia murskataan murskaustuotteeksi. Tällainen laitos koostuu yleensä esimurskaimesta, mahdollisista väli- ja jälkimurskaimista, kuljettimista ja seuloista. Suomessa yleisesti käytössä ovat liikuteltavat tai liikkuvat tela-alustaiset murskauslaitokset, joita kutsutaan myös track-tyyppisiksi murskauslaitoksiksi. Lisäksi toimijoilla voi olla myös kiinteitä murskausasemia, jotka toimivat samassa kohteessa useita vuosia. Tyypillisesti murskauslaitokset ovat kolmivaiheisia ja niiden tuotantokapasiteetti on yleensä 150–400 tonnia tunnissa. (Betonitekniikan oppikirja 2018, 53.)

Raaka-aine syötetään murskauslaitokseen kaivinkoneen, pyöräkuormaajan tai dumpperin avulla ensin syöttimeen, joka annostelee materiaalin esimurskaimelle. Tässä yleensä käytetään leukamurskainta esimurskaimena, jossa vahva kiviaines kuten graniitti murskaantuu leukojen välissä puristumalla. Ensimmäisen murskausvaiheen tuote siirretään kuljettimen avulla joko suoraan välimurskaimelle (yleensä kartio- tai hienomurskain) tai seulalle, joka voi olla myös kartio- tai hienomurskain. Toisessa ja kolmannessa vaiheessa jatketaan murskausta ja seulontaa halutun tuotteen valmistamiseksi (ks. kuva 2). Kolmantena vaiheena voidaan esimerkiksi käyttää hienomurskainta, jolla parannetaan tuotteen muotoa ja lujuusominaisuuksia. (Toivonen 2010, 138.)



Kuva 2. Kolmivaiheinen murskauslaitos (Suomen ympäristökeskus 2010)

Soranoton yhteydessä kiviaines voidaan seuloa eri jakeisiin ja poistaa hienoa-
nes. Irrotettu maa-aines kuljetetaan pyöräkuormaajalla seulonta-asemalle.
Seulonta jaetaan kuiva- ja vesiseulontaan. Irrotetun maa-aineksen hienoaines
(savi ja hiesu) poistetaan kiviaineksesta vesiseulonnalla tuotevaatimusten
täyttämiseksi. (Suomen ympäristökeskus 2010, 19.)

2.5 Kiviaineksen varastointi ja kuljetus

Kuten kiviaineksen valmistuksessa, myös sen varastoinnissa tulee olla huolel-
linen, ettei lajittumista ja likaantumista pääse tapahtumaan. Vaatimuksena ki-
viaineksen varastoinnille on riittävän laaja alue, jossa lajitteet eivät pääse se-
koittumaan. Myös sekoittuminen pohjamaan kanssa kuormauksen yhteydessä
tulee estää, ja varastokasan pohjalle suositellaankin laitettavan noin 20 cm
paksuinen kerros hienompaa kiviainesta. Fillerille, hienolle kiviaineksella ja
karkealle kiviainekselle on omat suositellut varastointitekniikat. Kiviainestoimit-
tajan tulee noudattaa näitä ohjeita tai osoittaa, että omat menetelmät ovat toi-
mivia eikä lajittumista pääse tapahtumaan. (Valmisbetoni. s.a.)

Hienojakoisten kiviainesten varastointi tapahtuu sulanmaan aikana kerroksit-
tain rakennetussa kasassa. Kerrosten paksuus tulee olla esimerkiksi noin 1 m
ja kerrosten reunaan jäävä kaistale noin 50 cm leveä, kuten kuvassa 3 näh-
dään. Näin täytyy toimia, jotta tuotteen lajittuminen estettäisiin mahdollisim-
man hyvin ja kiviaines olisi mahdollisimman homogeenistä. Talvella varastointi
voidaan tehdä päätypenkkana, jotta jäätyminen olisi vähäisempää. (Betonin
kiviainekset 2018, 43).



Kuva 3 Oikeaoppisesti tehty varastokasa (Valmisbetoni. s.a.)

Karkean kiviaineksen kohdalla on suositeltavaa käyttää varastoinnissa päätypenkkaa. Kerroksittain tehdyllä kasalla on mahdollista saavuttaa tasalaatuisempaa materiaalia, mutta vaarana on tuotteen hienontuminen ajoreittien kohdalla. Talvella kasan on oltava sen muotoinen, että lumen poistaminen on helppoa ja lumen ja jään sekaan joutuminen mahdollisimman vähäistä. (Betonin kiviainekset 2018, 44.)

Ennen kiviaineksen kuljetusta käytettäväksi tulee se lastata varastointialueen myyntikasasta. Niin sanottu myyntikasa on laajasti varastointikasasta otettua ja keskenään sekoitettua tavaraa, ja se on kooltaan paljon varastokasaa pienempi mutta kumminkin useamman autokuorman kokoinen. Talviolosuhteissa tällaista ei ole. Ennen kuormausta tulee varmistaa lavan puhtaus ja tarvittaessa pestä se, jotta betonin sekaan ei pääse haitallisia aineita. Tällaisia aineita ovat erilaiset suolat ja orgaaniset aineet. Tuotteen saastuminen matkan aikana on mahdollista ja hyvä tapa olisi peltää se sen ajaksi. (Betonin kiviainekset 2018, 44.)

2.6 Kiviainesvalinnan vaikutus ympäristöön

Maa-ainesten ottamisella on paljon vaikutuksia ympäristöön, ja osa niistä on haitallisia. Pääasiallisesti ottamistoiminta vaikuttaa haitallisesti alueen ulkonäköön, luonnon monimuotoisuuteen sekä geologisiin että biologisiin arvoihin. Ottamisalueen luonnollinen kasvillisuus palautuu hitaasti, jos aktiivisia toimenpiteitä sen eteen ei tehdä.

Ottamistoiminnasta ja siihen liittyvistä toiminnoista, kuten kiviainesten murskauksesta ja kuljetuksesta, aiheutuu melu-, pöly- ja värinähaittoja vaihtelevissa määrin. Laajamittaisen ja aikaisemmin suunnittelemtoman soran ottamisen seurauksena luonnonvaraista soraa ei enää ole saatavilla riittävästi kaikilla alueilla.

Mahdolliset työkoneiden tai polttoainesäiliöiden vuodot ja ylitäytöt lisäävät pohjaveden ja maaperän saastumisriskiä. Erityisesti soranoton aikana pohjaveden laatuun kohdistuvat vaikutukset ovat merkittäviä. Monilla soranottopaikoilla on havaittu pohjaveden laadun heikentyvän ottotoiminnan aikana, mutta

otto toiminnan päätyttyä laatuvaihtelut ovat vähentyneet ja osa ominaisuuksista on jopa palautunut 5–10 vuoden kuluessa ottotoiminnan päättymisestä. (Ympäristöhallinto 2023.)

