

Tapani Majava

Laadunvalvonnan kehittäminen kiviainesjalostamisessa



Insinööri AMK

Konetekniikka

Kevät 2025



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Majava Tapani

Työn nimi: Laadunvalvonnan kehittäminen kiviainesjalostamisessa

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: laadunhallinta, laadunvalvonta, kiviainesjalostus, seulonta

Opinnäytetyö toteutettiin Kettumäki Oy:lle, ja aiheena oli laadunvalvonnan kehittäminen yrityksen kiviainesjalostamisessa. Yritys tuottaa kiviainesjalostamisella luonnonsoramateriaalista laadukkaita lopputuotteita asiakas tarpeiden mukaisesti. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kiviainesjalostamisen tuotannon yhteydessä tehtävää yrityksen sisäistä laadunvarmistamista. Lähtökohtaisesti toimeksianto yrityksessä hoidettiin laadunvalvontaan liittyviä asioita erittäin motivoituneesti ja toiminta oli sertifioitu.

Laadunvalvonnan kehittämisessä hyödynnettiin aiheeseen liittyviä standardeja, kirjallisuutta sekä muuta soveltuvaa aineistoa, jotka loivat pohjan opinnäytetyön johtopäätöksille. Opinnäytetyön tietopohjaisessa osuudessa esiteltiin yleisesti kiviainesjalostamista, laadunhallintaa ja laadunvalvontaa, minkä tarkoituksena oli huomioida laadunvarmistuksesta saatava hyöty laajemmin. Toimeksiantaja oli alusta alkaen kiinnostunut ehdotuksesta laadunvarmennukseen soveltuvasta menetelmästä, mikä mahdollistaisi tuotteille sisäisen laaduntarkkailun. Tämän perusteella lähdettiin toteuttamaan laadunvarmistukseen soveltuvaa työkalua.

Laadunvalvonnan kehittämisen tuloksena tehtiin yrityksen käyttöön kiviainesjalostamisesta saatavien tuotteiden laadunvarmistukseen soveltuva Excel-työkalu. Jalostetuille tuotteille suoritetaan Excel-työkalun avulla rakeisuuden määrittäminen. Rakeisuuden määrittämisellä selvitetään tutkittavana olevan kiviaineen näytteen raekokojakauma. Lisäksi kehitettiin yrityksen tuotantotehtäviin soveltuva turvallisuutta huomioiva havainnointilomake, jonka avulla seurataan ja ylläpidetään turvallisuustasoa tuotantolaitoksella. Turvallisuus havainnoinnilla on tärkeä merkitys työturvallisuuden ennakoinnissa. Tällä tavoin työmaalla työskentelevät henkilöt tunnistavat työskentelyyn liittyviä riskitekijöitä ja kehittävät turvallisempia työmenetelmiä. Laadunhallintajärjestelmää koskien opinnäytetyössä tehtiin ehdotus, jossa sisäiseen auditointiin lisättäisiin kuvaukset laadunvarmistuksesta ja henkilöstön perehdyttämisestä laadunvarmistamisen suorittamiseen.

Opinnäytetyön toiminnallisena osuutena tehtiin standardin mukaisesti Excel-työkalu, millä saavutettiin toimeksiantajalle riittävän luotettava menetelmä kiviainestenjalostamisen yhteydessä tehtävään laadunvarmistamiseen. Työkalun avulla toimeksiantajalla on mahdollista varmentaa sisäisillä tarkastuksilla jalostettavien tuotteiden rakeisuus. Laadunvarmistaminen tukee asiakkaille tehtävien tuotteiden laatua ja nopeuttaa halutun laatutason saavuttamista.

Abstract

Author: Majava Tapani

Title of the Publication: Developing Quality Assurance in Aggregate Processing

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: quality management, quality assurance, aggregate processing, screening analysis

This thesis was commissioned by Kettumaki Oy, the subject was the development of quality control in aggregate processing. The aim of the thesis was to develop internal quality assurance in the production of aggregate processing. From the beginning the commissioning party was motivated in handling quality assurance issues and was certified.

Standards, literature and other relevant materials were utilized in the development of quality control. The theoretical part of the thesis provided a general introduction to aggregate processing, quality management and quality control. The client was interested in a proposal for a method of quality assurance that would allow internal quality control of products.

As a result of the thesis an Excel tool suitable for the client for quality assurance of products from aggregate processing was designed. The Excel tool determines the granularity of the processed products. The grain size distribution of the investigated aggregate sample is determined in the process. In addition, a safety observation form was developed for the production task to monitor and maintain the safety level at the production site. Safety observation is central anticipating safety at work. Employees on the site learn to identify risk factors and develop safer working methods. With regard to the quality management system, results propose to include in the internal audit a quality assurance description and the personnel training in the quality assurance performance.

As a functional part of the thesis, an Excel tool was developed in accordance with the standard, offering the client a reliable method for quality assurance in aggregate processing. The enables the granularity verification of the processed products by conducting internal audits. Quality assurance ensures product quality for customers and enhances the attainment of desired quality standards.

Alkusanat

Haikkeissa tunnelmissa, antoisien tutkinnon osien, tietokoneen ääressä vietettyjen tuntien ja monien keskustelujen jälkeen, saan tämän mahdollisuuden lausua kiitokset opintoja tukeneille henkilöille. Haluan kiittää erittäin mielenkiintoisesta toimeksiannosta Kettumäki Oy:n, toimitusjohtaja Mika Keskitaloa sekä yrityksen henkilökuntaa avoimesta ja myötämielisestä suhtautumisesta opinnäytetyötäni kohtaan. Kiitokset Veli Pyhtilälle erittäin asiantuntevasta ja aidosta kiinnostuneisuudesta ohjatessaan työtäni, monet antoisat keskustelut on käyty ruokailun merkeissä. Kiitokset Kajaanin ammattikorkeakoulun lehtori Sami Räsäselle opinnäytetyöprosessin ohjauksesta sekä myös kaikille Kajaanin ammattikorkeakoulun opettajille antamastanne laadukkaasta opetuksesta ja erityisesti kaivannaistekniikan opettajalle Seppo Leskiselle. Kiitokset Taivalkosken OSAO:lle saamastani mahdollisuudesta suorittaa siellä opintoihin kuuluva harjoittelu sekä muita projektitöitä. Kiitokset myös projektitöihin osallistuneille henkilöille ja lopuksi muttei vähäisimpänä haluan kiittää perhettä tuesta ja kärsivällisyydestä koko opintojen aikana, tämä on ollut mielenkiintoinen, antoisa ja opettavainen matka kohti valmistumista. Monet asiat ovat mahdollistuneet, teidän tukenne avulla.

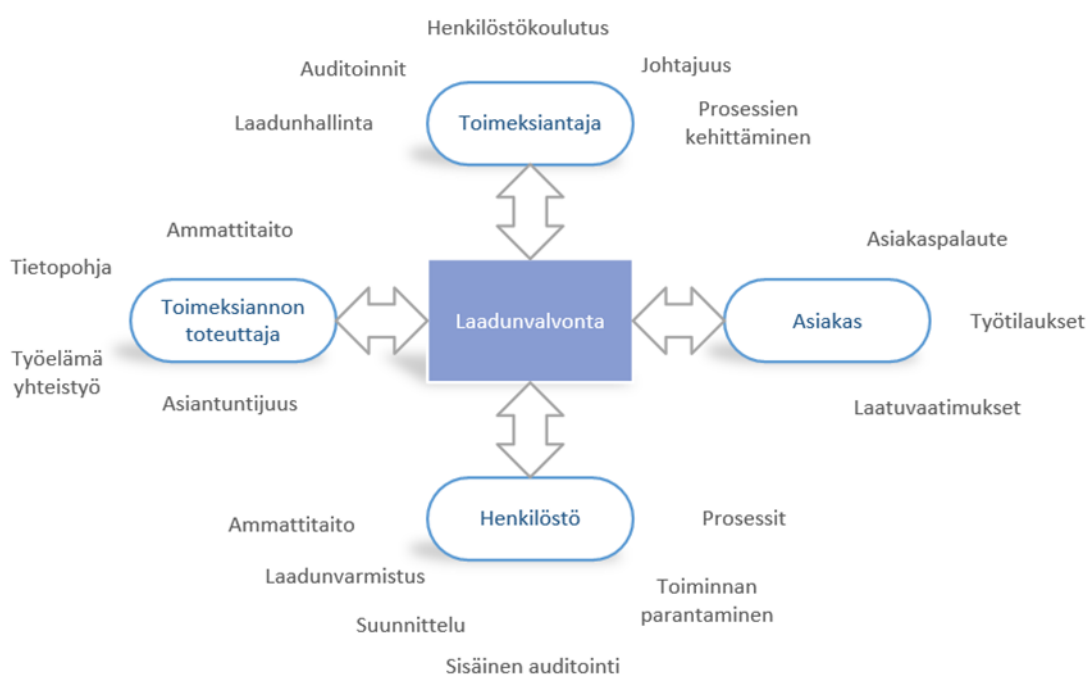
Lämpimät kiitokset kaikille!

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kiviainesjalostus ja maa-aineksien hyödyntäminen	3
2.1	Työmaaympäristö.....	7
2.2	Koulutus kiviainesten jalostamisessa	8
2.3	Mekaaniset prosessit.....	9
3	Laadunhallinta	15
3.1	Kokonaisvaltainen laadunhallinta – TQM – Total Quality Management	17
3.2	Johtaminen.....	18
3.3	Sisäinen auditointi.....	21
3.4	Standardit.....	23
4	Laadunvalvonta	26
4.1	Turvallisuuden huomioiminen	28
4.2	Laadunvarmistus	29
4.2.1	Rakeisuuden määrittäminen – seulontamenetelmällä.....	31
4.2.2	Rakeisuuden määrittäminen – vaihtoehtoisella menetelmällä.....	36
4.2.3	Teoriatarkastelu – seulontamenetelmässä.....	38
4.2.4	Teoriatarkastelu – vaihtoehtoisessa seulontamenetelmässä	39
5	Kettumäki Oy.....	42
5.1	Kehitysehdotus.....	43
5.2	Laadunvarmistamisen työkalu	45
6	Yhteenvedo ja pohdinta	49
	Lähteet.....	52
	Liitteet	

1 Johdanto

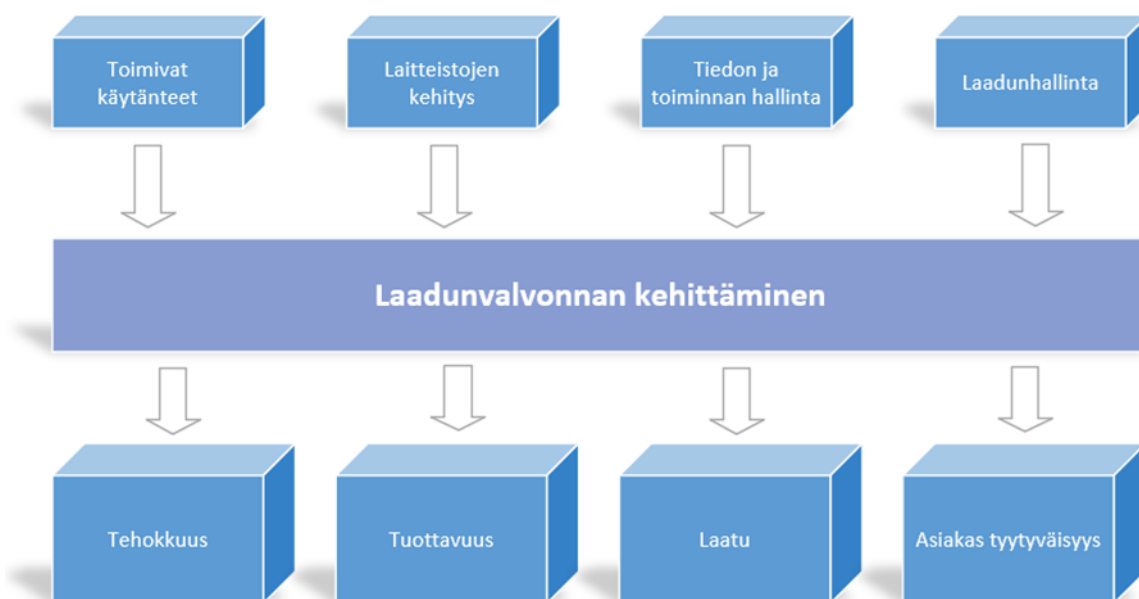
Toiminnallisen opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Kettumäki Oy ja työn aiheena on laadunvalvonnan kehittäminen kiviainesjalostamisessa. Toimeksiantaja jalostaa luonnonkivimateriaalista tuotteita omalle markkinasegmentilleen. Työn tavoitteena on kehittää kiviainesjalostamisen yhteydessä tehtävää laadunvalvontaa ja tuottaa yrityksen sisäiseen laadunvarmistukseen soveltuva työkalu. Laadunvalvontaa (kuva 1) lähestytään eri näkökulmista, ottaen huomioon toimeksiantajan, henkilöstön, asiakkaat ja toimeksiannon toteuttajan.



Kuva 1. Laadunvalvontaan liittyviä näkökulmia ja niiden kautta vaikuttavia herätteitä.

Toteutuksessa lähdetään kehittämään laadunvalvontaa (kuva 2) operatiivisen toiminnan kanssa yhteneväiseksi kokonaisuudeksi, tavoitteena parantaa toiminnallista tehokkuutta sekä toimintaan vaikuttavien tekijöiden kautta taloudellista kannattavuutta. Opinnäytetyön vaikutukset toivotaan näkyvän muun muassa työn sujuvuudessa ja työturvallisuudessa sekä laadulliset vaikutukset halutaan tulevan esille kiviainesjalostamisessa, josta vaikutukset tulevat muun muassa taloudellisista kustannussäästöistä. Laadunvalvonnan kehittämisessä tarvitaan kiviainesjalostusprosessin sekä laitteiston ja kiviainesmateriaalin ominaisuuksien tuntemusta, jotka ovat keskeisiä tekijöitä toimivien käytänteiden sekä laadun-, tiedon- ja toiminnanhallinnan kanssa. Monipuolinen

tietoperustan hyödyntäminen laadunvalvonnan kehittämässä tukee ja auttaa saavuttamaan asetetut tavoitteet.



Kuva 2. Toiminnan vaikutukset laadunvalvonnan kehittämässä [mukaillen 1, s.367–368].

Opinnäytetyössä perehdytään yleisesti maa-ainesten hyödyntämiseen kiviainesjalostamisessa sekä laadunhallinnan ja laadunvalvonnan menetelmiin, kiviainesjalostamisessa käytettäviin teknologioihin sekä kiviainesjalostamisessa syntyvien tuotteiden rakeisuuden määrittämiseen. Laadunvalvontaa käsitellään rakeisuuden määrittämisellä seulontamenetelmän avulla ja tuotetaan työkalu laadunvarmistamisen tueksi, mikä mahdollistaa tuotteen rakeisuuden testaamisen työmaaympäristössä. Kiviainesnäytteiden ottaminen ja niiden analysoiminen ovat toiminnan kannalta olennaisia toimenpiteitä, jotka varmistavat tuotteen laadun ja sitä kautta vaikuttavat asiakastytyväisyyteen. Opinnäytetyö on rajattu koskemaan toimeksiantajan omaa kiviainesjalostamista ja toteuttamalla soveltuva työkalu laadunvarmistukseen.

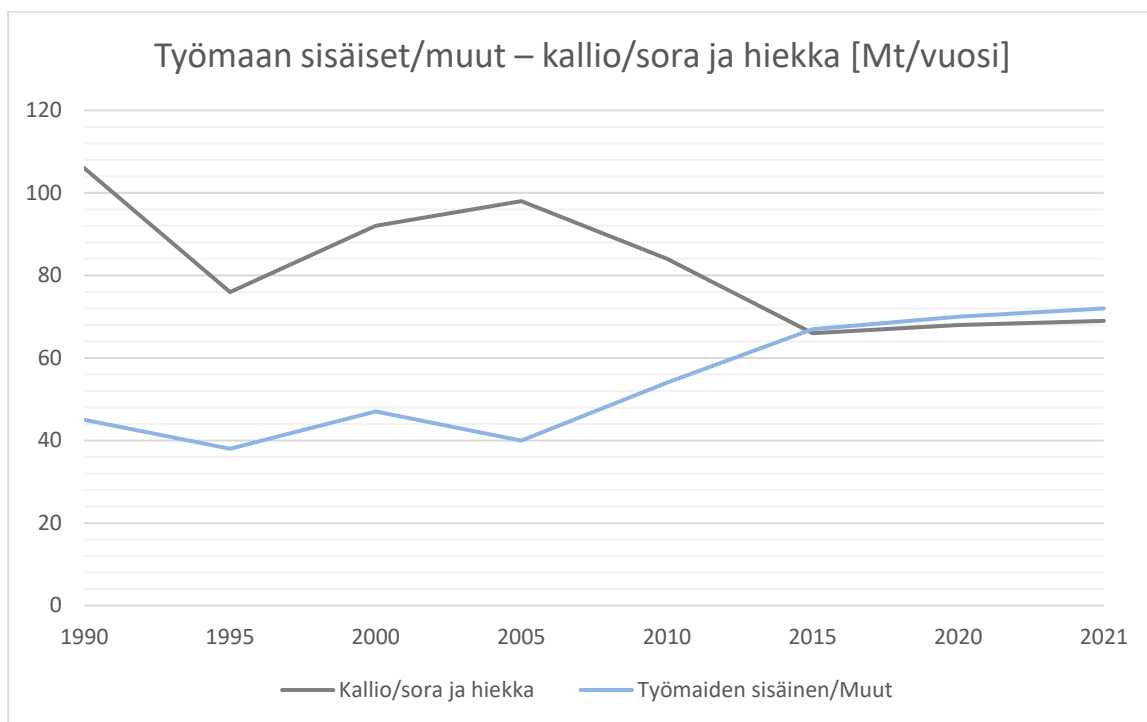
Opinnäytetyönprosessiin sisältyy huolellinen työmaaympäristöön tutustuminen, työmaakerrokset, havainnointit ja tiedon kerääminen toiminnasta yrityksen henkilöstöltä, jotta saadaan tietoperusta toimeksiannon kannalta hyödyttäväksi kokonaisuudeksi.

2 Kiviainesjalostus ja maa-aineksien hyödyntäminen

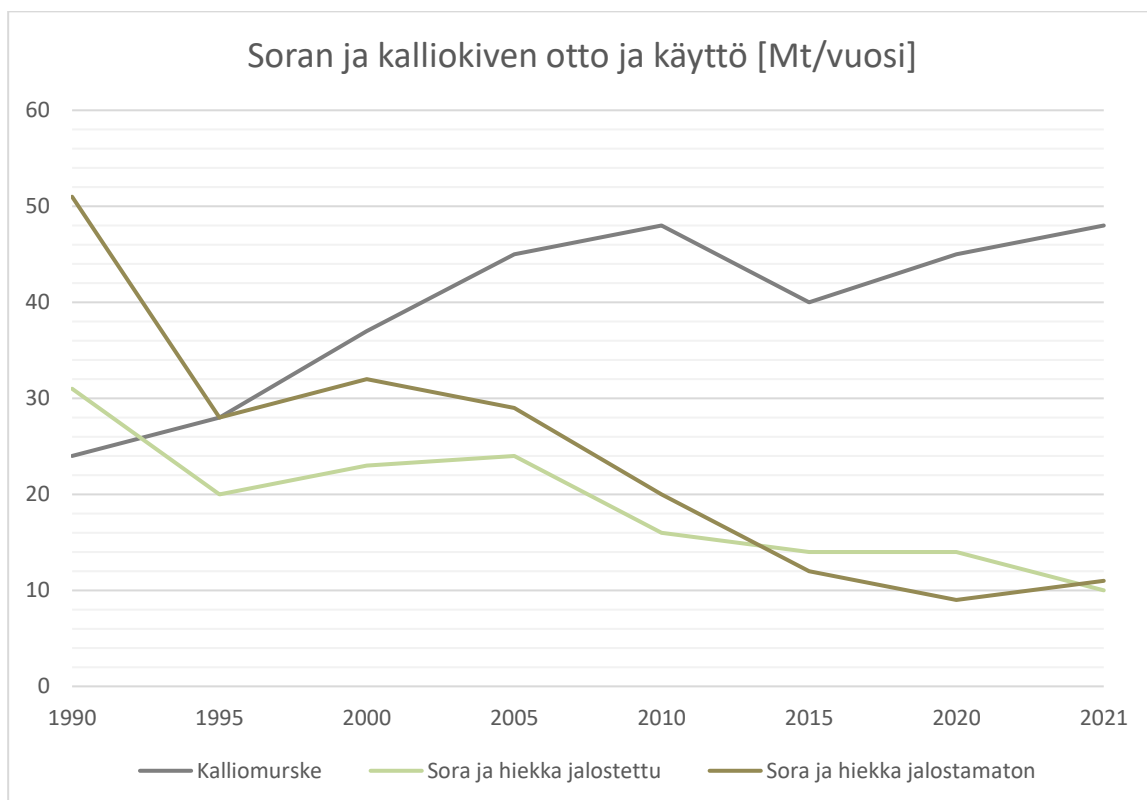
Kiviainesjalostaminen voidaan todeta olevan joukko hyvin monipuolisia menetelmiä: useasti puhkielessä kuullaan sanottavan murskauksesta, jauhatuksesta, hienonnuksesta tai seulonnasta. Kaikki nämä termit liittyvät olennaisesti kiviainesjalostamiseen. Luonnon-, keino- tai uusiokiviaines ovat yleisesti kiviaineksina käytettäviä materiaaleja, joihin luokitellaan muun muassa hiekka, sora, kalliomurske, kuona tai kierrätyskiviaines. Kiviaines määritellään rakeiseksi materiaaliksi, joka soveltuu käytettäväksi rakennusmateriaalina. [2.]

Suomessa käytetään tällä hetkellä vuosittain kiviaineksia maa- ja kallioperästä yhteensä noin 72–84 Mt, lisäksi tie- ja rakentamistyömailta saatavia maa- ja kiviaineksia käytetään yhteensä 48–56 Mt vuodessa. Tarkasteltaessa maa- ja kallioperästä käytettävien kiviaineksien käyttömääriä, (kuva 3) uudelleen hyödynnettävien maa- ja kiviaineksien määrä on kasvussa, ollen vuonna 2021 noin puolet käytetyistä materiaaleista. Huomioitavaa on, että vuosien 2010–2015 aikana, kun uudelleen hyödynnettävien materiaalien käyttö on lähtenyt kasvamaan, niin kalliokiven käyttö on tehnyt notkahduksen. Kuten myös jalostamattoman soran ja hiekan käyttö on vähentynyt nopeammin, kun puolestaan jalostetun soran ja hiekan käyttö ei poikkea niin merkittävästi käyttömäärän suhteen samalla ajanjaksolla. Jalostamattomien soran ja hiekan käytön korvaaminen täytemailla, työmailta saatavilla maa-aineksilla, voi olla vaikutusta käyttömäärien muutoksiin. Kiviaineksia korvaavia keino-, jäte- ja uusiomateriaalien käyttö on vielä tällä hetkellä vähäistä, mutta tulevaisuudessa niiden käyttäminen lisääntyy. [3.]

Maa-aineksien käyttömäärät (kuva 4) olivat selvitysten mukaan vuonna 2021 kalliomurskeella 48 Mt, jalostetulla soralla ja hiekalla 10 Mt, jalostamattomilla soralla ja hiekalla 11 Mt ja työmailta poistettavilla maa- ja kiviaineksilla 72 Mt. Tarvittaessa laadukasta maa-aines materiaalia, luonnonSORAN ehtyessä, kalliomurskeen käyttö on selvitysten perusteella nousussa. [4.]



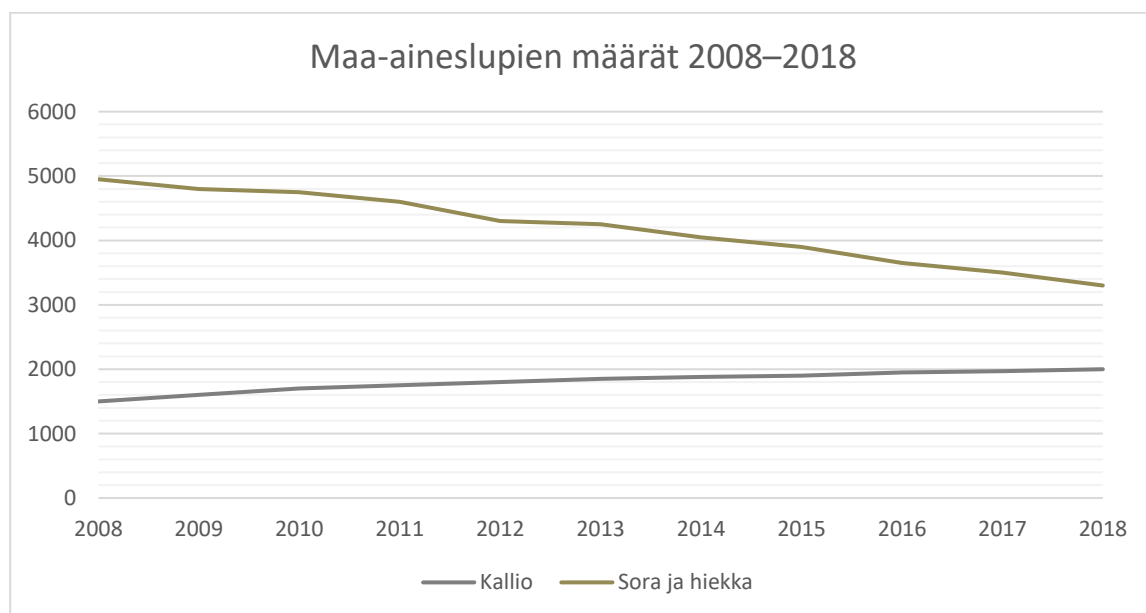
Kuva 3. Maa- ja kallioperästä käytettävien kiviaineksien käyttömäärät vuosina 1990–2021 [4].



Kuva 4. Soran, hiekan ja kalliokiven otto- ja käyttömäärät vuosina 1990–2021 [4].

Maa-aineksien ottaminen kiviainestuotantoon tarvitsee ennen aloittamista lupajärjestelyiden hoitamista. Lupa-asioiden hoitamiseen on käytettävissä asiantuntijapalveluita, jotka ovat perehtyneet tätä koskeviin lakeihin ja asetuksiin. Luvan myöntämiselle ei ole estettä, kun ottamiseen liittyvä toiminta ei ole ristiriidassa ympäristörajoitusten kanssa. Maa-aineslupan lisäksi tarvitaan ympäristölupa, mikäli toimintaan liittyy kivenmurskaamista tai louhintaa. Lupamenettelyjen keskeisimpiä lainsäädäntöjä ovat maa-aineslaki, ympäristösuojelulaki, vesilaki, luonnonsuojelulaki sekä maankäyttö- ja rakennuslaki. Lupaa ei tarvitse, mikäli maa-ainesten ottaminen tulee omaan tavanomaiseen kotitarvekäyttöön. Kotitarvekäyttöön otettaessa maa-ainesmäärän ylittäessä 500 m³ vuodessa on kuitenkin tehtävä ilmoitus valvontaviranomaiselle. [5; 6.]

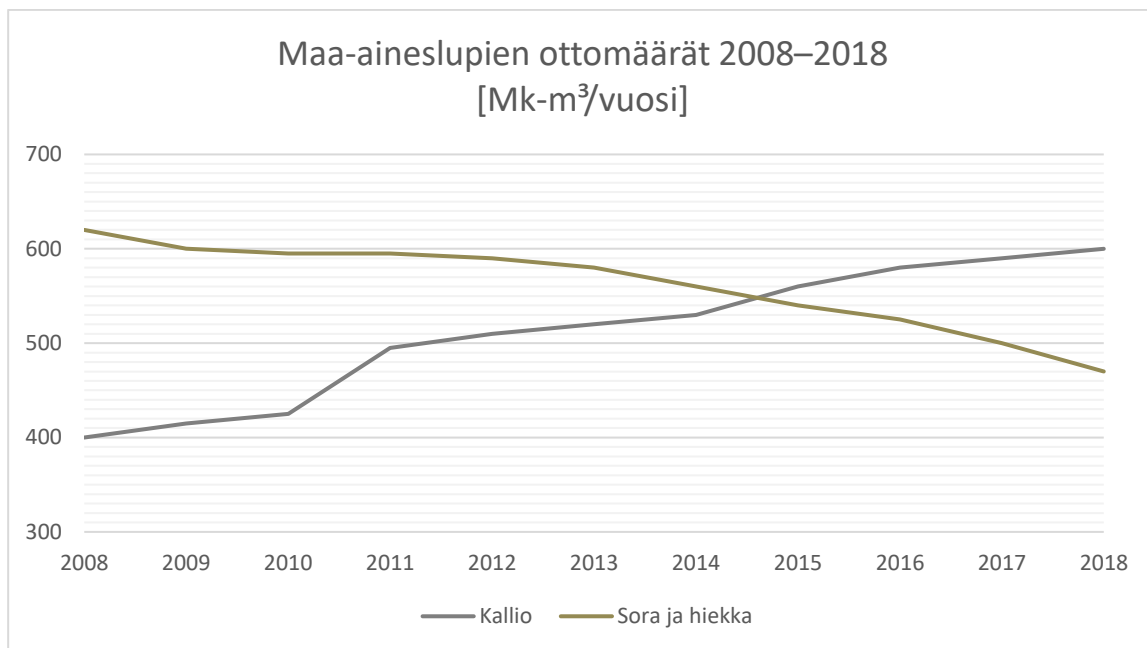
Ympäristöministeriön vuonna 2023 julkaisemasta raportista ilmenee, että soranottoa koskevien maa-aineslupien määrä Suomessa on laskenut vuosien 2008–2018 tarkastelujaksolla (kuva 5). Luvat ovat vähentyneet 1600 kappaletta, ja ovat tarkastelujakson lopussa 3300 kappaletta. Vastavalla ajan jaksolla kalliomurskeen ottoluvat ovat nousseet 500 kappaletta, ja ovat tarkastelujakson lopussa 2000 kappaletta. [7.]



Kuva 5. Ympäristöministeriön julkaisemat maa-aineslupien määrät 2008–2018 [7].

Suomessa maa-aineksien ottomäärä (kuva 6) on kuitenkin kalliomurskeella noin 120 miljoonaa kiintokuutiometriä (Mk-m³) suurempi, verrattuna soranottomäärään, vaikka ottolupia on 1300 kappaletta vähemmän. Maa-aineksien vuosittaisia ottamisalueita on yhteensä keskimäärin 2500–3000 kappaletta, vaikka lupien kokonaismäärä on yhteensä noin 5300 kpl. Alueellisten ottoalueiden väheneminen vaikuttaa materiaalin kuljetusmatkoihin, koska asutuskeskusten läheisyydessä

olevat varannot ovat vähentyneet ja on keskitytty pitempien matkojen päässä oleviin kohteisiin [7].