Kalliokiven ottamisalueiden ympäristöhaitat voivat toisinaan olla huomattavampia verrattuna soranottamisalueisiin. Erityisesti porauksista, räjäytyksistä ja kiven rikotuksesta johtuva melu, tärinä ja pöly aiheuttavat haittaa. Lisäksi ottamistoiminnassa käytetyt räjähdettäineet sekä ottamisalueiden sijainti alueilla, joissa esiintyy esimerkiksi arseenia tai rikkiä sisältävää kalliota, on mahdollisuus vaikuttaa haitallisesti sekä pinta- että pohjaveteen. Myös alueelle läjitettyillä pintamailla voi olla haitallinen vaikutus näihin orgaanisten aineiden muodossa. Ympäristöön johdetut vedet aiheuttavat myös usein joitain muutoksia esimerkiksi pintavesien sameutta. (Ympäristöhallinto 2023.)

Kun maa-ainesten ottaminen päättyy, on edessä vielä alueiden jälkihoito lupamääräysten mukaisesti (Maa-aineslaki, 11 §). Jälkihoidon päämääränä on sopeuttaa ottamisalue ympäröivään luontoon ja maisemaan, samalla kun pyritään vähentämään ottamisen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia pohjaveteen. Lisäksi jälkihoidon avulla voidaan luoda vaihtoehtoisia elinympäristöjä sellaisille kasveille ja hyönteisille, jotka hyötyvät paahteisista kasvuympäristöistä. Näin jälkihoidolla parannetaan ottamisalueen mahdollisuuksia myöhemmälle käytölle ja lisätään alueen turvallisuutta (Ympäristöhallinto 2023.)

Kiviainesteollisuudella on Suomessa iso merkitys luonnon monimuotoisuuden lisäämisessä ja etenkin sen ylläpitämisessä. Suuret avoimet alueet vaativat huolehtimista, jotta ne eivät kasvaisi umpeen. Soranottoalueet ovat juuri tällaisia paahtealueita, jotka muuten Suomen luonnossa on hyvin vähissä. Tällaisessa ympäristössä elää täysin omatyypinen lajisto, ja samalla se tarjoaa ulkoilu- ja virkistyskäyttömahdollisuudet. Soranottoalueen säilyminen arvokkaana luontokohteena vaatii kuitenkin paljon työtä ottotoiminnan loppumisen jälkeen, mutta vastaavasti sillä voidaan lisätä luonnon sekä ihmisten hyvinvointia. (Yleisradio 2017.)

Ottamissuunnitelmassa esitettyjä jälkihoitotoimia voidaan jo tehdä ottamistoiminnan aikana, mutta viimeistään sen loputtua. Alueen jälkikäyttö tulee olla

tiedossa ennen jälkihoitoa kunnollisen lopputuloksen aikaan saamiseksi. Jälkihoito on isosti tapauskohtaista suunnittelua, toimenpiteitä, joilla suunnitelmat toteutetaan, ovat maisemointi muotoillen ja kasvillisuutta ennallistaen sekä ei-toivotun käytön estäminen (Ympäristöhallinto 2023.)

Myös rakennuskivilouhimoiden valmistamien useiden tonnien painoisten kiviblokkien sivutuotteena syntyvän sivukiven hyödyntämistä tulisi tulevaisuudessa tarkastella uusista näkökulmista. Kiviblokkien ominaisuudet ovat tarkoin määriteltyjä, ja niitä louhiessa kalliosta vain noin 10–20 % päätyy lopulliseksi tuotteeksi. Myytäväksi kelpaamaton sivukivi ajetaan kasoiksi ja jää yleensä suurimmilta osin hyödyntämättömäksi (ks. kuva 4). Tällä hetkellä hyödyntämisen suurimpana esteenä on korkeat kuljetus- ja jalostuskustannukset. Sivukivivarantojen hyötykäytöllä olisi mahdollista vähentää neitseellisen kiviaineksen kulutusta, ja se toimisi samalla rakennuskivilouhimoiden jälkihoitona, jolloin alueen maisemakuvaan syntyvä haitta pienenesi. Esimerkiksi Kaakkois-Suomessa sivukivivaranto kasvaa noin 400 000 kuutiometriä vuodessa ja vuonna 2007 se oli jo noin 10 miljoonan kuutiometrin suuruinen. (Ympäristöministeriö 2013, 34.)



Kuva 4 Rakennuskivilouhimon hyödyntämätöntä sivukiveä, joka aiheuttaa merkittävää maisemahaittaa. (Ympäristöministeriö 2013)

3 BETONIN VALMISTUS

Betoni on eniten käytetty rakennusmateriaali maailmanlaajuisesti, ja sitä valmistetaan vuoden aikana keskimäärin 13 miljardia kuutiota. Betonin suuri suosio rakentamisessa perustuu moniin tekijöihin, mutta merkittävimpinä voidaan pitää sen suurta lujuutta eri olosuhteissa sekä helppoa muovattavuutta ja edullista hintaa. Betonin valmistukseen tarvittavat pääraaka-aineet löytyvät kaikki maaperästä, joita ovat sementti, vesi ja kiviaines. Näistä varsinkin kiviaines on aina paikallista, jotta vältytään pitkiltä kuljetusmatkoilta. Kivipohjaisena rakennusmateriaalina betonilla on paljon hyviä ominaisuuksia, kuten pitkäikäisyys ja pieni huollon tarve. (Betoniteknikan oppikirja 2018, 13.)

Betonin valmistukseen tarvitsee paljon erilaisia laitteita, jotka ovat suunniteltu yhdessä muodostamaan laitteiston nimeltä betoniasema. Tällaisia asemia on erilaisia erisuuruisilla tuotantomäärillä, mutta perustoimintaperiaate on pääosin samanlainen. Valmistus käsittää karkeasti jaoteltuna raaka-aineiden varastoinnin, betonin osa-aineiden annostelun ja sekoituksen sekä laadunvalvonnan. Suomessa valmisbetonin valmistusta ohjaa monenlaiset säädökset ja standardit. Näistä maininnan arvoisia standardeja ovat SFS-EN 206, jossa määriteetään betonin ja sen ainesosien ominaisuuksia sekä kansallinen soveltamisstandardi SFS 7022. (Betonitieto 2016.) Kansallisessa SFS 7022-standardissa on täydentäviä sääntöjä betonin säilyvyyden takaamiseksi Suomen sää olosuhteissa (SFS Suomen standardit 2017).

Laatuun valmistusprosessin lisäksi vaikuttaa raaka-aineet, jotka betonin valmistuksessa ovat vesi, sementti ja kiviaines sekä lisäaineet. Suomessa vesi ja sementti ovat tasalaatuisia tuotteita, kun taas kiviaineksen ominaisuudet ovat vaihtelevia. Pienillä määrillä lisäaineita betonin ominaisuuksia saadaan muokattua. (SFS Suomen standardit 2017.)

Laadun määrittely on nykypäivänä taito täyttää asiakkaan tarpeet ja muut vaatimukset. Alkuperäinen käsitys laadusta määrittyi ennen vain tuotteen virheettömyyteen, mutta nykyään kattaa koko yrityksen tai organisaation kehittämisen. Tavoitteena asiakkaiden tyytyväisyyden ja taloudellisen kannattavuuden lisäksi on myös pitemmällä aikavälillä tapahtuvan kilpailukyvyn säilyttäminen

ja vahvistaminen. Laatu yksinkertaisuudessaan perustuu asiakkaiden tarpeisiin, taloudellisuuteen ja vaatimuksiin mitä yhteiskunta pyytää (Betonitekniikan oppikirja 2018, 177.)