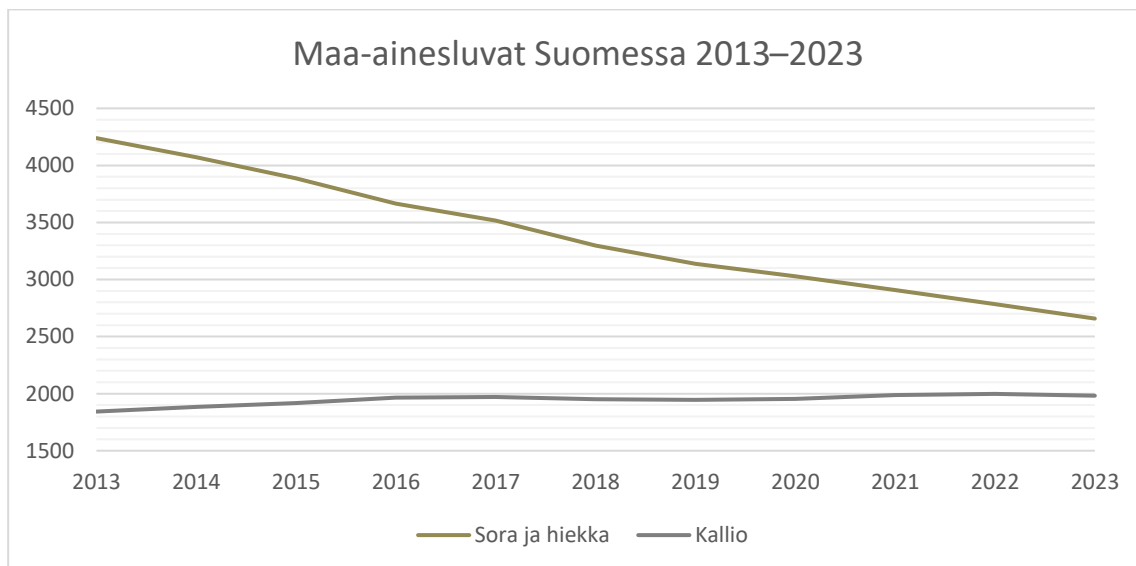


Kuva 6. Ympäristöministeriön julkaisemat maa-aineslupien ottomäärät vuosina 2008–2018 [7].

Maa-aineslupien ja kiviainesvarantojen tarkasteluun on myös olemassa Suomen ympäristökeskuksen karttapalvelu, josta pääsee tarkastelemaan olemassa olevia lupia ja kiviainesvarantoja halutuilla hakuehdoilla. Palvelunkattavuus paikkatietojen osalta on noin 95 prosenttia. Toimeksianton sijaintiin perustuen (taulukko 1) on havainnoitu kallio- ja soraottolupien määriä ja lupien mahdollistama otto sekä otettu määrä. Suomen ympäristökeskuksen karttapalvelussa esitetyt tiedot koko Suomen maa-ainesottolupien määrästä vuosilta 2013–2023 (kuva 7) osoittavat yhteneväisyyttä ympäristöministeriön vuosina 2008–2018 julkaisemiin lukuihin. [8.]

Taulukko 1. Kallio- ja soraottoluvat vuonna 2023 Pudasjärvellä [8].

<i>Lupa</i>	<i>Yhteensä</i>	<i>Mahd. otto K-m³</i>	<i>Käytössä</i>	<i>Otettu määrä K-m³</i>
Soraluvat	38	3268000	12	118046
Kalliolut	12	1035000	7	39656



Kuva 7. Suomen ympäristökeskuksen julkaisemat maa-aineslupien määrät vuosina 2013–2023 [8].

2.1 Työmaaympäristö

Kiviaineksien käsittelyssä on tärkeää huomioida ympäristövaikutukset, ja suunnitelmallisella toiminnalla vähennetään syntyviä melu-, pöly- ja värinähaittoja. Toiminnan aikaisten laitteiden sijoittelulla, valmistettavien materiaalivarastokasojen sijoittelulla, työskentelyalueen kastelulla ja laitteiston suojauksella on ennaltaehkäiseviä vaikutuksia työskentely ympäristöön. Nämä maa-ainesottoalueiden toiminta-aikaisten ja jälkihoidollisten toimenpiteiden suorittaminen lupamääräysten mukaisesti tukee kestävästä luonnon monimuotoisuutta. Kestävällä kiviaineksien käytöllä varmennetaan niiden saatavuus, käyttökohteiden pitkäikäisyys ja vaikutetaan päästöjen sekä ympäristöhaittojen vähenemiseen. [3; 9.]

Maa-ainesten ottamiseen on määritelty soran ja kallion ottamisalueille yleiset suojaetäisyydet (taulukko 2) häiriintyviin kohteisiin. Suojaetäisyyksiin vaikuttavat käytänteet, joita voidaan arvioida tapauskohtaisesti. [7.]

Taulukko 2. Suojaetäisyydet soran- ja kallion ottoalueilla [7].

<i>Suojaetäisyydet (m)</i>	<i>Tie</i>	<i>Talo/asutus</i>	<i>Vesistö</i>	<i>Naapurikiinteistö</i>
Sora-alue	50	100	100	10
Kallioalue	100	300	100	30

Raaka-aineen ottamista aloittaessa maa-ainesottoalueen puusto raivataan ja pintamaat poistetaan riittävän syvältä, jotta raaka-aineeseen ei pääse epäpuhtauksia. Pintamaat kuljetetaan ennalta suunniteltuun paikkaan ja ne ovat sieltä hyödynnettävissä jälkihoidon suorittamisessa. Jälkihoidolla tarkoitetaan tässä yhteydessä maa-ainesottoalueella tehtäviä maisemointitöitä. Pintamaiden sijoittelulla voidaan vaikuttaa toiminnan aikaisien ympäristövaikutuksien syntymiseen. Pintamaiden poiston jälkeen määritellyltä ottoalueelta tuotetaan kiviainesta kelpollisesta raaka-aineesta, ja työn päätyttyä alue siistitään. Tuotannosta tuleva materiaali varastoidaan läjitysalueelle odottamaan kuljetusta käyttökohteeseen. [7; 10.]

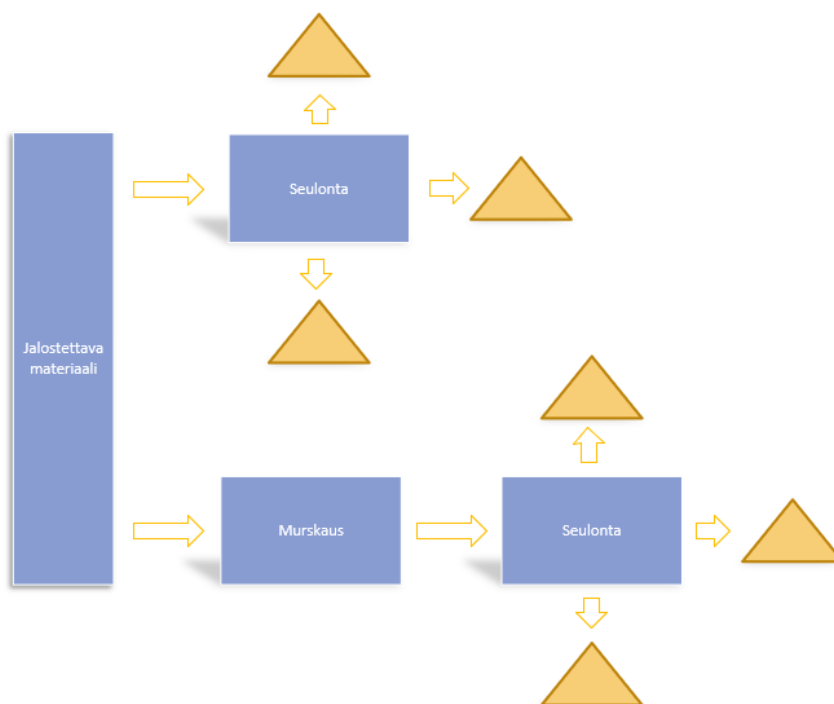
2.2 Koulutus kiviainesten jalostamisessa

Kivialle tarvitaan ammattitaitoista osaamista, kuten muuallakin ikääntyminen sekä houkuttelevuus vähentää työvoimaa ja hankaloittaa työvoiman saamisessa. Houkuttelevuutta voitaisiin lisätä korostamalla alan erityisosaamista ja tekemällä alueellista yhteistyötä alan yrityksiin ja opilaitosten kanssa. Räätelöidyt koulutuskokonaisuudet toimijoiden tarpeisiin sekä lyhytkoulutukset lisäävät myös osaamista merkittävästi, sillä joustavat koulutustavat ja mahdollisuudet sulautuvat nykypäivän tarpeisiin. Yhteistyön tuomat synergiset edut ovat hyödyllisiä yrityksiin ja koulutusta järjestävien tahojen välillä.

Ammatillista koulutusta alalle järjestetään perus-, ammatti- ja erikoisammattitutkinnoissa soveltavasti, muun muassa rakennus- ja kaivosalan tutkinnot sisältävät aiheeseen liittyviä opintoja. Opinnoista saadaan perus- ja erityisosaamista työkoneiden käyttöön ja kunnossapitoon, kiviainestuotantoon, työmaalla toimimiseen sekä murskaus- ja seulontalaitteiden käyttöön ja kunnossapitoon. Ammattikorkeakouluissa aihetta käsitellään tutkintoon sisältyvissä opintokokonaisuuksissa, esimerkiksi rakennus- ja konetekniikan opinnot sisältävät läheisiä kiviainestuotantoon liittyviä opintoja. Korkeakoulu- ja yliopisto-osaamista tarvitaan alalla, kun hyödynnetään kivimateriaalia monipuolisesti rakentamisessa. Tarvitaan arkkitehtejä, suunnittelijoita, insinöörejä, geologeja ja muita alan osaajia markkinoiden kasvattamiseen ja tekniikoiden kehittämiseen. Tutkimustoimintaa kohdentamalla mahdollistettaisiin muun muassa tuotteiden käyttöön liittyvää kehittämistä ja olemassa olevien materiaalien jalostusastetta pystyttäisiin lisäämään. [11.]

2.3 Mekaaniset prosessit

Kiviainesjalostaminen luokitellaan mekaaniseksi prosessiksi, jossa aineen laatu ei muutu. Mekaanisiin prosesseihin kuuluu myös muita menetelmiä, kuten hienonnus, rakeistus, kiintoaineiden lajittelu ja -erotus, sekoitus, leijutus sekä mineraalien rikastus. Kiviainesjalostamisen suorittaminen tarvitsee prosessien yhdistämistä haluttujen tuotteiden valmistusta varten, ja yhdistelemällä saadaan haluttuja tuotantoprosesseja. Prosessien yhdistelyllä saavutetaan oikeanlainen ratkaisu, jossa hyödynnetään laitteiden realistinen suorituskyky sekä saadaan halutut lopputuotteet ja tuotantotavoitteet. Yksinkertaisimmillaan prosessikaavio (kuva 8) mekaanisesta prosessista on sellainen, jossa jalostettava materiaali kulkee joko seulonnan kautta halutuiksi jakeiksi tai murskauksen kautta kulkeva materiaali jatkaa seuraavassa vaiheessa seulottavaksi. Laitteiden valinnassa on hyvä huomioida suorituskyvyn ohella myös muita ominaisuuksia, kuten helppoa käytettävyyttä, toiminnasta syntyviä kustannuksia sekä toiminnan joustavuutta. Laitteiden kapasiteetit on myös yksi tärkeistä valintaan liittyvistä kriteereistä, joka tulee sovittaa yhteen muiden laitteiden kanssa ja olla yhtenevä organisaation tarpeiden kanssa. Käytännön kokemus laitteistojen käytöstä ja huollosta sekä jalostettavan materiaalin tuntemus auttaa valitsemaan oikeanlaisen ratkaisun, ja se on silloin myös tietopohjaisten näkemysten tukena. Pelkästään teoreettisiin laskelmiin perustuvat laitevalinnat eivät ole perusteltuja kaikissa käytännön tilanteissa. [12, s. 10–14; 13, s. 16, 47.]



Kuva 8. Yksinkertaistetut prosessikaaviot mekaanisesta kivenjalostusprosessista.

Harvoissa tilanteissa luonnonkivimateriaali sopii suoraan hyödynnettäväksi käytettäviin kohteisiin. Kiviaineksia joudutaan jollakin tavalla jalostamaan soveltuvammaksi materiaaliksi. Toimeksiannon kannalta oleellinen prosessi on seulonta. Hienonnus on osa mekaanista prosessia, jolla tässä yhteydessä tarkoitetaan murskausta ja kiintoaineiden lajittelua, johon seulonta olennaisesti liittyy [12, s. 16]. Kiviainejalostamisen prosessiin kuuluu tärkeänä osana myös materiaalin siirtämiseen ja syöttämiseen tarkoitettut kuljettimet ja laitteet sekä valmiin materiaalin varastointiin liittyvät laitteet. Ulkoisia laitteita on materiaalin syöttämisessä ja varastoinnissa ja valmiiden tuotteiden kuljetuksissa asiakkaille.

Hienonnus

Hienonnusta suoritettaessa murskaamalla, menetelmät voidaan luokitella kahteen erilaiseen pääryhmään, jotka ovat puristus- ja iskumurskaus. Yleisimmin puristusta hyödyntävässä menetelmässä käytetään leuka-, kara-, tai kartiomurskainta (kuvat 9 ja 10) ja iskua hyödynnetään vasara- ja iskupalkkimurskaimissa (kuva 11). Puristusta hyödyntävässä tekniikassa materiaali murskautuu puristuen kahden kulutuspinnan välissä, ja iskua hyödyntävässä tekniikassa materiaali murskautuu pyörivän liikkeen aiheuttaman iskun avulla. [12, s. 16; 13, s. 44; 14, s. 218.]

Murskautumista voidaan tehostaa yhdistelemällä näitä erityyppisiä menetelmiä. Hienonnuksen suorittaminen vaiheittain on yksi mahdollinen toteutustapa, eli hyödynnetään laitteille ominaisia hienonnussuhteita monipuolisesti. Hienonnussuhteella (kaava 1) määritetään syötetyn raekoon pientymissuhdetta. Vaiheittain tehty pienentäminen voidaan suorittaa esimerkiksi ensimmäinen vaihe leukamurskaimella ja toinen vaihe kartiomurskaimella, jolloin saavutetaan hienonnussuhteeksi 1:6 jopa 1:12. Murskautumisen suorituskykyyn vaikuttaa se valinta, tehdäänkö tuotteita tuotannossa avoimen tai suljetun piirin menetelmällä. Lisäksi suorituskykyyn tulee myös muita vaikuttavia tekijöitä tuotannon muista laitteistoista, kuten kuljettimien ja seulojen kohdalla, tehdyt valinnat vaikuttavat kokonaistuotantokykyyn. Pohtiessa laitevalintoja kannattaa huomioida olemassa oleva tuotantokyky, jotta välttyttäisiin tuotantoa rajoittavilta tekijöiltä. [12, s. 16–18; 13, s. 49–54.]

Hienonnussuhde saadaan laskettua kaavalla [12, s. 17].

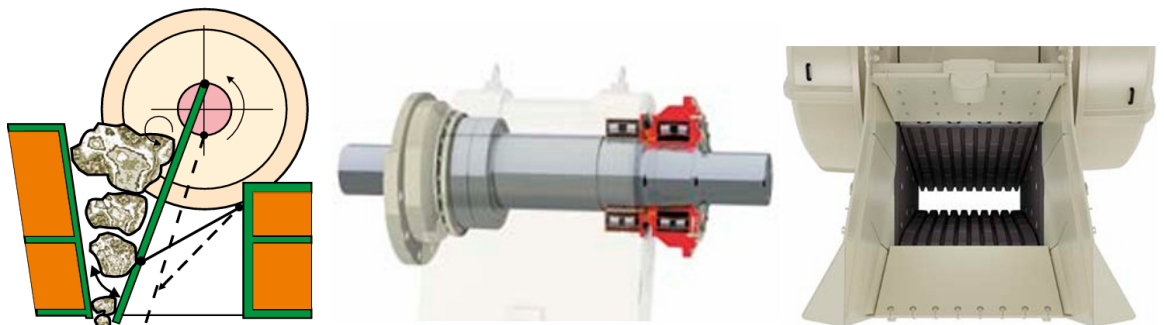
$$\text{Hienonnussuhde} = \frac{d_1}{d_2} \quad (1)$$

missä d_1 on suurin raekoko ennen hienonnusta ja d_2 on suurin raekoko hienonnuksen jälkeen.