Valmisbetoni on betoniasemalla valmistettua betonia, jonka ominaisuudet ovat ennalta määritelty ja joka valmistetaan niiden mukaan. Se toimitetaan työmaalle pyörintäsäiliöautolla valmiiksi käytettävässä muodossa. Valmisbetonierät toimitetaan ja laskutetaan tilavuuksina, jolloin yksikkönä toimii kuutiometrit [m^3]. Valmisbetoni säilyttää käyttökelpoisuutensa noin 1–3 tuntia riipuen valmistusreseptistä ja ympäristön olosuhteista.

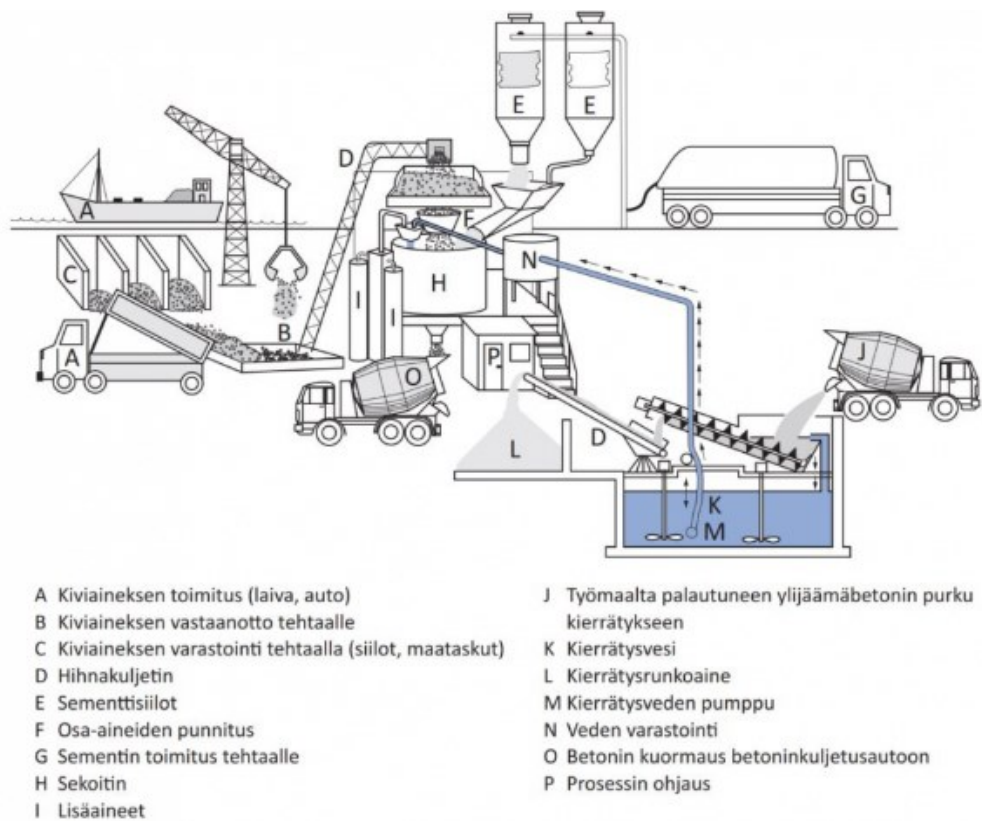
Suomessa valmisbetonin tuotanto alkoi vuonna 1958, kun ensimmäinen valmisbetonitehdas aloitti toimintansa Helsingin Taivallahdessa. Ennen tätä betonia valmistettiin työmailla betonimyllyillä. Nykyään Suomessa on noin 200 valmisbetonitehdasta ja noin 65 yritystä, jotka valmistavat valmisbetonia. Arvioiden mukaan valmisbetoniteollisuus työllistää noin 1200 henkilöä Suomessa, ja sen yhteinen liikevaihto oli noin 325 miljoonaa euroa vuonna 2019. (Betonin valmistus. s.a.)

Vuonna 2019 valmisbetonin tuotantomäärä oli noin 2,7 miljoonaa kuutiometriä. Valmisbetonin käyttö Suomessa vastaa muiden Pohjoismaiden tasoa ollessaan noin 0,5 kuutiometriä/asukas vuodessa. Yli 80 prosenttia kaikesta työmaille toimitetusta valmisbetonista siirretään pumppaamalla valukohteeseen. (Suomen betoniyhdistys ry. s.a.)

3.1 Valmistusprosessi betoniasemalla

Betoni valmistetaan ennalta määritellyn koostumuksen perusteella. Koostumuksesta eli suhteituksesta saadaan osa-ainesten määrät betonin tilavuusyksikköä kohti (kg/betoni-m^3). Betonin notkeus säädellään yleensä, veden, notkistimen ja sekoittimen tehon perusteella. Jos raaka-aineet ovat tiedossa tarkasti, haluttu notkeus voidaan saavuttaa annostelemalla betoniin reseptin mukainen vesimäärä ottaen huomioon kiviaineksen kosteuspitoisuus ja vedenimeytymiskyky. Nykyaikaisilla tietokoneohjatuilla järjestelmillä betonin notkeutta voidaan säätää automaattisesti sekoittimen tehon perusteella.

Kiviaineksen mittauksessa käytetään betoniaseman tyyppin mukaan joko vaaka-astiaa tai hihnavaakaa. Molempien tyyppien tapauksessa vaaka on yhdistetty sähköisiin mittaustantureihin, ja punnitus suoritetaan prosessin automaattisen ohjauksen avulla. Jokainen kiviaines tyyppi punnitaan yksitellen samalle vaakalle. Vaaka tyhjennetään joko syöttökouruun tai suoraan sekoittimeen. Sementin punnitus tapahtuu samanlaista tekniikkaa hyödyntäen, kuitenkin omalla linjastollaan. Nämä ja muut laitteet muodostavat betoniasemaksi kutsutun kokonaisuuden, jonka toimintaperiaate on helpompi ymmärtää kuvasta 5. (Betonin valmistus. s.a.)



Kuva 5. Betoniaseman tavanomaisin toimintaperiaate (Suomen betoniyhdistys ry. s.a.)

3.2 Kiviaineksen merkitys

Kiviaineksen lämpötila vaikuttaa eniten betonimassan lämpötilaan, koska se muodostaa noin 70–85 % betonin kokonaismassasta. Lämpimänä vuodenaikana, kun kiviaineksessa ei ole jäätä tai lunta, betonin osa-aineita ei yleensä tarvitse lämmittää erikseen. Kuitenkin loppukesästä lämpenemään päässyt kiviaines voi nostaa betonin lämpötilaa liian korkeaksi, mikä aiheuttaa lujuuskaatoa. Tätä ilmiötä pyritään alentamaan käyttämällä prosessissa kylmää vettä. Jos kiviainesta ei voida riittävästi jäähdyttää tavanomaisilla menetelmillä ja

kylmän veden käyttö ei riitä massan jäähdyttämiseen, betonimassaan voidaan lisätä jäämurskaa tai nestemäistä tyyppiä. On kuitenkin tärkeää hallita nestemäisen tyyppien käyttöä, koska siihen liittyy tiettyjä riskejä. Suomessa tällaiset erityistoimenpiteet ovat hyvin harvinaisia. (Betonin valmistus. s.a.)