Leukamurskain

Leukamurskainta (kuva 9) käytetään yleisesti esimurskauksessa, jonka toiminta perustuu materiaalin murskautumiseen kiinteän ja liikkuvan kulutusterän puristavaan liikkeeseen. Puristusliike syntyy liikkuvan elementin kiinnittymisestä epäkeskeisesti murskaimen yläosassa olevaan akseliin ja alaosassa olevan työnninlaatan yhteisliikkeestä. Kiinnitysmekanismin takia liikerata on liikkuvan elementin yläosassa ympyränmuotoinen ja alaosassa liikerata muuttuu enemmän ellipsin muotoiseksi. Tuotettavan materiaalin raekokoon voidaan vaikuttaa liikkuvan elementin asetusta muuttamalla, jolloin säädetään kiinteän ja liikkuvan elementin alaosassa olevaa etäisyyttä toisistaan. [12, s. 19–20; 13, s. 44–47; 14, s. 221.]

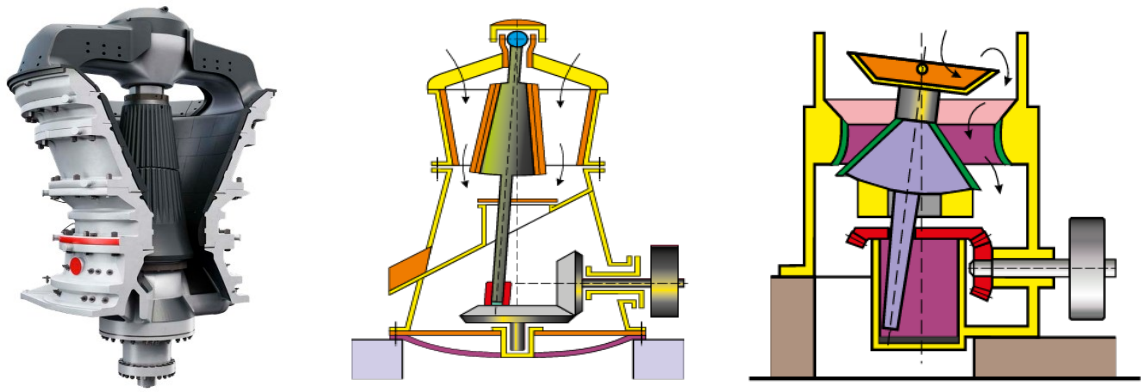
Leukamurskaimen kulutusterät ovat yleisesti hammastettu pituussuuntaisesti ja murskaimella tuotetaan pääasiassa materiaalia seuraavaa tuotantovaihetta varten. Leukamurskaimet ovat suosittuja luotettavuuden ja kestävyuden vuoksi, mutta käyttöä esimurskaimena rajoittaa tuotantokapasiteetin määrä. Erittäin suuren kapasiteetin tarve vaikuttaa käytettävän laitteiston valintaan. Leukamurskaimien etuna on mahdollisuus suurempaan raekokoon syöttömateriaalissa. [12, s. 19–20; 13, s. 44–47; 14, s. 221.]



Kuva 9. Toimintaperiaatekuvat leukamurskaimesta [13, s. 44, 57].

Kara- ja kartiomurskain

Kara- ja kartiomurskaimen (kuva 10) toiminta perustuu pystysuunnassa olevan pääakselin epäkeskeiseen pyörivään liikkeeseen. Murskaimissa materiaali ohjataan murskauskammioon, jossa pyörivällä epäkeskeisellä liikkeellä saadaan liikkuva sisäkartio puristamaan materiaalia ulompana olevaa kiinteätä elementtiä vasten. Puristumisen ohella hienontumiseen vaikuttaa materiaalin keskinäinen murskautumisvaikutus murskauskammiossa. Tämä menetelmä vähentää kulutusosien kulumista. [12, s. 20–21; 13, s. 45; 14, s. 221–223.]

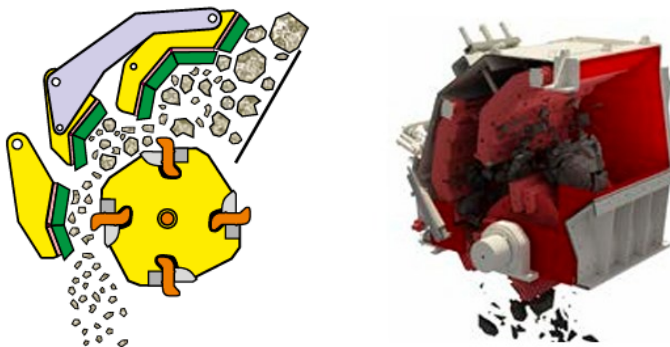


Kuva 10. Toimintaperiaatekuvat kara- ja kartiomurskaimista [13, s. 45, 62].

Kara- ja kartiomurskaimien välillä on eroavaisuuksia muun muassa asetuksen säädössä, murskuskammion profiilissa ja muissa teknisissä ratkaisuissa. Mallin mukaan asetusta säädetään joko ulommaista elementtiä kiertämällä tai sisäkartiota liikuttamalla pääakselin suuntaisesti. Karamurskaimessa on pääakselin yläpuolinen laakerointi, ja kartiomurskaimessa pääakseli on laakeroitu pelkästään tukikartion alapuolelta. Murskainkammion muodoilla, kuten korkeudella ja elementtien kulmalla, voidaan vaikuttaa murskattavana olevan materiaalin kokoon ja hienonnuksessa tapahtuvaan murskaussuhteeseen. [12, s. 20–21; 13, s. 45, 64, 68–71; 14, s. 221–223.]

Vasara- ja iskupalkkimurskain

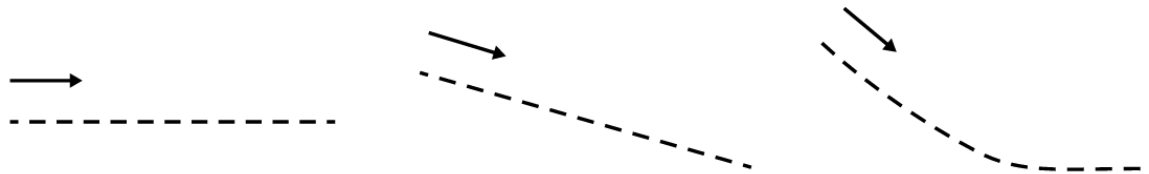
Vasara- ja iskupalkkimurskaimissa (kuva 11) hyödynnetään liike-energiaa. Materiaali murskautuu pyörivässä liikkeessä oleviin vasaroihin tai palkkeihin ja edelleen sinkoutuessaan kammion sisällä oleviin kulutuslevyihin sekä materiaalin törmätessään toisiaan vasten. Vasara- ja iskupalkkimurskaimien pääasialliset käyttökohteet ovat pehmeiden tai hauraiden materiaalien murskauksessa, mikä johtuu kovien materiaalien aiheuttaman suuren kulumisen vuoksi. [12, s. 22; 13, s. 46, 74–75; 14, s. 223–224.]



Kuva 11. Toimintaperiaatekuvat iskupalkkimurskaimista [13, s. 46].

Seulonta

Seulonnalla tarkoitetaan materiaalin lajittelua mekaanisesti halutuille rakeisuusalueille, tavoitteena saada alamittaiset raekoot putoamaan seulasojen lävitse. Lajikkeiden määrään sekä saatavaan kapasiteetin suuruuteen pystytään vaikuttamaan seulan valinnalla. Seulojen perustyyppit (kuva 12) ovat vaaka, kalteva ja kaareva ja yleisesti käytössä on yksi-, kaksi-, kolme- tai neljätasoisia seulayksiköitä. Seulasoina käytetään teräslankaverkkoja tai kumitettuja teräsverkkoja. Verkkojen reikämuodot voivat olla joko neliön tai suorakaiteen muotoiset. Reikäkoko valitaan halutun raekoon mukaan, tapauskohtaisesti noin 10–20 % suuremmaksi kuin maksimiraekoon halutaan olevan. Jotta mahdollistetaan halutun tuotteen maksimiraekokoon läpäisy, valitaan reikäkoko vähintään 2 mm suuremmaksi. [12, s. 37; 13, s. 86, 88.]



Kuva 12. Seulasojen perusmuodot ovat vaaka, kalteva ja kaareva [13, s. 86].

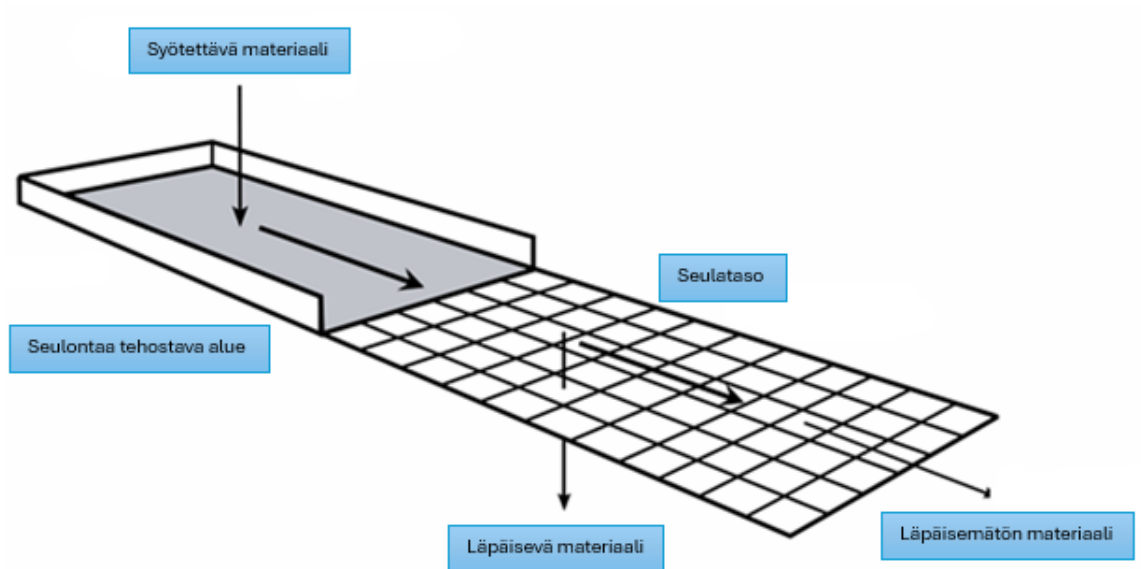
Seulomiseen tulokseen vaikuttavat materiaalista johtuvat tekijät, jotka yleisimmin ovat kosteus, rakeiden muoto ja rakeiden jakauma. Seulontaan vaikuttavia muita tekijöitä ovat seulasojen koko sekä materiaalin ja värähtelyn nopeus. Syötemateriaalin ylisuurimäärä seulasolla aiheuttaa liiallista kerrostumista ja heikentää näin ollen seulomistehokkuutta. Vastaavasti vähäinen määrä materiaalia nostaa hienoaineksisen seulonnan tehokkuutta. Tämä toimintatapa ei ole taloudellisesti kannattavaa. Seulonnantehokkuuden tasapainon selvittäminen halutun raekokojakautuksen mukaiseksi vaatii mittauksia ja laadunvarmistuksen suorittamista. [13, s. 86–94.]

Seulonnan tehokkuutta on mahdollista määrittellä laskemalla prosenttiluku, josta selviää seulasoon läpäisemä materiaalimäärä suhteessa materiaalin raekokojakautukseen ja seulasoon aukkokokoon verratessa. Seulonnan tehokkuus lasketaan kaavalla [12, s. 37].

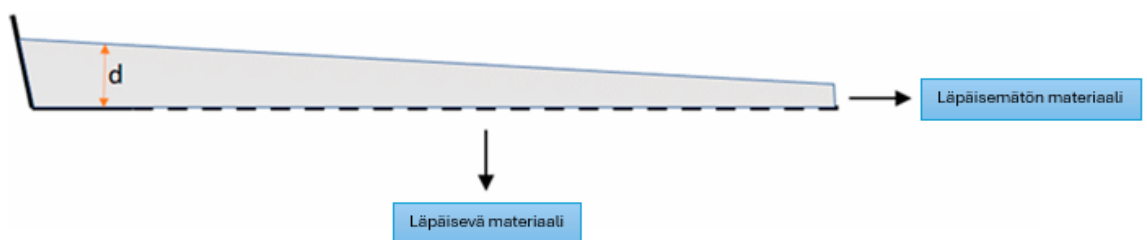
$$\text{Seulonnan tehokkuus} = \frac{100p}{fs} \quad (2)$$

missä p on seulasoon läpäisseen materiaalin massa, f on prosenttiluku ja s on syötettävän materiaalin massa. Prosenttiluku f saadaan selvitettyä koeseulonnalla, jotta tiedetään, kuinka paljon materiaalissa on seulasojen aukkojen kokoa pienempää materiaalia.

Seulontaa voidaan tehostaa (kuva 13) materiaalin esilevittymisellä ja kerrostumisilmiön synnyttämisellä jo ennen kuin materiaali kohtaa seulaverkkojen pinnat. Materiaalikerroksen (kuva 14) ihanteellinen paksuus seulatason alussa on noin 5–7 -kertainen verrattuna seulaverkkojen aukkokokoon. Kerrostumisella tarkoitetaan seulapinnalla olevaa materiaalikerrosta, joka seulan värähdellessä jakautuu pienempien jakeiden mennessä suurempien jakeiden väleihin täyttäen suurten jakeiden välisen tilan, jolloin hienompi materiaali pääsee läpäisemään seulaverkon. [13, s. 86–94.]



Kuva 13. Seulonnan kerrostumisen tehostaminen ennen seulaverkkoja [mukaillen 13, s. 86].



Kuva 14. Materiaalin paksuus (d), ennen seulaverkkojen alkamista [mukaillen 13, s. 91].

3 Laadunhallinta

Laadunhallinnalla tarkoitetaan johtamisperiaatteita, joilla pyritään jatkuvaan toiminnan parantamiseen asiakastyytyväisyyden ja henkilöstön osallistumisen avulla. Silloin saavuttamaan organisaatiolle ja sidosryhmille mahdollisimman paljon hyötyjä. Laadunhallinnan tuominen opinnäytetyön kokonaisuuteen helpottaa hahmottamaan, millaisesta kokonaisuudesta on kysymys, kun suoritetaan konkreettisesti laadunvalvontaa ja millainen merkitys laadunhallinnalla on organisaatioiden toimintaan. Kappaleen tietopohjassa selvitetään laadunhallintaan sovellettavia johtamistapoja ja niiden käyttömahdollisuuksia.

Laadunhallinnan voidaan ajatella olevan johtamisen toimenpiteitä. Lyhyesti kiteytettynä se on toiminnan suunnittelua, toteutusta, arviointia ja toiminnan parantamista. Toiminnan ylläpitäminen ja sen kehittäminen tarvitsee toimintaympäristöön soveltuvia menetelmiä. Oikeilla menetelmillä pystytään vastaamaan asiakastarpeisiin sekä luomaan edellytykset kilpailukykyiseen ja kannattavaan liiketoimintaan. Asiakastarpeiden tiedostaminen ja ymmärtäminen auttaa toiminnan ohjaamisessa asiakaskeskeisyyteen. Tyytyväiset asiakkaat ja työntekijät tuottavat kannattavampaa ja tehokkaampaa liiketoimintaa sekä vähentävät liiketoimintaan kohdistuvia riskejä. Laatuajattelua tukevia toimintamalleja (taulukko 3) on käytettävissä hyvin monenlaisia ja moneen käyttötarkoitukseen. (2, s. 358–372; 15, s. 377–383, 389.)

Taulukko 3. Esimerkkejä johtamista tukevista toimintamalleista [mukaillen 2, s. 369].

<i>Toimintamalli</i>	<i>Kuvaus</i>
ISO 9001	Kansainvälinen standardi, asettaa vaatimukset laatujärjestelmälle, mahdollisuus sertifiointiin
ISO 14001	Kansainvälinen standardi, ympäristöasioiden kokonaisvaltainen ja tavoitteellinen hallinta, määrittää resurssit, prosessit ja menetelmät, mahdollisuus sertifiointiin
ISO 45001	Kansainvälinen standardi, määrittää työterveys- ja työturvallisuusjohtamisen vähimmäisvaatimukset, mahdollisuus sertifiointiin
ISO 27001	Kansainvälinen standardi, asettaa vaatimukset tietoturvallisuuden luomiseen, toteuttamiseen, ylläpitämiseen ja parantamiseen, mahdollisuus sertifiointiin
TQM (Total Quality Management)	Perustuu toimintafilosofiaan ja johtamisperiaatteeseen sekä kokonaisvaltaiseen laatuajatteluun
Six Sigma	Laadunkehitysohjelma, pyritään sitouttamaan henkilöstö sekä tehostamaan laadunkehitystyötä, jatke TQM:lle
Lean johtaminen	Pyrkii tuotantoprosessin tehokkuuteen, tavoitteena asiakaslähttäisyys ja hyvä laatu mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla, tukee henkilöstön tiedon ja taidon arvostamista ja osallistumista kehittämiseen

Toimintamalleista on kehitetty monipuolisia ja hyvinkin filosofisia eli ”ajattelumallin ajattelu” on keskeistä. Toimintamalleissa esitetään yleisesti perusteet ja vaatimukset, joiden avulla voidaan määrittää ja arvioida toimintaa. Kun tiedostetaan oman toiminnan nykytila ja tavoitteet, niiden avulla voidaan määrittää omiin tarpeisiin soveltuvat työkalut ja menetelmät.

Laatuajattelun toimintamallit auttavat parantamaan suorituskykyä ja toimii kehityksen perustana sekä osana johtamisen järjestelmää. Tunnetuin kansainvälinen laatustandardi on ISO 9000 -sarja, jotka koostuvat toimintaa ohjaavista kehyksistä. Kansainvälisien standardien ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 ja ISO 27001 avulla on mahdollista rakentaa kokonaisvaltainen toimintajärjestelmä. Yrityksien toimintaan soveltuva toimintajärjestelmä rakentuu usein edellisistä standardeista, kun lähtötilanne ja tavoitteet on kartoitettu vastaamaan tarpeita. Rakentuminen alkaa yleisesti ISO 9001 -standardista ja ISO 14001 - sekä ISO 45001 -standardeja otetaan käyttöön vaiheittain tavoitteiden mukaisesti. Hyödyntämällä laatuajattelua monipuolisesti voidaan osoittaa asiakkaille laadunhallinnan oikeellisuus sekä voidaan hakea toiminnalle sertifikaatit. [15, s. 383–384; 16; 17.]

Yrityksien alkaessa hyödyntämään ISO 9001 -standardia, noudatetaan standardin asettamia vaatimuksia, jotka vaikuttavat muun muassa toimintaympäristön ymmärtämiseen, johtamiseen, toiminnan suunnitteluun ja parantamiseen sekä suorituskyvyn arviointiin. Ennen kuin ryhdytään hankkimaan riittävää osaamista ja rakentamaan toimintajärjestelmää, tulee selvittää toimintaan vaikuttavat lait, vaatimukset ja muut velvoitteet. Standardista saatavia hyötyjä tulee esille esimerkiksi silloin, kun halutaan esitellä yrityksen toimintaa sidosryhmille. Huolellisesti valmisteltu ja suunniteltu toiminta synnyttää luottamusta. Standardisoitu toiminta on selkeästi dokumentoitu ja toimintaa seurataan sekä pyritään kehittämään säännöllisesti. [18; 19.]

3.1 Kokonaisvaltainen laadunhallinta – TQM – Total Quality Management

Total Quality Management tunnetaan yleisesti laadunhallintana, laatujohtamisena tai kokonaisvaltaisena laatujohtamisena tai hallintana. Moderni laatufilosofinen ajattelu perustuu johtamisperiaatteetteisiin, toimintafilosofiaan ja ohjelmaan. Asiakaslähtöisyys ja suunnittelu ovat tärkeimpiä laatuajattelun lähtökohtia. Asiakaslähtöisyys on eräänlaista arvon nostamista hyödyntäen tehokkaasti omia olemassa olevia resursseja. Pyritään, että asiakas saa omaan toimintaansa mahdollisimman suuren arvon hankkimalleen hyödykkeelle. Asiakkaan tarpeiden kuunteleminen ja niiden täyttäminen resurssitehokkaasti luo edellytyksiä kilpailukykyiseen toimintaan. [15, s. 371–383.]

Koko organisaation osallistaminen strategian mukaisesti hyödyttää laadunhallintaa, jolloin pyritään laadun läsnäoloon osana työtä. Tämä malli mahdollistaa organisaation saavuttamaan kehittyvän, suoriutuvan ja oppimismyönteisen toimintaympäristön. [15, s. 379–380.]

Laatujohtamisen taustalla ovat muun muassa aikansa gurut Edward Deming ja Joseph Jura. Edward Deming on hyvin tunnettu Demingin laatuympyrän ajattelutavasta, ”täytyy opetella ennen kuin oppii” ja Joseph Juran on tunnettu puolestaan Juranin trilogiasta. [15, s. 371–372.]

Demingin laatuympyrä

Demingin laatuympyrän peruseriaate perustuu jatkuvaan parantamiseen ja siinä toteutuu PDCA, (Plan–Do–Check–Act) suunnittele, toteuta, arvioi ja toimi -ajattelumalli. Demingin ajatteluna pidetään sitä, että ensin pitää osata kuvata, mitä tekee, muuten ei tiedä mitä tekee. [15, s. 381–382; 16; 19.]

Juranin trilogia

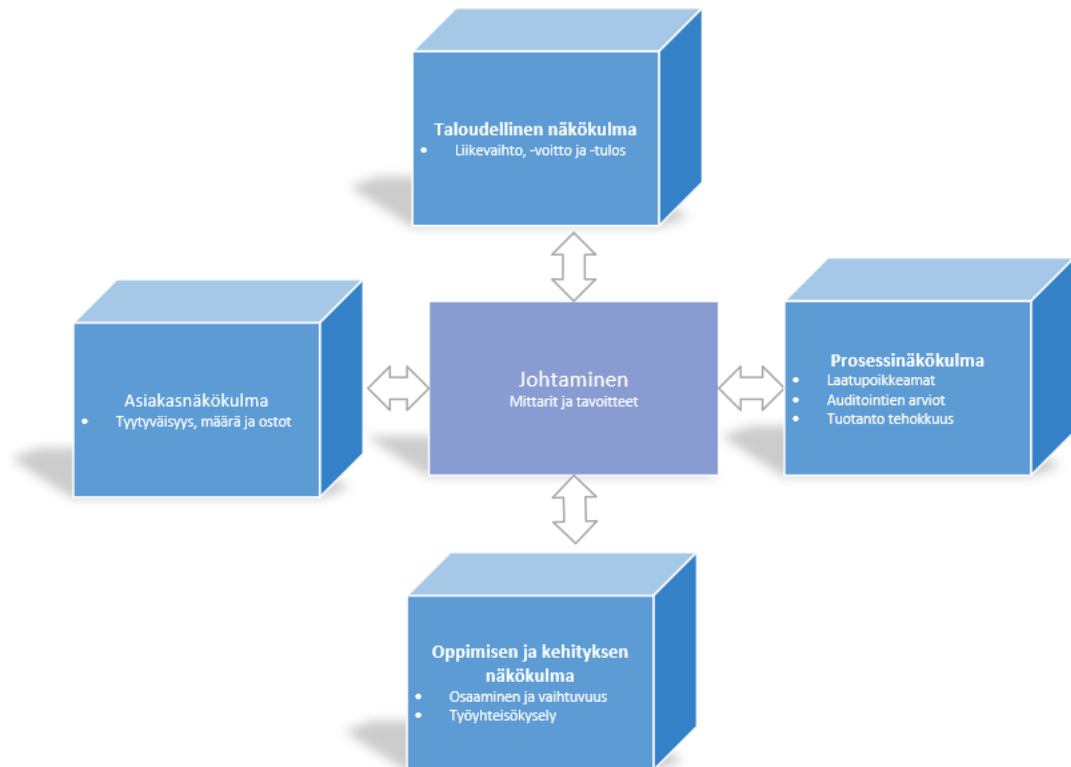
Juranin trilogian ideologia (taulukko 4) perustuu suunnittelun merkitykseen laadun kehityksessä, jolloin pyritään suunnittelemaan tuotteen valmistusprosessi tukemaan laadullista tekemistä. [15, s. 382–383.]

Taulukko 4. Juranin trilogian kuvaus. [15, s. 382–383.]

<i>Juranin -trilogia</i>	<i>Kuvaus</i>
Laadun suunnittelu	Asiakkaat, asiakastarpeet, tuotteet asiakas tarpeisiin, tuotannon kehittäminen
Laadun ohjaus	Laatutason selvittäminen, toteutuneiden tuotteiden vertaaminen tavoitteisiin, tarpeellisten osa-alueiden kehittäminen
Laadun parannus	Jatkuvan kehitystyön edistäminen, kehittämiskohteiden määrittäminen, tavoitteiden ja vastuiden määrittäminen, riittävien resurssien luominen, motivointi ja kouluttaminen, ongelmakohtien selvittäminen, suunnittelu ja toteuttaminen

3.2 Johtaminen

Johtamisesta on hyvin monenlaisia käsityksiä, että johtajaksi synnyttään tai johtajaksi on mahdollista opetella. Yhteistä näille on kuitenkin, että tarvitaan riittävät valmiudet johtamiseen eli omaan johtajuuden kompetenssit. Ominaisuudet voivat olla synnynnäisiä eli hyvin luontevia tai opeteltuja. Tietopohjaa sekä taitoja on tarkoituksen mukaista vahvistaa koulutuksella ja työn kautta saatavalla kokemuksella. Tieto ja sen soveltaminen on ydintaitoa johtamisessa. Laadukkaan johtamisen tueksi tarvitaan tavoitteita sekä mittareita (kuva 16) niiden seuraamiseen. Nämä tuovat toiminnasta todenmukaista ja oleellista informaatiota. Mittaamisesta syntyvien kulujen vuoksi, kannattaa mitata vain yrityksen kannalta tärkeitä asioita sekä asettaa myös toiminnalle selkeät tavoitteet. [20, s. 26–29, 197–200.]



Kuva 15. Johtamisen apuna käytettäviä mittareita tavoitteiden seuraamiseen [20, s. 197–200].

Asioiden johtaminen

Asioiden johtaminen perustuu ratkaisukeskeiseen suunnitteluun, organisointiin ja valvontaan. Jatkuvaan ja järjestelmälliseen tekemiseen luodaan olosuhteet, tavat ja menetelmät tavoitteiden saavuttamiseksi. [20, s. 19–21.]

Ihmisten johtaminen

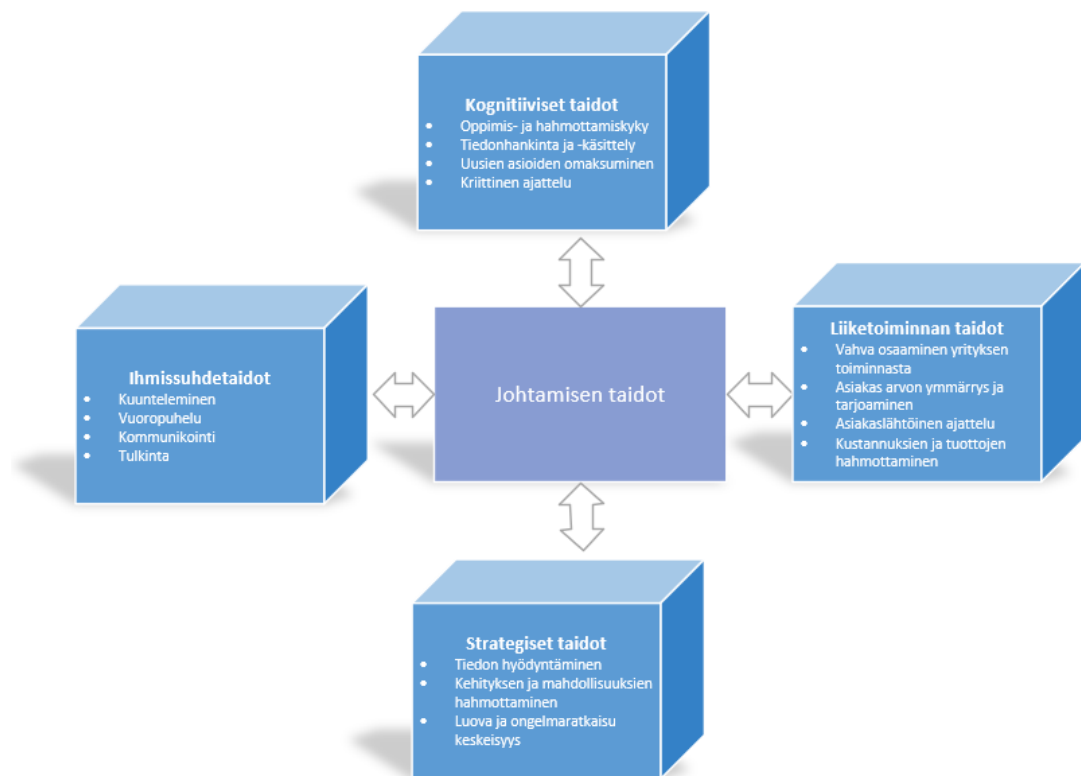
Ihmisten johtaminen on eräänlaista vaikuttamista ja mahdollistamista onnistumisesta. Mahdollistetaan onnistuminen selkeällä tavoitteella, riittävällä osaamisella ja resursseilla sekä tuetaan, palkitaan ja annetaan palautetta. Luodaan työympäristöön edellytykset hyvälle ilmapiirille ja yhteiselle työn tekemiselle. [20, s. 19–21, 52.]

Itsensä johtaminen

Itsensä johtaminen käsitetään tarpeeksi tulla hyväksi johtajaksi tunnistamalla omat vahvuudet ja heikkoudet. Ajatusta laajentamalla voidaan vahvistaa työn hallittavuutta ja oman potentiaalin hyödyntämistä. [20, s. 19–21.]

Johtamisen taidot

Johtamisen taidot (kuva 17) ovat yksi avaintekijä laadunhallinnassa ja sen mukaisessa laatujohtamisessa. Menestyvä johtaja omaa johtamisen taitoihin tarvittavia piirteitä ja toiminta on luontevaa. Laatujohtaminen on tuottavaa ajattelua, jolloin pyritään jatkuvasti kehittämään toimintoja realistisilla tavoitteilla. Innovatiivisuus ja resurssien oikeanlainen suunnittelu tukee puolestaan työskentelyn tehokkuutta. Useasti johtamisessa juurrutaan vanhoihin toimintatapoihin ja niiden muuttaminen on hyvinkin haasteellista. Tietyntyylinen turvallisuuden tunne vähenee muutoksen aikana. Tämä aiheuttaa pelkoa ja epävarmuutta, vaikka tiedostettaisiin muutoksen positiiviset vaikutukset.



Kuva 16. Johtamisen taitoja neljästä näkökulmasta tarkastetuna [20, s. 19–21, 52].

Nykypäivänä tulee monenlaisia muuttuvia tekijöitä ja ongelmia ratkaistavaksi nopeallakin tahdilla. Näiden muuttujien ja mahdollisten tulevien ongelmien kohtaamisen siirtäminen johtuu yleisesti jonkinlaisesta pelosta hoitaa vaikeita asioita. Tämän tyyppisellä toiminnalla huijataan pelkästään itseä ja keksitään tekosyitä asioiden siirtämiseen tai jätetään jopa kokonaan hoitamatta, mikä itsestään pahentaa tilannetta entisestään. Nopealla suhtautumisella asioiden hoitoon välty-

tään asioiden paisumisella todellista suuremmiksi kuin ne todellisuudessa ovat ja ratkaisu saadaan osapuolia tyydyttäväksi. Pitkittämisellä vaikeutetaan ratkaisun saavuttamista, ja jopa vuosia kestänyt ongelma voi jäädä selvittämättä tai asiaan tarvitaan ulkopuolista asiantuntemusta selvitettyyn ratkaisemiseksi. Kun valmistaudutaan huolellisesti ja kohdataan asiat, vältytään ikäviltä seurauksilta, jotka voivat olla merkittäviä organisaation toiminnan jatkumiselle. [21, s. 95, 104–118.]