Suomessa kiviaines on lujuusominaisuuksien puolesta yleensä hyvin betonin valmistukseen sopivaa. Mikäli kiviaines on tavanomaista heikompaa, esimerkiksi rapautunutta ja huokoista tai muuten vain haurasta, sitä ei tule betonin valmistuksessa käyttää betonin lopullisen lujuuden heikentyessä. Kiviaineksen valmistuksessa käytetty murskaustekniikka on vaikuttaa lopulliseen raemuotoon, joka taas vaikuttaa iskujen ja kulumisen kestävyYTEEN. (Betonin kiviainekset 2018, 7.)

Kiviaineksella on iso merkitys betonin vedentarpeeseen, ja sen veden imeytyminen on määritelty standardin SFS-EN 1097-6 mukaisesti. Kiviaineksen pinta on huokoista, ja näin vedellä on mahdollisuus imeytyä siihen. Mitä rapautuneempaa kiviaines on, niin sitä enemmän vettä siihen pystyy imeytymään, eli absorptio kasvaa. Kun kiviainekseen betonin valmistuksen yhteydessä imeytyy paljon vettä, suurimmalla sallitulla vesimäärällä syntyy silti liian jäykkää betonia ja massan muokattavuus on hyvin heikkoa. Normaalilla kiviaineksella vedenimemiskyky on 0,3...0,5 % välillä ja rapautuneella jopa 1,5 %. (Betonin kiviainekset 2018, 21–22.)

4 BETONIKIVIAINEKSEN VAATIMUKSET

Kiviaineksen vaatimukset ja laatutekijät ovat merkittävässä roolissa, kun kyse on vaativimmista käyttökohteista, kuten betonin valmistus. Keskilatuisen kiviaineksen saanti on pääsääntöisesti helppoa, mutta sen ominaisuudet eivät riitä täyttämään vaatimuksia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, 22.)

Laatuvaatimusten lähtökohtana kiviainekselle on sen soveltuminen betonin raaka-aineeksi. Tällöin se ei saa sisältää haitallisia määriä aineita, jotka huonontaisivat tuoreen ja kovettuneen betonin tai raudoitteen ominaisuuksia. (Betonin kiviainekset 2018, 8.) Suomalaisen betonikiviaineksen ominaisuudet fyysisesti ja kemiallisestikin ovat yleisesti ottaen lujia ja kestäviä (Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022, 3).

4.1 Jaottelu

Betonin valmistuksessa käytettävä kiviaines voi olla luonnon kiviainesta (valmistettu sorasta tai kalliosta), keino-, uusio-, tai kierrätyskiviainesta (esim. maasuunikuonasta, kevytsorasta tai murskatusta betonista valmistettua) (Betonin kiviaineet 2018, 11). Markkinoilla olevan betonikiviaineksen tulee olla CE-merkittyä. Betonin valmistajalla on myös mahdollisuus käyttää omaa CE-merkittämätöntä kiviainesta, mutta silloin valmistajan täytyy osoittaa, että testit ja laadunvalvonta on suoritettu AVCP-luokan 2+ mukaan. (Betoninormit 2021, 28.)

Ominaisuusvaatimukset kiviainekselle luonnollisesti vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan ja näin tuovat mukanaan tutkimuksellisia ja teknisiä haasteita. Luonnonsoralla ja kallioperästä louhitulta kiviainekselta vaaditaan eri asioita luokiteltaessa niitä käyttökelpoisiksi. Kuten tiedetään, niin ominaisuuksien puolesta pyöristynyt luonnonsora on betoniteollisuudessa haluttua. Näin ollen myös kalliosta murskatun kiviaineksen raemuoto on tärkeä. Murskerakeen muoto on parempi olla kuutiomaisempi kuin litteä, joka parantaa betonimassan muokattavuutta. Tärkein muokattavuuteen vaikuttava ominaisuus on notkeus, jonka tulisi pysyä samanlaisena koko valutyön ajan.

Luonnonsoran käytön ja saatavuuden vähentyessä vaihtoehtona on korvata sitä kalliosta murskaamalla saadulla kivellä. Murskatun sepelin ominaisuuksia on opittu parantamaan sitä sopivammaksi betonin valmistukseen mm. pesemällä siihen tarttunut hienoaines pois tai myllyttämällä sylinteriseuloissa. Näin sen ominaisuudet muuttuvat enemmän luonnonsoran kaltaisiksi, jotka betonin valmistuksessa ovat hyviä. Luonnonsoran kohdalla ei ole erillisiä raemuoto-vaatimuksia, koska se on pyöreärakeista. Nämä kiviaineksen pyöreät muodot tekevät betonimassan käsittelystä helpompaa. Hyvän notkeuden vuoksi sementin tarve on pienempää ja massan pumpattavuus ja käyttäytyminen valuiissa parempaa. Tulevaisuuden tärkeä kehittämishaaste onkin saada kalliosta murskattuja hienompia kiviaineita betonin valmistuksessa houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015, 58.)

Betonin valmistuksessa käytettävät kiviainekset luokitellaan rakeisuutensa mukaan erinimisiksi tuotteiden hienoimmasta karkeimpaan ollessa fillerikiviaines, hienokiviaines, luonnonlajittama 0/8 mm, koostekiviaines ja karkea kiviaines. Raekoon merkintänä käytetään d/D ja mittayksikkönä millimetriä. Tässä kiviaineksen raekoon määrittämisessä (d) on alempi seulakoko, jonka läpäisevät vain jotkin rakeet ja (D) ollessa ylempi seula, mihin on myös sallittu jäävän joitakin rakeita. Esimerkiksi 0/8 tarkoittaa rakeiden olevan pääsääntöisesti 0...8 mm kokoisia. (Betonin kiviainekset 2018, 11.)

4.2 Tyypitestaus

Soveltuvuutta betonin kiviainekseksi tarkastellaan tyypitestauksella. Tyypitestauksessa tuotteen kaikki soveltuvuuden kannalta tärkeät ominaisuudet huomioidaan, jotka taulukossa 1 on esitetty. Näiden testien tulosten perusteella syntyy dokumentti, jossa kiviaineksen soveltuvuus todetaan. (Betonin kiviainekset 2018, 8.)

Nämä tärkeät ja tarvittavat tyypitestauksen ominaisuudet on määritelty raja-arvoineen standardissa SFS-EN 12620 ja kansallisessa betonikiviaineksen

Taulukko 1. Kiviaineksen tyypitestauksessa testattavat ominaisuudet (Betoninkiviainekset 2018)

Ominaisuus	Testausmenetelmä	Huomioitavaa
Kiintotiheys ja vedenimeytyminen	SFS-EN 1097-6, fillerikiviaines SFS-EN 1097-7	
Jäädytys-sulatuskestävyys	SFS-EN 1097-6 ja SFS-EN 1367-6	Jos vedenimeytyminen > 1 %, tehdään SFS-EN 1367-6.
Petrografinen kuvaus ¹⁾	SFS-EN 932-3 ja SFS-EN 12407	Katso kirjan liite 3.
Geometriset ominaisuudet: raekokojakauma ja hienoainespitoisuus	SFS-EN 933-1	Aina pesuseulonta.
Litteysluku	SFS-EN 933-1	Murskatut kiviainekset.
Radioaktiivisuus	Gammaspektrometrinen mitta	Voimassa olevan lainsäädännön ja STUK-ohjeiden mukaan.
Iskun-/nastaregaskulutuskestävyys	SFS-EN 1097-2, SFS-EN 1097-9	Tarvittaessa.
Humuspitoisuus	SFS-EN 1744-1	Hiekka, sora, soramurske.
Kokonaisrikkipitoisuus	SFS-EN 1744-1	Jos havaittu petrografisen kuvauksen mukaan sulfidimineraaleja.
Happoliukoiset sulfaatit	SFS-EN 1744-1	Jos havaittu petrografisen kuvauksen mukaan sulfidimineraaleja.
Vesiliukoisten kloridien pitoisuus	SFS-EN 1744-1	Merikiviaineksista ja tarvittaessa myös muista.
Simpukkapitoisuus	SFS-EN 933-7	Merikiviaineksista.

¹⁾ Kuvauksen perusteella geologi antaa lausunnon kiviaineksen soveltuvuudesta.

soveltamisstandardissa SFS 7003 määritelty vielä Suomea koskevia vaatimuksia tarkemmin. Tuotannon aikana suoritettavalla laadunvalvonnalla näytetään vielä, että tuote on tyyppitestaus tulosten mukaista (SFS-EN 12620, 2009.)

4.3 Rakeisuus

Rakeisuus kuvaa kiviaineksen erikokoisten rakeiden suhteellisia määriä. Sitä arvioidaan seulomalla kiviaines standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti. Seulontaprosessissa kiviaines jaetaan eri raekokoluokkiin käyttäen seulasarjaa, jonka jälkeen eri raekokoluokkien määrät lasketaan massaprosentteina. Tulokset voidaan esittää joko taulukkomuodossa tai graafisesti kumulatiivisena jakautumana. (Suomen betoniyhdistys ry. s.a.)

Taulukko 2 Kiviainestuotteiden luokittelu niiden raekoon mukaan. (Betonin kiviainekset 2018)

Kiviaines	Koko [mm]	Läpäisyprosentti [massa-%]					Luokka
		2D	1,4D ^{1,2)}	D	d ²⁾	d/2 ^{1,2)}	
Karkea kiviaines	D/d = 2 tai D = 11,2 ³⁾	100	98...100	85...99	0...20	0...5	G _F 85/20
		100	98...100	80...99	0...20	0...5	G _C 80/20
	D/d > 2 ja D > 11,2 ⁴⁾	100	98...100	90...99	0...15	0...5	G _C 90/15
Hieno kiviaines	d = 0 ja D = 4	100	95...100	85...99	–	–	G _F 85
Luonnon lajittama 0/8	d = 0 ja D = 8	100	98...100	90...99	–	–	G _{NG} 90
Koostekiviaines	d = 0 ja D > 4	100	98...100	85...99	–	–	GA ₈₅
		100	98...100	90...99	–	–	GA ₉₀

¹⁾ Milloin seulat 1,4D ja d/2 eivät ole ISO 565:1990 R20:n mukaisia seulakokoja, valitaan seuloiksi niitä lähinnä olevat seulakoot.

²⁾ Epäjatkuvan rakeisuuskäyrän betonille tai muuhun erikoiskäyttötarkoitukseen voidaan antaa lisävaatimuksia.

³⁾ Esimerkiksi 8/16 mm ja 4/8 mm.

⁴⁾ Esimerkiksi 6/16 mm ja 4/12 mm.

Kiviainesten luokittelu tapahtuu rakeisuuden perusteella, ja näitä rakeisuuksia ovat fillerikiviaines, hieno kiviaines, luonnon lajittama 0/8 mm, koostekiviaines tai karkea kiviaines. Taulukon 2 mukaisissa yleisissä rakeisuusvaatimuksissa kerrotaan sallitut läpäisyprosentit eri seuloille. Käytännössä taulukossa esite-tyillä vaatimuksilla tarkoitetaan, että kiviaineksessa on aina tietty määrä mate-riaalia, mikä ylittää seulakoon (D) sekä vastaavasti alittaa seulakoon (d). (Be-tonin kiviainekset 2018, 11.)

4.4 Yleiset vaatimukset

Betonin valmistukseen käytettävältä kiviainekselta vaaditaan luonnollisesti myös puhtautta. Epäpuhtauksia, joita ei sallita, ovat esimerkiksi roskat, savi-paakut, öljy, puuperäiset tuotteet ja muut orgaaniset materiaalit. Myös talven ja kylmyyden mukanaan tuomat jäätyneet kiviainespaakut, lumi ja jää ovat liiallisessa määrässä huono asia. (Betonin kiviainekset 2018, 31.)

Kiviainestoimittajan kanssa voidaan sopia CE-merkinnän ja suoritustasoilmoituksen lisäksi kiviaineksen ominaisuuksista erillisellä laatusopimuksella. Siihen voidaan kirjata asiakkaan ja toimittajan välisiä laatuteknisiä asioita kiviaineskaupasta. Tätä olisi hyvä käyttää kirjallisen kiviaineshankintasopimuksen laatuliitteenä, koska se on mahdollista vaikkei pakollista. (Betonin kiviainekset 2018, 41.)

Laatusopimuksessa voidaan esimerkiksi sopia ja täsmentää seuraavanlaisia asioita:

- Kuinka kiviainekset yksilöidään ja tunnistetaan
- Minkälaisia standardeja, ohjeita, määräyksiä ja testejä tulisi käyttää
- Mitä laatuominaisuuksia ja -vaatimuksia kiviainekselta halutaan
- Millainen varastointi niin toimittajan kuin asiakkaan päässä
- Mitkä toimenpiteet laatuerojen ilmetessä tulee tehdä
- Millainen yhteydenpito ja yhteyshenkilöt

5 KIVIAINEKSEN ONGELMAT JA SOPIMUKSEN KEHITTÄMINEN

Kiviaineksen ongelmia on selvitetty haastattelemalla organisaation laatuvas-
taavia ja tehdasvastaavia. Haastattelussa käytetyt kysymykset ovat nähtä-
vissä liitteessä 1. Haastattelussa nousi paljon eri asioita esiin monista näkö-
kulmista, joihin on hyvä keskittyä tulevaisuudessa. Seuraavana on haastatte-
luissa esiin nousseet asiat purettuna ja jaoteltuina aihealueittain.