Hyvällä johtamisella näytetään esimerkkiä ja luodaan laadukkaalle toiminnalle edellytykset. Esimerkkinä oleminen haastaa silloin, kun pitää tehdä valintoja johtamisen tavasta. Organisaation johtamista voidaan tehdä niin sanotusti, läheltä tai kaukaa. Läheltä johtamisen etuina ovat yhteisöllisyyden rakentamisen ja ongelmien havainnoinnin helpottuminen sekä johtamisen nopeutuminen. Läheltä johtamisen varjopuolena pidetään toiminnan objektiivisen arvioinnin vaikeutusta. Kaukaa johtamisen etuna nähdään, että toiminnan objektiivinen arviointi ja kokonaisuuksien hahmottaminen on selkeämpää. Kaukaa johtamisen haasteena näyttävät puolestaan yhteisöllisyyden rakentaminen ja kontaktien saamisen vaikeutuminen. [21, s. 104–118.]

Kurinalaisuus on yksi kompastuskivi johtamisessa. Kun halutaan kehittyä hyvästä parhaaksi, tarvitaan kurinalaista ajattelua ja toimintaa. Haaste piilee siinä, että kurinalaisuus on useimmille henkilöille ehkä yksi vaikeimmista asioista, koska kurinalaisuus liittyy olennaisesti tunteiden hallitsemiseen sekä niiden ymmärtämiseen. Johtamistyössä kurinalaisuus näyttäytyy arjen perusasioiden hoitamisessa. Kurinalaisuuteen liittyy sovitusta asioista kiinnipitäminen, suunnitelmallisuus, ajankäyttö, asioiden priorisointi, ongelma-kohtiin tarttuminen sekä palautteen ottamisen ja antamisen taito. Nämä asiat voidaan kiteyttää yhteen lauseeseen: Laadukas työ tarvitsee laadukasta kohtaamista. [21, s. 104–118.]

3.3 Sisäinen auditointi

Sisäisellä auditoinnilla tarkoitetaan organisaation omien työntekijöiden tekemää auditointia. Tämä on menetelmä, jossa tarkastellaan toimintatapoja sekä toimintaa ja järjestelmien vaatimusten täyttymistä. Sisäinen auditointi voidaan jakaa pienempiin osa-alueisiin, jolloin prosessit ja otellaan pienempiin tukiprosesseihin. Tämä toiminto helpottaa auditoinnin tarkastelua. Auditoinnissa kartoitetaan parannusmahdollisuuksia, aikaisempien auditointien parannusehdotuksia ja arvioidaan standardien vaatimusten täyttymistä. Parhaimman hyödyn saavuttamiseksi sisäinen auditointiohjelma (taulukko 5 sekä liite 1), jota suunnitellaan, laaditaan, toteutetaan ja ylläpidetään.

tään vuosikellon mukaan. Toteutus aloitetaan selvittämällä toiminnan kannalta tärkeät auditoinnin kohteet, jotka ajoitetaan vuosikelloon. Vuosikello helpottaa eri osa-alueiden suunnittelua ja organisaation toimintaa. [16; 22; 23.]

Sisäisissä auditoinneissa otetaan huomioon myös aikaisemman ulkoisen auditoinnin yhteydessä ilmenneet kehitysehdotukset, jotta voidaan todeta, onko mahdolliset korjaavat toimenpiteet suoritettu. Ulkoisella auditoinnilla tarkoitetaan puolueettoman ulkopuolisen tahon tekemää tarkastelua. Tämä malli hyödyntää organisaatiota saamaan objektiivisen näkemyksen toiminnasta sekä kehittämään toimintojaan järkevällä tavalla ja kehittymään suunnitelmallisesti. [16.]

Taulukko 5. Esimerkki sisäisen auditoinnin toteutuksen suunnittelusta vuosikellolle [23].

<i>Auditoinnin kohde</i>	<i>Kevät</i>	<i>Kesä</i>	<i>Syksy</i>	<i>Talvi</i>
Laatujärjestelmä Ajantasaisuus, seuranta, raportointi				x
Sopimukset	x			
Laatutavoitteet Vaatimusten mukaisuus				x
Pätevyudet				x
Kiviainestuotanto Ohjeistukset		x		
Työtilat	x			
Turvallisuuskävely		x		x
Siisteyskierros	x		x	
Asiakastyytyväisyys			x	
Poikkeamien analysointi		x		x
Koulutukset			x	

3.4 Standardit

Standardit ohjeistavat tuotteen tai palvelun toteuttamisen sovittujen vaatimusten mukaisesti. Näiden julkaisijoina toimivat standardisoimisorganisaatiot. Kansainvälisenä standardijärjestönä toimii ISO (International Organization for Standardization), Euroopassa standardisoimisjärjestönä toimii CEN (European Committee for Standardization) ja Suomen standardisoimisliitto SFS ry toimii työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) nimeämänä Suomen standardisoinnin keskusjärjestönä. Suomi on ollut CEN:n jäsenenä vuodesta 1962 alkaen. Maailmanlaajuinen ISO -standardisointijärjestö koostuu kansainvälisistä verkostoista, johon myös SFS ry kuuluu muiden maiden standardisointiorganisaatioiden kanssa. CEN:ssä tehdään alueellista standardisointia, jolloin standardit vahvistetaan kansallisiksi jäsenmaissa ja poikkeavuudet kumotaan. Alueellisella standardisoinnilla saadaan parannettua käytännön toimintaa. Standardisoinnin toteuttaminen etenee asiantuntijaverkoston muodostamasta asiantuntemuksesta, joita erinäiset sidosryhmät muodostavat. Sidosryhmien asiantuntijat koostuvat hyvin monipuolisesti viranomaisten, julkishallinnon, yritysten, tutkimuslaitosten, oppilaitosten, kuluttaja- ja kansalaisjärjestöjen kokoonpanoista. [24.]

Standardien käyttö ja niiden noudattaminen on hyvin pitkälle vapaaehtoista, mutta standardit noudattavat viranomaisten määräyksiä esitetyissä menetelmissä ja täyttävät lainsäädännön vaatimukset. On hyvä huomioida, että muillakin tavoilla kuin noudattamalla standardeja voi saavuttaa tarvittavat vaatimukset.

EU:n tasolta annetaan toimeksiantoja direktiiveihin ja asetuksiin liittyen, joista tulee muun muassa yhdenmukaistettuja standardeja hEN (Harmonised Standard) ja niiden tiedot julkaistaan EU:n toimittamassa OJEU (Official Journal of the European Union) lehdessä, joka on saatavilla verkosta. Standardien kuvauksia ja niiden tunnusesimerkkejä on selvennetty taulukossa 6. [25; 26.]

Taulukko 6. Standardien tunnus ja niiden kuvaus [24; 25; 26].

<i>Tunnus</i>	<i>Kuvaus</i>
SFS	Suomessa laadittu ja vahvistettu standardi
SFS-EN	CEN:ssä laadittu ja Suomessa vahvistettu standardi
ISO	ISO:ssa laadittu maailmanlaajuinen standardi
SFS-ISO	ISO:ssa laadittu ja Suomessa vahvistettu standardi
SFS-EN ISO	CEN:n ja ISO:n laatima ja Suomessa vahvistettu standardi
EN	Eurooppalainen standardi

SFS ISO–EN 9001

Suomessa vahvistettu kansainvälinen ISO 9001 -standardi määrittää laatu järjestelmälle asetettavat vaatimukset. Organisaatiolla on mahdollista hankkia standardin mukainen sertifikaatti. Puolueeton akkreditoitu taho myöntää sertifikaatin vaatimukset täyttävälle laatu järjestelmälle. Akkreditoitulla taholla tarkoitetaan sellaista toimijaa, jonka pätevyys pystytään todentamaan luotettavasti. Sertifikaatti on hyväksyntä, joka kertoo laatu järjestelmän olevan ISO 9001 -standardin mukainen. Laatu järjestelmä tulee auditoida säännöllisesti ulkopuolisen auditoijan toimesta, joka tarkastaa laatu järjestelmän ja samalla raportoi kehittämistä vaativista kohteista. ISO-EN 9001 -standardissa käsitellään jatkuvaa parantamista Demingin ympyrän periaatteella. Demingin ympyrän menetelmällä saadaan ratkaistua kehittämistä vaativia kohteita. [15, s. 383–384; 16.]

SFS–EN 932 ja SFS–EN 933

Eurooppalaisen järjestön CEN:n laatimissa ja Suomessa vahvistetuissa standardeista rakeisuuden määrittämistä ja näytteenottomenetelmiä ohjaa SFS–EN 932 kiviainesten yleisten ominaisuuksien testausstandardi ja SFS–EN 933 kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testausstandardi. [27; 28.]

Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testausstandardi (taulukko 7) muodostuu seitsemästä osasta. Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään osioita 1, 2 ja 5.

Taulukko 7. SFS-EN 932 [27].

<i>Osiot</i>	<i>Kuvaus</i>
1.	Näytteenottomenetelmät
2.	Laboratorionäytteiden jakaminen
3.	Yksinkertaistetun petrografisen kuvauksen menettely ja terminologia
4.	Kuvaus ja petrografiaa koskeva määrällinen ja laadullinen menettely
5.	Yleiset laitteet ja kalibrointi
6.	Toistettavuuden ja uusittavuuden määritelmät
7.	Testaustuloksien vaatimuksenmukaisuuskriteerit

Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testausta ohjaava standardi (taulukko 8) muodostuu yhdestätoista osasta, joista tässä opinnäytetyössä hyödynnetään standardin osioita 1 ja 2.

Taulukko 8. SFS-EN 933 kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus standardin osat. [28.]

<i>Osiot</i>	<i>Kuvaus</i>
1.	Rakeisuuden määrittäminen; Seulontamenetelmä
2.	Rakeisuuden määrittäminen; Seulasarjat, aukkojen nimelliskoko
3.	Rakeisuuden määrittäminen; Litteysluku
4.	Raemuodon määrittäminen; Muotoarvo
5.	Pinnan ominaisuuksien arviointi; Murtopintaisten rakeiden osuus karkeassa kiviaineksessä
6.	Pinnan ominaisuuksien arviointi; Kiviaineksen valumiskerroin
7.	Simpukkapitoisuuden määrittäminen; Simpukkapitoisuus karkeassa kiviaineessa
8.	Hienoainesten määrittäminen; Hiekkaekvivalenttitesti
9.	Hienoainesten määrittäminen; Metyleenisinitesti
10.	Hienoainesten määrittäminen; Fillerin rakeisuus (ilmasuihkuseulonta)
11.	Karkean uusiokiviaineksen osa-aineiden luokittelutesti

4 Laadunvalvonta

Laatu voidaan sanoa olevan laadunhallinnan näkökulmasta asiakkaiden tarpeiden ja odotusten täyttämistä ja laadunvalvonnan näkökulmasta tuotteen vastaavuutta niille määritettyihin raja-arvoihin ja standardeihin nähden [15, s. 372]. Tätä voidaan kutsua myös laatuajatteluksi, ja kun laatuajatteluun lisätään oppiminen yhdeksi menetelmäksi voidaan hyödyntää laadunvarmistuksesta saatavaa informaatiota erittäin monipuolisesti. Kun tarkastellaan saatuja tuloksia, on tarkoituksenmukaista pysähtyä oppimaan ja tekemään oikeita päätöksiä jatkoa ajatellen.

Laadunvalvonnan suorittamiseen vaikuttaa yleensä jokin aloite tai jokin ”syy” toiminnan tekemiseksi. Ne voivat olla organisaation ulkopuolelta tulevia tai sisäisiä tekijöitä. Ulkopuolelta vaikuttavat tekijät ovat yleisesti lainsäädännöllisiä, standardien määäämiä tai muita vaatimuksia ja odotuksia tuotteesta. Sisäisiä tekijöitä puolestaan voivat olla organisaatioiden halu seurata ja kehittää tuotteen laatua sekä oppia uusia tuottavia menetelmiä. [1, s. 367–368.]

Työmenetelmien suunnittelu

Työmenetelmien suunnittelulla pystytään vaikuttamaan merkittävästi toiminnasta syntyviin kustannuksiin. Suunnitellut työmenetelmät nopeuttavat toimintoja ja edistävät laadukkaaseen tuotteiden valmistukseen. Näin saadaan rakennettua tuottava kokonaisuus työtehtävien ja toimintojen ympärille. Työmenetelmät voidaan jaotella osa-alueisiin (taulukko 9) joko koskemaan yhtä työvaihetta tai isompaa kokonaisuutta. Kun tiedostetaan toiminnan menetelmät sekä vaiheet ja niistä on tehty riittävän yksinkertaiset kuvaukset, voidaan pystyä pitämään tekeminen suunnitelmallisena ja seuraamaan oman toiminnan toteutumista. Suunniteltuja kuvauksia on hyödyllistä käyttää auditoinnin yhteydessä tukimateriaalina, joista vertaillaan suunnitelmallista ja toteutunutta toimintaa toisiinsa. Kuvauksia on syytä myös tarkastella kriittisesti. Toiminnan kehittäminen tuo mahdollisesti päivitystarvetta jo tehtyihin kuvauksiin. Tämän avulla toiminta jalostuu palvelemaan organisaation tarpeita koko ajan. Työmenetelmät syntyvät yksittäisistä työtehtävistä, joten kokonaisuuden suunnittelu etukäteen tehostaa toimintaa hyvin oleellisesti. [15, s. 488–490.]

Taulukko 9. Esimerkki työkulun suunnitteluvaiheista [15, s. 488–490].

<i>Osa-alue</i>	<i>Kuvaus</i>
Työnkulun suunnittelu	Suunnitellaan työtehtävien vaiheet ja järjestys
Työtavan suunnittelu	Suunnitellaan työtehtäville työtavat
Koneiden käyttötapa	Suunnitellaan koneiden käyttö mahdollisimman tehokkaaksi
Työryhmän työskentely	Suunnitellaan kaikille vaiheille riittävät resurssit, toimijat oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan

Tekninen laadunvarmistus

Kun tuotteen laadulle on määritelty asetuksien tai normien kautta tietyt vaatimukset, niiden toteutumista seuraamalla pystytään havaitsemaan mahdolliset poikkeamat. Havaittaessa poikkeama syiden selvittäminen ja niiden esille tuominen vähentää tuotteen laadun vaihteluväliä ja samalla tuotannon kokonaissuorituskyky kasvaa. Tietyille tuotteille on määritelty vaihteluväli eli toleranssi, joka voidaan hyväksyä tuotetta valmistaessa. Tuotteen ylittäessä määritellyn raja-arvon, vaikutukset näkyvät arvon alenemisena tai johtavat tuotantoerän hylkäämiseen. [2, s. 364–369.]

Laatukustannukset

Laadun tuottamisesta asiakastarpeisiin syntyy kustannuksia (kuva 15), joiden hallitseminen vaatii oman toimintaympäristön tuntemusta. Tuntiessa toimintaympäristön tarpeet ja sovittamalla toiminnan vastaamaan tarpeita, pystytään palvelemaan asiakastarpeita riittävällä laatutasolla. Laatutason varmistamisen kustannukset ovat yleisesti edullisemmat kuin huonon laadun korjaaminen jälkikäteen. Huomioitavaa on kuitenkin oman toiminnan laatutason määrittelemisessä, että laadun ylivarmistaminen tuo lisäkustannuksia, mikä on kilpailukyvyn kannalta merkittävä tekijä. Näin ollen ylilaadusta on mahdollista tulla toiminnan kannalta laadutonta, joka ei ole kannattavaa toimintaa tarkasteltaessa. Lyhyellä tarkastelujaksolla kustannukset voivat olla hyvinkin merkittäviä toimintaan verrattuna, mutta pitemmän aikavälin tarkastelu näyttää kokonaiskuvaa oikean laajuisesta panoksesta laadunhallintaan. [1, s. 367–368.]