5.1 Yleisimmät ongelmat kiviaineksen kanssa

Yleisin ja eniten ongelmia aiheuttava ominaisuus kyselyn perusteella on kivi-
aineksen oikea rakeisuus ja sen saaminen yhteisesti sovitulle rakeisuuskäyrälle.
Oikean rakeisuuden löytäminen monista ottopaikoista voi olla vaikeaa hienon

aineksen ollessa yleensä selvästi toista ääripäätä, eli joko liian hienoa tai karkeaa. Myös uuden kiviaineksen kohdalla murskatun tuotteen seassa oleva kivipöly voi hämätä, sillä sen käytös ei ole luonnon fillerin tapaista, tällöin pelkän rakeisuuskäyrän tutkaileminen voi ajaa harhaan. Ongelma korostuu, jos kiviaineksen toimittajalla ei vielä ole kokemusta betonikiviaineksen toimittamisesta tai jos ollaan ottamassa uusia kiviainesvarantoja käyttöön.

Haastattelussa nousi myös esiin, että nykyään kiviaineksen löytäminen kohtuullisen toimitusmatkan päästä on vaikeaa, lähimmät soravarannot kasvukeseuksissa on kulutettu ja luonnon singeliä, eli luonnon pyöristämää pienikokoista kiveä, ei vaan saada riittävästi edes pienen tehtaan prosessiin. Myös uusien lupien saaminen on nykypäivänä haastavaa.

Ongelmia voi myös ottopaikkakohtaisesti aiheuttaa kiviaineksen erilaiset fyysiset ominaisuudet, kuten voimakas säteily etenkin rannikkoalueilla, alkali-reaktioherkkyys, humus/liete, puuaines/juurijäämät ja irtokivet.

5.2 Yleisimmät ongelmat kiviainestoimittajan kanssa

Yleisimmät ongelmat kiviaineksen toimittajan kanssa liittyvät usein sovittujen toimintatapojen noudattamiseen. Tavoitehinta on usein liian korkea, ja kaikki osapuolet haluavat tehdä kannattavaa liiketoimintaa. Uusien toimittajien jalostusprosessin tuntemattomuus johtaa virheisiin, erityisesti betonisoran sekä karkean kiviaineksen kanssa, sillä näiden valmistus on aivan erilaista kuin tavallisen seulotun soran valmistus. Toimitukset täytyy tehdä jaksottaisesti tehtaan kiviainessiilojen rajallisen koon takia, ja tarvittavia asiakirjoja tulisi olla sovitusti saatavissa.

Ongelmia voi ilmetä toistuvasti myös toimitetun tavaran laadussa. Haasteena on pysyä sovituissa ihannekäyryissä kiviaineksen valmistuksen yhteydessä ilman vippaskonsteja. Esimerkkinä vaikka 0,125 läpäisyn nostamista kalliokiviaineella, joka tuo mukanaan kivipölyä, mikä ei toimi fillerin kaltaisesti. Myös kiviaineksen sisältämät epäpuhtaudet, kuten ylisuuret yksittäiset kivet, voivat olla toistuva vaiva.

Talvella kameista, eli jäätyneistä kiviainespaakuista, aiheutuvat vaikeudet ovat yleisiä, mikä johtuu hiljaisten tehtaiden hitaasta kiviaineksen kierrosta ja siitä aiheutuvasta jatkuvasta jäätyneen penkan avaamisesta. Tällöin toimittajan olisi tärkeää huolehtia siitä, että toimitettu materiaali olisi sulaa eikä sisältäisi kameja. Myös talven jälkeen tapahtuvaa lajittumista eli hienoaineksen kasaantumista yksittäisiin kuormiin on havaittu. Tämä ongelma toimittajan olisi mahdollista korjata pitämällä riittävän suuria varastokasoja volyyymiin nähden ja käyttämällä aina erillistä myyntikasaa, jossa olisi sekoitettua kiviainesta.

5.3 Hyväksi havaitut keinot näiden ongelmien korjaamiseksi

Paras tapa ongelmien korjaamiseen ja tulevien ehkäisemiseksi on tiivis yhteistyö ja avoin keskustelu osapuolten välillä. Betonin toimittajan eli kiviaineksen tilaajan on hyvä olla mukana kiviaineshankintaprosessissa alusta alkaen. Ennen kiviainestuotannon aloitusta on hyvä käydä yhteiset tavoitteet läpi ja antaa tarvittaessa koulutusta, jotta tuottaja osaa tehdä hyvää tavaraa ja tietää sen merkityksen. Kaikki puutteet tulee välittömästi reklamoida toimittajalle, jotta he ovat tietoisia niistä ja samalla tulisi ohjeistaa, miten tulevaisuudessa pitää toimia. Osaamista on tärkeä lisätä heikoksi havaituille alueille huolellisen työn lisäksi. Kaikkien ongelmien korjaaminen ei ole kustannuskysymys.

Vaikka kiviainestoimittaja toimittakin CE-merkittyä kiviainesta, tulee toimittuseriä seuloa myös itsenäisesti, jotta tiedetään, mitä käytetään. Kiviaineserän valmistuksen aloituksen yhteydessä tulee seulontanäytteitä käydä hakemassa omatoimisesti ja tutkia sen valmistusta samalla, vaikka kiviainestoimittaja ja kolmas osapuoli huolehtisikin laadunvarmistuksesta kiviaineksen valmistuksen aikana. Tällöin päästään kärylle mahdollisista mittauspoikkeamista ja osataan huomioida ne seulontaraporteista. Hyvä laadun tarkkailu tulisi olla jatkuvaa eikä vain valmistuksen aloituksen aikaista.

Raaka-aineista kiviaines on valmisbetonin teossa tärkein komponentti sementin lisäksi, kenties jopa tärkeämpikin, sillä myös sementin tarve määräytyy täysin käytettävästä kiviaineesta. Tällä itse tehdyllä laadunvalvonnalla on suuri merkitys jalostuksen alkaessa, ja silloin tilaajan on hyvä olla paikan päällä.

5.4 Hyvän betonikiviaineksen ominaisuuksia

Lähtökohtaisesti kiviaineksen on oltava soveltuvaa betonin valmistukseen, ja tämä varmistetaan, ennen kuin toimittaja varsinaisesti rupeaa betonikiviaineksiä tuottamaan. Ongelmat tulevat yleensä esiin rakeisuuskäyrässä. Jos rakeisuuskäyrä poikkeaa paljon tavoitellusta, ongelmia on mm. betonimassan koossapysyvyyden ja pumppauksen kanssa. Siinä tapahtuvat muutokset ja puutteet havaitaan yleensä jo betonin valmistusvaiheessa. Muotoarvo karkeilla lajikkeilla vaikuttaa pumpattavuuteen ja tiivistymiseen.

Tuotteella tulee olla hyvä rakeisuuskäyrä, ja jos murskattua kiviainesta käytetään, niin ominaisuuksista kenties tärkein on muoto. Karkeasti jaoteltuna alle 10 kivi (litteysluku) on hyvää ja alle 12 kivellä vielä pärjää. Mikäli litteysluku on tuota suurempi, ei kiviaines sovellu betonin valmistamiseen, sillä sen pumpattavuus ja lujuus kärsii liikaa. Lujuuden näkökulmasta ajateltuna murskatulla kiviaineella saadaan parempaa lujuutta kuin seulotulla, mikäli vain litteysluku saadaan pysymään hyvänä. Luonnon pyöreä kiviaines on työstettävyyden ja pumppauksen kannalta parempaa kuin murskattu kiviaines.

Kiviaineksen rakeisuus vaikuttaa merkittävästi betonin koostumukseen ja työstettävyyteen. Myös kiviaineksen vedenimeytyminen vaikuttaa betonin koostumukseen ja työstettävyyteen, tämä tosin selvitetään aina etukäteen, mutta kiviaineksen kosteutta olisi hyvä seurata päivittäin.

5.5 Kiviainestoimittajan valinta

Kokemukset kiviainestoimittajan kanssa ovat olleet pääsääntöisesti positiivisia. Toimittajat pyrkivät yleensä toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla, kunhan heillä on tieto, mitä betonikiviaines ja sen toimittaminen vaatii. Kokeneiden ja pitkäaikaisten toimittajien kanssa on luonnollisesti helppo toimia, ja he tietävät lähtökohdan toimivalle palvelulle. Kokemus on tälläkin alalla tärkeä ja arvokas asia, jota mieluusti toimittajalta saisi löytyä. Uudempien toimittajien kanssa haasteita voi tulla nimenomaan halutun rakeisuuden kanssa sekä kiviainesten oikeaoppisen varastoinnin ymmärtämisessä.

Hyvä olisi myös varmistaa, että toimittajan toimintaa tarkastaa myös ulkopuolinen taho, jolloin voidaan varmistua, että laatudokumenttien kanssa ei tule ongelmia. Pientä taikka mieluummin keskisuurta kiviainestoimittajaa pidetään monesti parempana yhteistyökumppanina kuin suuria pörssiyhtiöitä. Henkilöstö ja omistusporras on motivoituneempaa tekemisessään ja panostavat asiakastytyväisyyteen enemmän, joka suuremmissa pörssiyhtiöissä voi muodostua ongelmaksi. Isoissa yrityksissä esimerkiksi varastojen optimointi vieään valitettavan usein niin pitkälle, että kausivaihtelu näkyy liian herkästi myös omassa betonin tuotannossa. Uuden kiviaineksen olisi hyvä "asettua" mieluusti vähintään 1–2 kk ennen käyttöön ottamista.

Haastattelussa merkityksellisiä asioita ja mahdollisia valintakriteerejä toimittajan valintaan tuli paljon. Päällimmäisenä esiin tuli toimittajan tuotantopaikkojen sijainti ja laatu. Tuotantopaikat eli montut tulisi sijaita kohtuullisen ajomatkan päässä, ja sieltä saatava kiviaines ja sen tuotantoprosessi tulisi olla sertifioitua ja laadultaan hyvää. Myös ottoalueiden koko ja lupien pituus ovat huomion arvoisia asioita sekä toimijan vakavaraisuus ja yleinen kokemus betonikiviaineksesta. Valinnassa on huomioitava aikaisemmat kokemukset toimittajasta, ammattitaito, pitkäjänteinen yhteistyö ja palvelukyky kriisitilanteissa. Hinta täytyy olla kilpailukykyinen suhteessa tarjottavaan.

5.6 Kiviaineksen vaihdon mukanaan tuomat haasteet

Betonikiviaineksen vaihtaminen tuo mukanaan useita haasteita, jotka vaativat huolellista suunnittelua ja laadunvalvontaa. Alkuvaiheessa vanhojen reseptien muokkaaminen on työlästä, koska betonin yhdistettyä kiviaineskäyrää täytyy hakea, kun saadaan selville uuden kiviaineksen vaikutukset betonin koostumukseen. Etenkin uuden toimittajan kanssa saattaa esiintyä vaihtelua kiviaineksen rakeisuudessa, mikä aiheuttaa erinäisiä ongelmia betonilaatukohtaisesti. Puutteista tulee reklamoida välittömästi ja pyrkiä yhdessä selvittämään, miksi laatu ei ole ollut luvattua. Joskus on myös mahdollista, että ajaudutaan tilanteeseen, joissa todetaan, että ottopaikalla ei vain ole saatavilla hyvää betonisoraa, ja joudutaan keksimään uusia suunnitelmia.

Tärkeää on myös oikea-aikainen laadunvalvonta, jolloin seulontaa täytyy tehdä koko ajan, kun kiviainesta valmistetaan. Näiden tulosten jakaminen täytyy tapahtua koko ketjulle aina niiden valmistuessa. Kun kiviainestoimittaja ja/tai ottopaikka vaihtuu kokonaan, tulisi uutta tuotantoerää testata ennen käyttöönottoa, sillä pelkällä paperitiedolla ei voida varmistaa uuden kiviaineksen sopivuutta. Tämä on merkityksellisempää etenkin 0/8-jakeissa. Karkeissa jakeissa (8/16 ja 16/32) vaihto on helpompaa, eikä välttämättä vaadi ennakkokokeita tehtaalla. Tämä edellyttää, että käyttöön tulevasta kiviaineksesta on riittävät tiedot ja sen ominaisuudet on varmistettu etukäteen. Uuden kiviaineksen vaihto edellyttää huomioimaan sen mahdolliset vaikutukset betonin koostumukseen ja tarvittavien ennakkokokeiden päivittämisen.

Kiviaineksen vaihdon aikana laatuosaston osaaminen on avainasemassa, vaatimukset sekä käyrät tulee olla kaikkien tiedossa. Labratestejä tulee tehdä paljon ennen vaihtoa, ja suunnittelussa on otettava huomioon kiviaineksen jalostusprosessin laatu sekä varastokasojen riittävän iso koko. On tärkeää minimoida riskit suunnitelmallisesti ja varmistaa vaihdon sujuvuus tapahtuvan mahdollisimman kitkattomasti, eikä tässä tule ottaa riskiä ottamalla uutta kiviainesta käyttöön ilman testejä. Useimmiten vaihto ei aiheuta mahdottomia murheita, jos sitä on suunniteltu huolellisesti.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä lisää tietoa kiviaineksesta ja etenkin kiviaineksen vaihdossa huomioitavia asioita. Työn tarkoituksena oli tuottaa tilaajalle helppolukuinen lyhyt ohje tärkeimpien asioiden huomioimiseksi ennen kiviaineksen vaihtoa, mikä auttaisi yleisimpien ongelmien välttämiseen.

Työn lopputuloksena syntynyt ohje on suurimmilta osin tiivistelmä tähän työhön kerätystä tiedosta. Siinä kerrotaan tärkeimmät betonikiviaineksen vaatimukset, kuten vaadittavat tuotestandardit sekä muita käytännön kokemukseen pohjautuvia havaintoja hyvän betonikiviaineksen ominaisuuksista. Myös ottopaikalta ja tavarantoimittajalta vaadittavia asioita on listattu sisältäen niin pakollisia kuin myös hyväksi havaittuja positiivisia asioita. Kiviaineksen vaihdosta on käsitelty niin sitä edellyttävät kuin siitä seuraavat toimenpiteet, joita sen ta-

kia täytyy tehdä. Yleisimmät sudenkuopat on tuotu esiin kiviaineksen ja/tai toimittajan vaihdosta ja millä toimilla niiltä voidaan välttyä. Ohjeen perimmäisenä tarkoituksena on antaa parempi mahdollisuus onnistuneeseen muutokseen, kun tietoa on nyt kerätty helposti sisäistettävään muotoon.