Kuva 17. Laatukustannuksiin vaikuttavia tekijöitä [mukaillen 1, s. 367–368].

4.1 Turvallisuuden huomioiminen

Perehdyttäminen on työnantajalle työturvallisuuslain mukainen velvollisuus ja hyvä mahdollisuus tutustuttaa ja opastaa henkilö monipuolisesti organisaatioon sekä työnsuorittamiseen. Samalla edistetään työntekijän riittävän osaamisen saavuttaminen. Perehdytykseen käytetty aika vähentää turvallisuusriskejä ja työskentelyn virheitä, joita mahdollisesti syntyisi perehdyttämättä jättämisestä. Tällä tavoin työtapoihin oppiminen nopeutuu ja riskitekijöiden havainnointi sekä niiden huomioiminen on alusta alkaen paremmin kunnossa. Perehdyttämisellä saadaan toiminnanaikainen turvallisuus oikealle tasolle ja työn tekemisestä tulee mielekästä, jolloin työntekijä on motivoitunut noudattamaan ohjeistuksia. Tällaisella toiminnalla luodaan aito välittämisen kulttuuri osaksi organisaation toimintaa. [29; 30.]

Organisaatiolla on hyvät edellytykset saavuttaa turvallisuustavoitteet johtamalla strategianmukaisesti ja jalkauttamalla turvallisuuskulttuuri päivittäiseen toimintaan. Työturvallisuutta pidetään yllä, jotta jokainen selviää vammoitta tai sairastumatta työpäivän jälkeen kotiin. Samalla turvataan organisaation toiminnan jatkuminen ja työntekijöiden tulevaisuus. Näin saadaan yhdessä luotua asiakkaille luotettava yhteistyökumppani. [31; 32.]

Perehdytyksen tavoitteena on opastaa henkilöt itsenäiseen työskentelyyn sekä työlle määritellyt tavoitteet tulisivat täytytyksi ja työn suorittaminen olisi turvallista, järjestelmällistä ja tehokasta. Itsenäisen opiskelun aikaa säästyy työvaiheista, kun perehdytys tehdään työtehtäväkohtaisesti ja organisaatiolla on suunnitelma sekä ohjeistus laadittuna perehdytyksen suorittamiseen. Suunnittelussa määritellään selkeästi tavoitteet perehdytykseen, mitä uuden henkilön täytyy vähintään hallita perehdytyksen jälkeen ja mitkä ovat pitemmän aikavälin tavoitteita. Toimintaa kannattaa ylläpitää muutoinkin kuin uuden henkilön tullessa organisaatioon. Uudelleen perehdyttäminen

on tärkeää järjestää myös silloin, kun työtehtävät muuttuvat oleellisesti tai työvälineet ja työko-
neet vaihtuvat sekä mahdollisten pitempien poissaolojen päättyessä. [33, s. 29–32.]

Henkilökohtaiset suojaimet on yksi tärkeimmistä turvallisuutta lisääviä tekijöitä. Suojaimilla pys-
tytään välttämään mahdollisia riskitekijöitä, joita ei muutoin ole mahdollista poistaa. Turvalli-
suutta ylläpidetään, kun valitaan työtehtävien ja niihin liittyvien riskitekijöiden mukaan oikeanlai-
set suojavarusteet. Työnantaja on velvollinen toimittamaan työntekijälle tarvittavat varusteet
työnsuorittamista varten ja työntekijä on velvollinen käyttämään hänelle tarjottuja suojavarus-
teita. [33, s. 29–32.]

Kiviainesjalostamiseen soveltuvia turvallisuuden seuraamiselle ja mittaamiselle on luotu valmiita
työkaluja, joita on saatavilla Infra Ry:n internet -sivustolta, esimerkiksi maa- ja vesirakennustyö-
maille tarkoitettu MVR-Mittari ja murskauslaitoksille tarkoitettu Murskamittari. Molempien mit-
tareiden tarkoituksena on havainnoimalla lisätä suunnitelmallista turvallisuuden huomioimista ja
ylläpitämistä. Havainnoimalla lasketaan turvallisuusindeksiä (kuva 18), jossa huomioidaan oikeat
ja väärät havainnot. Indeksien suuruus kertoo prosenttiluvun työmaan turvallisuustasosta. [34;
35.]



Kuva 18. Turvallisuusindeksin selvittämiseen liittyvä laskentamenetelmä. [34; 35.]

4.2 Laadunvarmistus

Tuotteiden laadunvarmistuksessa voidaan hyödyntämään rakeisuuden määrittämistä, kun tarvit-
see määrittellä tutkittavan materiaalin hiukkaskoko jakautuminen. Rakeisuutta tutkittaessa seu-
lontamenetelmällä selvitetään, kuinka paljon tutkittavassa materiaalinäytteessä on erikokoisia
hiukkasia tietyllä alueella. Hiukkaskokojakautumisen selvittäminen on tärkeää, kun tavoitteena
on haluttu rakeisuusjakauma jalostetussa lopputuotteessa.

Näytteenottaminen täytyy suorittaa ammattitaitoisesti tiedostaen mahdollisten vahingollisten näytteiden merkitys. Vahingollinen näyte aiheuttaa enemmän turhia kustannuksia ja johtaa väärin toimenpiteisiin kuin ottamatta jäänyt näyte. Edustavan näytteenottaminen vaatii etukäteen suunnittelua ja valmistelua. Tällöin suunnitellaan näytteenottaminen ja sen dokumentointi sekä valmistellaan välineet näytteenottamista ja analysointia varten.

Kuivaseulonta on yleinen tapa kiviainesnäytteiden tutkimisessa, käytettäessä rakeisuuden määrittämiseen seulontamenetelmää. Tutkittaessa helposti paakkuuntuvia näytteitä, kuten moreenia sisältäviä sekä paljon hienoainesta alle 0,063 mm sisältäviä näytteitä, kannattaa tehdä pesuseulonta parantamaan testauksen luotettavuutta. Menetelmien tarkemmat kuvaukset tulevat esille rakeisuuden määrittäminen -osioissa sekä yleisesti käytettävät vakiotermien kuvaukset ovat taulukossa 10. [2.]

Taulukko 10. Yleisesti rakeisuuden määrittämisessä käytössä olevien termien kuvaukset. [2; 40.]

<i>Termi</i>	<i>Kuvaus</i>
Laboratorionäyte	Näyte, tarkoitettu laboratoriossa tehtävään kokeeseen
Testinäyte	Näyte, käytetään yhteen testaukseen
Jaettu näyte	Yhdistystä näytteestä jakamalla saatu näyte
Vakiomassa	Peräkkäisten 1h välein tehdyin punnitustuloksien erotus on korkeintaan 0,1 prosenttia
Edustava näyte	Näyte, jonka laatu vastaa erän laatua

CE-merkintä

Rakennustuoteasetuksen voimaantulon jälkeen CE-merkintä tuli pakolliseksi vuonna 2013 niille rakennustuotteille, joilla on yhteiseurooppalainen tuotestandardi. Rakennustuoteasetus koskee niitä maa- ja vesirakentamisen tuotteita, jotka kuuluvat eurooppalaiseen harmonisoituun tuotestandardiin. CE-merkintä on valmistajan ”todistus”, että tuote täyttää EU:n vaatimukset, mutta käyttäjän on kuitenkin varmistettava, soveltuuko tuote ominaisuuksiltaan suunniteltuun kohteeseen. Tuotteen saadessa CE-merkinnän, voidaan todeta teknisten ominaisuuksien olevan ilmoitettujen tietojen mukaisia ja valmistaja voi saattaa tuotteen markkinoille. CE-merkinnän etuna on rakennustuotteiden myynnin kannalta se, että Euroopan sisämarkkinoilla tuotteille ei tarvitse muita merkintöjä. Kun valmistajan kiinnittäessä tuotteeseen CE-merkinnän, hän vakuuttaa tuotteen ominaisuudet ja näin asiakkaat voivat tarkastaa CE-merkinnästä ja suoritustasoilmoituksesta tekniset ominaisuudet kyseisestä tuotteesta. Suomessa turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) toimii rakennustuotteiden valvontaviranomaisena. [25; 36; 37; 38; 39.]

Pääsääntöisesti CE-merkintää ei tarvitse raekooltaan $D \geq 90$ mm olevilta kiviaineksilta, koska standardi ohjeistaa rakeisuuden määrittämisen vain $D \leq 90$ mm asti. Muitakin poikkeuksia, joihin ei tarvitse soveltaa CE-merkintää, ovat muun muassa jalostamattomat luonnonsoratuotteet ja hiekoitushiekka.

4.2.1 Rakeisuuden määrittäminen – seulontamenetelmällä

Rakeisuuden määrittäminen seulontamenetelmällä on mahdollista suorittaa testinäytteen analysoiminen aina $D \leq 31,5$ mm asti, jos seulasarjat ovat kooltaan riittävän suuria, ettei ylikuormitusta tapahdu. Seulon ylikuormituksen seuraaminen (kaava 5) standardin osoittamalla tavalla on edellytys luotettavan tuloksen saamiseksi. Seulasarjan ollessa kooltaan sellainen, ettei näytettä voida tutkia luotettavasti, vaihtoehtoina on seuloa testinäyte osissa tai käyttää vaihtoehtoista seulontamenetelmää. Vaihtoehtoista seulontamenetelmää (kappale 4.3.2) käytettäessä saadaan testinäyte soveltuvammaksi käytettävälle seulasarjalle. Rakeisuuden määrittämiseen käytettävät ohjeseulat (liite 3) ovat tutkittavan materiaalikoon mukaan on määritelty SFS 7005:2022 standardissa, joka ohjaa muun muassa maa- ja vesirakentamisessa vaadittavia ominaisuuksia ja asetettuja vaatimustasoja. Käytettävien seulojen osalta, alle 4 mm tulee olla kudottuja verkkoseuloja sekä 4 mm ja siitä suuremmat tulee olla neliömäisillä aukoilla olevia reikäseuloja [39; 41.]

Käytettävä laitteisto

Rakeisuuden määrittämiseen tarvittavia laitteita koskee SFS-EN 932–5 standardin mukaiset vaatimukset, josta ilmenee testaukseen käytettävät laitteet ja kalibrointihiheydet. Rakeisuuden määrittämiseen tarvitsee olla (kuva 19) seulontalaite, testiseulat, pohja-astia, kansi, lämpökaappi, vaaka, pesulaite sekä lisäksi tarvittavia astioita ja harjoja. [2; 42.]



Kuva 19. Esimerkki seulontalaiteesta, testiseuloista, pohja-astiasta ja kannesta [43].

Näytteenottaminen

Näytteenottamisessa oikeat menetelmät ja turvallisuuden sekä ergonomian noudattaminen ovat perusedellytyksiä virheettömän suorituksen tekemiselle. Näytteenottaminen vaatii työskentelyä koneiden ja laitteiden läheisyydessä, jolloin suunniteltu työskentely yhdessä muiden toimijoiden kanssa on välttämätöntä. Yleisimmät näytteenottotavat ovat kuljetinhihnan poistopäästä, kauha-kuormaajan kauhasta tai varastokasasta. [2.]

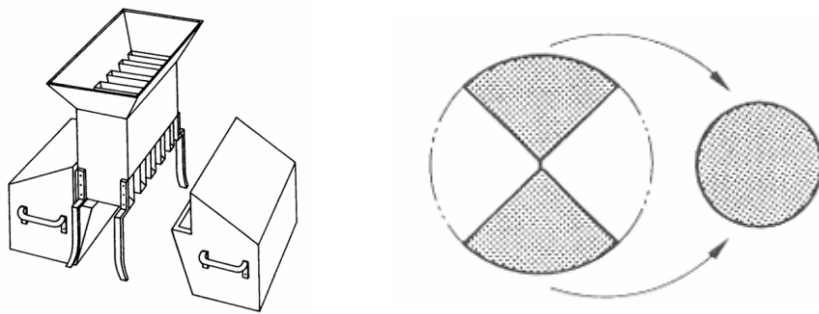
Näytteenotto hihnan poistopäästä

Materiaalivirran suuruuden mukaan valitaan oikeanlainen näytteenotin, joka voi olla riittävän suuri astia tai pyöräkuormaajan kauha. Käsien tai lapiolla liikkuvasta materiaalivirrasta näytteenottamista ei saa suorittaa työturvallisuuden vuoksi. Näytteenottaminen kannattaa tehdä tuotannon ollessa tasaisena ja suunnitellulla tasolla, materiaalivirrasta tasaisella liikkeellä koko kuljettimella menevän materiaalivirran leveydeltä. Kokomateriaalivirrasta otetulla näytteellä saadaan edustava otanta tuotannossa olevasta erästä. [40.]

Näytteenotto kuormaajan kauhaan voidaan toteuttaa täyttämällä kauha tasaisella sivuttaisliikkeellä suoraan hihnanpoistopäästä ja kumoamalla materiaali kauhasta tasaiselle alustalle. Kumoamisen jälkeen materiaalikasa halkaistaan vetämällä kuormaajan kauhalla taaksepäin, matalaksi varastokasaksi. Matalasta varastokasasta osanäytteet otetaan kasan eri kohdista ja eri syvyyksiltä, jotta saadaan edustava näyte koko kasan alueelta. Osanäytteiden ottamisessa kannattaa huomioida mahdolliset varastokasaa tehtäessä syntyneet lajittumiset, jotta välttyttäisiin näytteenottotilanteesta johtuvista tuotantoerää koskevista virheellisistä tulkinnoista. [40.]

Näytteenjakaminen

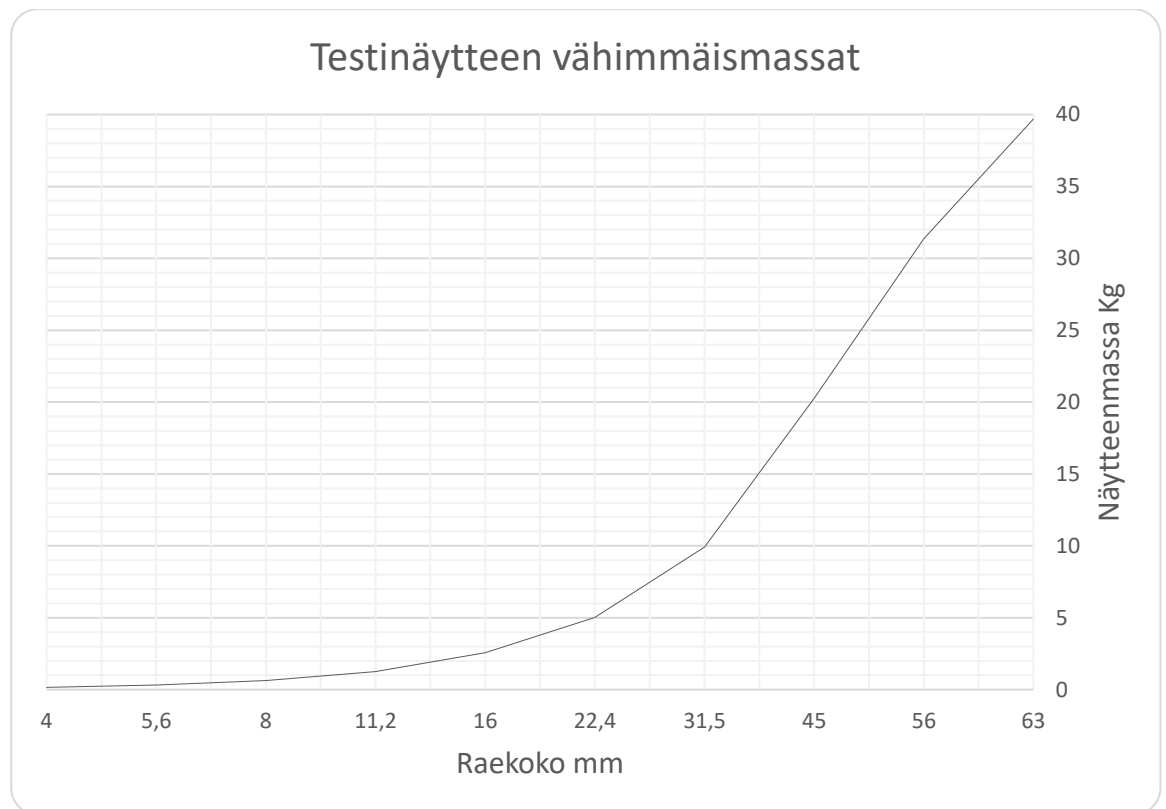
Laboratorionäytteenjakaminen tehdään standardin SFS-EN 932–2 mukaisesti, jotta saavutetaan standardin SFS-EN 933–1 mukainen testinäytteenmäärä. Näytteenjakamiseen soveltuvia menetelmiä (kuva 20) on muun muassa jakamiseen tarkoitettu jakolaatikko tai jakaminen voidaan suorittaa neliöntimenetelmällä. Näytteenjakamisessa on tärkeä huomioida, ettei näyte pääse lajittumaan, jolloin materiaalin raekoot erottuvat ja jakamisesta ei tule edustavaa. [2; 44.]