Opinnäytetyön tekeminen ei aivan sujunut suunnitellun aikataulun mukaisesti, mutta toivottuja tuloksia saatiin aikaan. Opinnäytetyön avulla ja etenkin tiivistetyn ohjeen tuella työn tilaaja saa hyvää ja helposti saatavilla olevaa kerättyä tietoa kiviaineksen toimittajalta vaadittavista asioista, sekä myös yleisimmistä ongelmista ja niiden ratkaisukeinoista.

Käytössä oli kaksi tutkimusmenetelmää, joista ensimmäinen oli alan kirjallisuuden ja artikkeleiden tarkastelua, joiden avulla koko teoriaosuus valmistui. Haastattelut toimivat toisena tutkimusmenetelmänä, ja ne toteutettiin puolistrukturoidulla haastattelumenetelmällä organisaation sisäisesti. Kyselyyn tulevat kysymykset käytiin yhdessä läpi tilaajan kanssa ja muokattiin tarvittavilta osin tarkoituksenmukaisemmiksi. Laadukkaita vastauksia kyselyyn tuli hyvä määrä, ja vastauksissa toistui samanlaiset asiat, jotka kertovat kyselyyn saatujen vastausten olevan luotettavia. Kyselyn avulla saatiin selville, mitkä ovat olleet toistuvia tai tavanomaisimpia ongelmia niin kiviaineksen kun sen toimittajan kanssa, myös ratkaisuja näihin ongelmiin sekä hyvän kiviaineksen ominaisuuksia löytyi.

Tässä opinnäytetyössä tehtyjen tutkimusten avulla voidaan todeta, että niin kiviaineksen kuin sen toimittajan valinnan kanssa tulee olla tarkkana. Asioita, joihin tulee kiinnittää huomiota, on paljon, ja merkityksellisimpiä ovat asiat, jotka aluksi vaikuttavat itsestään selvyyksiltä, kuten onnistuneeseen lopputulokseen vievä reitti on pääsääntöisesti avoin keskustelu molempien osapuolten välillä. Yhteistyön ja laadun seuranta on oltava jatkuvaa, ja poikkeamien oikea syy tulisi aina löytää.

LÄHTEET

AFRY. s.a. Luonnonkiviainesten ja sitä korvaavien uusiomateriaalien käyttö ja tarve-ennuste. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://etelapohjanmaanely.wordpress.com/tag/luonnonkiviaines/> [viitattu 12.1.2024].

Betoni. s.a. Betonin valmistus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://betoni.com/tietoabetonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/> [Viitattu 26.3.2024].

Betonin valmistus. s.a. Suomen betoniyhdistys ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus.html> [Viitattu 20.1.2024].

By 201 Betonitekniikan oppikirja. Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. Helsinki: BY-Koulutus Oy

By 43 Betonin kiviainekset. Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. Helsinki: BY-Koulutus Oy

By 74 Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi. Suomen Betoniyhdistys ry. 2022. Helsinki: BY-Koulutus Oy

By 64 Betoninormit. Suomen Betoniyhdistys ry. 2021. Helsinki: BY-Koulutus Oy

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. s.a. Luonnonkiviaines. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.obotnia.fi/assets/Sidor/1/206/Raportti_final.pdf [Viitattu 20.1.2024].

Geologian tutkimuskeskus. 2019. Kalliokiviaines. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.geologia.fi/2019/12/18/kalliokiviaines/> [Viitattu 15.1.2024].

Hakapää, A. & Lappalainen, P. 2011. Kaivos- ja louhintatekniikka. Opetushallitus.

Kaikki perustuu kiviainekseen. 2011. Infra ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.infrary.fi/files/2382_KiviainesEsite08InfraNetpieni.pdf. Hakupäivä 13.2.2024.

Kaiva. s.a. Kivilajit ja malmien synty. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://kaiva.fi/geologia/kivilajit-ja-malmien-synty/kivilajien-jaottelu-ja-syntyvat/> [Viitattu 22.1.2024].

Leponiemi, T. 2017. Mitä ihmettä? Sorakuoppa rauhoitettiin Hausjärvellä luonnonsuojelualueeksi. Yleisradio 12.10.2017. Verkkolehti. Päivitetty 12.10.2021. Saatavissa: <https://libguides.xamk.fi/c.php?g=675570&p=4809738> [Viitattu 3.2.2024].

Maa-aineslaki 24.7.1981/555.

SFS-EN 12620 + A1. 2008. Betonikiviainekset.

SFS Suomen standardit ry. s.a. Silkkaa betonia. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sfs.fi/silkkaa-betonia/> [Viitattu 20.1.2024].

Suomen betonitieto. s.a. Betonin valmistus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.betonitieto.fi/oppiminen/opetuksen-tukimateriaali/betonin-valmistus.html> [Viitattu 20.1.2024].

Suomen ympäristökeskus. s.a. Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/ser-ver/api/core/bitstreams/be2823e3-5aa6-434c-8224-12cc176f81ab/content> [Viitattu 17.2.2024].

Swerock. s.a. Soramurske. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://swerock.fi/kiviaines/murskeet-ja-sepelit/soramurske/?gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZI0E05mlv-REq7HwCtJ4zxSQwmYP9AmmSk1ANS6FqpT1SBygXF3Du-7KR0C3h0QAvD_BwE [Viitattu 2.4.2024].

Toivonen M. 2010. Kiviainestuotannon pölypäästöt. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2015. Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2851374/Kiviaines-+ja+luonnonkiviteollisuuden+kehitysn%C3%A4kym%C3%A4t+2015.pdf/7134fc82-5f2d-4a0e-8621-141ea1fb5045/Kiviaines-+ja+luonnonkiviteollisuuden+kehitysn%C3%A4kym%C3%A4t+2015.pdf> [Viitattu 20.1.2024].

Valmisbetoni s.a. Suomen betoniyhdistys ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/valmisbetoni.html> [Viitattu 20.1.2024].

Ympäristöhallinto. s.a. Luonnonvarojen ja raaka-aineiden käyttö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/kestava-kierto-ja-biotalous/luonnonvarojen-ja-raaka-aineiden-kaytto> [Viitattu 19.2.2024].

1. Mitkä ovat yleisimpiä ongelmia kiviaineksen kanssa?
2. Mitkä ovat yleisimpiä ongelmia kiviaineksen toimittajan kanssa?
3. Millä keinolla näitä ongelmia on saatu korjattua?
4. Minkälaisien ominaisuuksien on havaittu tekevän kiviaineksesta hyvää betonin valmistukseen?
Mitkä ovat niitä hyviä käytännön kokemuksia, joita nämä asiat/ominaisuudet ovat tuoneet mukanaan?
Jos tulee mieleen huonoja asioita niin niistäkin voi tähän kertoa.
5. Millaisia kokemuksia teillä on ollut yhteistyöstä kiviaineksen toimittajien kanssa? Mitä kriteereitä voisi käyttää toimittajan valinnassa?
6. Minkälaisia haasteita kiviaineksen vaihdossa on ilmennyt? Jos on ollut tapauksia, joissa laatu ei ole vastannut odotuksia, niin kuinka silloin on ollut hyvä toimia?