Kuva 20. Esimerkki näytteenjakolaatikostosta sekä näytteen neliöimisestä [40].

Testattavan näytteen vähimmäiskoko

Testinäytteen massa (kaava 3) tulee olla suurempi tai yhtä suuri kuin vähimmäismassa (kuva 21). Jos näyte on pienempi kuin vähimmäismassa, niin näytteen luotettavuus heikentyy merkittävästi testattaessa. Jos testinäyte on kuitenkin ohjeistusta pienempi, raporttiin on kirjattava (taulukko 11) valinnanvarainen tieto näytteen koosta, standardin mukaisesti. [2.]



Kuva 21. Testinäytteen vähimmäismassat raekoon mukaan.

Näytteenkuivaus

Näytteenkuivaus suoritetaan 110 ± 5 °C lämpöisessä lämpökaapissa, kunnes peräkkäisten yhden tunnin välein tehdyin punnitustuloksien erotus on korkeintaan 0,1 prosenttia. Kun punnitustulos ei muutu yli 0,1 prosenttia peräkkäisten punnituksien välillä, testattava näyte on saavuttanut vakiomassansa ja kosteusprosentti (kaava 4) saadaan selvitettyä. Kosteuden määrittämiseksi kuivaukseen soveltumattomille näytteille on mahdollista ottaa rinnakkaisnäytteitä olettaen testattavien näytteiden olevan samankaltaisia. [2.]

Pesu

Pesuvaiheen suorittaminen tehdään, mikäli testattavan näytteen ominaisuudet ovat sellaiset, että näytteenpesulla saavutetaan luotettavampi testaustulos. Testinäyteteeseen lisätään vettä, kunnes näyte on kokonaan peittynyt ja sekoitetaan voimakkaasti hienoaineksen erottamiseksi. Testinäytteessä oleva vesi kaadetaan kahden päällekkäin asetettujen 0,063 mm ja 1 mm tai 2 mm seulojen lävitse. Menetelmä toistetaan riittävän usein, kunnes seulojen läpi tullut vesi on kirkasta. Näytteen pesemisellä saadaan kiinnittynyt hienoaines irtoamaan testattavasta näytteestä ja testin luotettavuus paranee. Pesua tehdessä on huomioitava, ettei materiaalia pääse seulojen reunojen ylitse. Pesemisen jälkeen 0,063 mm seulan ylittävä materiaali kuivataan ja punnitaan uudelleen pestyn kuivatun näytteen massan saamiseksi. [2.]

Seulonta

Seulasarjat valitaan testattavan näytteen raekoon mukaisesti lisäämällä yksi suurempi seula kuin näytteen oletettava maksimiraekoko. Seulat asetetaan seulontalaitteeseen, koon mukaan, pinoamalla pohja-astian päälle pienimmästä suurimpaan. Pesty ja kuivattu (pesuseulonta) tai vaihtoehtoisesti pelkästään kuivattu (kuivaseulonta) testinäyte kaadetaan seulasarjaan ylimmälle seulalle ja asetetaan kansi päällimmäiseksi. Seulontalaitetta ravistetaan käsin tai jos halutaan helpottaa tehtävää, koneellinen ravistelulaite on parempi valinta. Seulojen ylikuormitusta seurataan laskemalla (kaavan 5) mukaisesti maksimimassa ja verrataan sitä seulalle jääneen materiaalin massaan. Seulojen ylikuormitusta esiintyessä jaetaan näyte ja seulotaan pienemmissä osissa. Seulonta aika on valittava sellaiseksi, että seulalle jääneen materiaalin massa ei muutu yhden minuutin lisäseulonnan aikana enempää kuin 1,0 massaprosenttia. Liian lyhyeksi määritelty seulonta-aika vaikuttaa rakeiden jakautumiseen oikealle seulasarjalle, näin ollen tuloksen luotettavuus heikkenee. [2.]

Punnitus

Seuloille jäänyt materiaali punnitaan, aloittaen suurimmasta aukkoosta alkaen ja merkitään massat muistiin. Suoritusta jatketaan, kunnes kaikkien seulojen massat ovat merkitty muistiin. Lopuksi punnitaan pohja-astiaan jäänyt materiaali ja merkitään massa muistiin. [2.]

Tulokset

Testinäytteen läpäisy massaprosentit lasketaan (kaava 8) jokaiselle seulasarjalla oleville seuloille sekä (kaava 5) hienoainekselle. Testauksesta tehtävään raporttiin kannattaa muodostaa läpäisy

massaprosenteista valinnanvaraisten tietojen mukaisesti (taulukon 11), visuaalinen graafinen esitys helpottamaan tuloksien tulkintaa. Tarvittaessa lisätään tuote-erälle tehtävien testauksien massaprosenttien keskiarvo. [2.]

Raportti

Näytteen testauksen yhteydessä tehdyssä raportissa on SFS-EN 933-1 -standardin mukaan esitettävä (taulukko 11) pakollisia sekä vaihtoehtoisia valinnanvaraisia tietoja. Rakeisuuden määrittämisessä seulontamenetelmällä seulojen läpäisseen testattavan näytteen massaprosentit on esitettävä pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun, poikkeuksena 0,063 mm seulan osalta, pyöristys tehdään yhden desimaalin tarkkuuteen. [2.]

Taulukko 11. Testausraporttiin liitettäviä tietoja [2].

Pakollinen tieto	Valinnanvarainen tieto
Eurooppalaisen standardin numero	Näytteenottopaikka ja sijainti
Näytteen tiedot	Materiaalin sekä näytteen jakomenettelyn kuvaus
Laboratorion tiedot	Tulosten graafinen esitys
Näytteen vastaanottopäivä	Näytteenottopöytäkirja
Testimenetelmä	Testinäytteen koko
Seulojen läpäisy massaprosentit	Testin suorituspäivämäärä

4.2.2 Rakeisuuden määrittäminen – vaihtoehtoisella menetelmällä

SFS-EN 933-1 -standardin mukaisesti vaihtoehtoista menetelmää käyttämällä rakeisuuden määrittämiseen testaus voidaan suorittaa rakeisuuden ollessa $D \geq 31,5$ mm ja aina rakeisuuteen $D \leq 90$ mm asti. Käytettävä laitteisto, näytteenottaminen ja -jakaminen testinäytteeksi suoritetaan samankaltaisesti sekä samoja laitteistoja käyttämällä kuin seulontamenetelmällä (kappale 4.3.1).

Vaihtoehtoisessa menetelmässä testinäyte jaetaan 16 mm:n reikälevy seulan avulla ennen kuivaus- ja pesu -vaihetta. Testinäytteestä saadaan $D \leq 16$ mm:n ja $D \geq 16$ mm:n näytteet (kaava 9 ja 10), joiden massat merkitään muistiin. [2.]

Pesu ja kuivaus, yli 16 mm

Näyte pestään kappaleen 4.3.2 mukaisesti 0,063 mm ja 16 mm seulojen avulla. Pesun jälkeen näyte kuivataan ja merkitään massa (kaava 11) muistiin sekä pesun yhteydessä yli 16 mm:n näytteestä irronneet 0,063–16 mm:n rakeet kuivataan ja merkitään massa (kaava 13) muistiin. [2.]

Seulonta, yli 16 mm

Kuivatun yli 16 mm:n näytteen seulontaan valitaan sopivat seulasarjat ja pohja-astia. Seulonnan jälkeen punnitaan seuloille sekä pohja-astiaan jääneet massat (kaava 14 ja 15) merkitään muistiin.

Valmistelu, alle 16 mm

Kuivatut alle 16 mm:n rakeet sekä yli 16 mm:n rakeiden testinäytteen pesun yhteydessä irronneet ja kuivatut 0,063–16 mm:n rakeet yhdistetään ja näyte punnitaan ja massa (kaava 16) merkitään muistiin. Testinäyte, joka sisältää alle 16 mm:n rakeet, jaetaan osanäytteeksi ja merkitään massa (kaava 17) muistiin. Osanäytteeksi jakaminen suoritetaan (kappale 4.3.1) näytteenjakamisen menetelmällä sekä osanäytteenkoko määritetään vähimmäismassan (kaava 3) mukaisesti. Testinäytteen jakamisella osanäytteeksi saadaan materiaalimäärä seulasarjalle sopivankokoiseksi, jottei seuloille tule ylikuormitusta (kaava 7).

Pesu, seulonta ja punnitus, osanäyte alle 16 mm

Testinäytteen alle 16 mm:n rakeiden osanäytteeksi jakamisen jälkeen, osanäyte pestään ja kuivataan kappaleessa 4.3.1 esitetyn menetelmän mukaisesti. Pestyn ja kuivatun osanäytteen massa (kaava 18) merkitään muistiin. Kuivattu osanäyte seulotaan kuivaseulonnan menetelmällä, ja seuloille (kaava 19) sekä pohja-astiaan (kaava 20) jääneet massat merkitään muistiin.

Tulokset

Testinäytteen yli 16 mm:n rakeiden läpäisy massaprosentit lasketaan jokaiselle seulalle (kaava 8) huomioiden (kaava 21) kuivamassan määrityksen vaihtoehtoisessa menetelmässä. Osanäytteen alle 16 mm:n massat lasketaan ekvivalentti (kaava 22) massoina, eli lasketaan seulonnasta saatujen massojen vastaavuutta testinäytteeseen. Hienoaineksen määrä, seulan 0,063 mm läpäisemä massa, lasketaan (kaava 23) myös ekvivalentilla menetelmällä.

4.2.3 Teoriatarkastelu – seulontamenetelmässä

Teoria tarkastelu pohjautuu Euroopassa laadittuun ja Suomessa vahvistettuun SFS-EN 933-1 -standardiin, ohjeistetaan rakeisuuden määrittäminen seulontamenetelmällä. Standardin mukaan testinäytteen vähimmäiskoko voidaan laskea kaavalla [2.]

$$M = \left(\frac{D}{10}\right)^2 \quad (3)$$

missä M on testinäytteen vähimmäismassa (Kg) ja D on testinäytteen raekoko (mm). Näytteen kosteusprosentti saadaan laskettua kaavalla [2.]

$$\text{Kosteus \%} = \frac{(M - M_1)}{M} * 100 \quad (4)$$

missä M on jaetun näytteen massa ja M_1 on kuivatun jaetun näytteen massa. Näytteessä oleva hienoaineksen massaprosenttimäärä f saadaan laskettua kaavalla [2.]

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} * 100 \quad (5)$$

missä f on 0,063 mm seulan läpäisevä hienoaineksen prosenttimäärä ja M_2 on pestyn kuivatun näytteen massa ja P on pohja astiaan jäänyt materiaali. Testauksen luotettavuus lasketaan kaavalla [2.]

$$\text{Testauksen luotettavuus} = \frac{(R_i + P)}{M_2} \quad (6)$$

missä R_i on testatun näytteen seuloille jääneiden massojen summa. Tuloksen erotessa enemmän kuin 1 prosentin massasta (M_2) rakeisuuskäyräanalyysi ei ole edustava ja näytteen tutkiminen on uusittava. Seulojen ylikuormituksen (grammoina) tarkastaminen saadaan laskettua kaavalla [2.]

$$\text{Kuormitus}_{max} = \frac{\pi r^2 * \sqrt{d}}{200} \quad (7)$$

missä r on seulan säde millimetreinä ja d on seulan aukonkoko millimetreinä. Tulosten tarkastelua varten lasketaan seulan läpäisemä massaprosentti alkuperäisestä kuivasta massasta kaavalla [2.]

$$\text{Läpäisy \%} = \frac{100 * R_i}{M_1} \quad (8)$$

missä R on kyseiselle seulalle jäänyt materiaalin massa.

4.2.4 Teoriatarkastelu – vaihtoehtoisessa seulontamenetelmässä

Testinäytteenjakaminen 16 mm:n reikälevy seulalla kahdeksi osaksi, joiden massat ovat [2.]

$$D \leq 16 \text{ mm} = MF \quad (9)$$

ja

$$D \geq 16 \text{ mm} = MC \quad (10)$$

missä MF on alle 16 mm:n rakeiden massa ja MC on yli 16 mm:n rakeiden massa. Yli 16 mm rakeiden kuivattu massa on [2.]

$$D \geq 16 \text{ mm}_{\text{kuiva}} = MC_1 \quad (11)$$

ja

$$D \leq 16 \text{ mm}_{\text{kuiva}} = MF_1 \quad (12)$$

missä MC_1 on yli 16 mm:n rakeiden kuivattu massa ja MF_1 on alle 16 mm rakeiden massa. Yli 16 mm näytteen pesun yhteydessä irronneiden 0,063–16 mm:n kuivattujen rakeiden massa on [2.]

$$\text{Kuiva } 0,063\text{--}16 \text{ mm} = MC_3 \quad (13)$$

Seulonnan jälkeen kuivatun yli 16 mm:n rakeet punnitaan seuloittain ja massat merkitään muistiin [2.]

$$\text{Seulojen massat} = R_1, R_2, R_3, R_4 \quad (14)$$

missä R_1 on suurimman seulan massa, ja seuraavat menevät järjestyksessä R_2, R_3, R_4 , kunnes kaikki seulat on punnittu. Pohja-astiaan kertynyt, seulan 0,063 mm:n läpäisemä, massa on [2.]

$$P = MC_4 \quad (15)$$

missä MC_4 on 0,063 mm:n seulan läpäisevä massa. Kuivattu alle 16 mm ja yli 16 mm, pesun yhteydessä irronneet, kuivatut 0,063–16 mm:n rakeet yhdistetään ja saadaan massa [2.]

$$MF_2 = MF_1 + MC_3 + MC_4 \quad (16)$$

missä MF_2 on testinäytteen $0,063 \leq D \leq 16$ kuivattujen rakeiden massa.

Kuivatun testinäytteen $0,063 \leq D \leq 16$ jakaminen osanäytteeksi, josta saadaan massa [2.]

$$Osanäyte_{0,063 \leq D \leq 16} = MF_3 \quad (17)$$

Kun osanäyte MF_3 , pestään ja kuivataan, saadaan massa [2.]

$$MF_{3kuiva} = MF_4 \quad (18)$$

Kuivattu osanäyte MF_4 , seulotaan ja rakeet punnitaan ja massat merkitään seuloittain muistiin [2.]

$$Seulottu MF_4 = RF_3, RF_4, RF_5, RF_6 \quad (19)$$

missä RF_3 on suurimman seulan massa, ja seuraavat menevät järjestyksessä RF_4, RF_5, RF_6 , kunnes kaikkien seulojen punnitukset on suoritettu. Pohja-astiaan kertynyt, seulotun osanäytteen MF_4 , seulan $0,063$ mm:n läpäisemä massa on [2.]

$$P = PF \quad (20)$$

Vaihtoehtoisen menetelmän testinäytteen kuivamassa saadaan laskettua kaavalla [2.]

$$M_{1vem} = MC_1 + MF_1 \quad (21)$$

Ekvivalentti eli korjattujen massojen laskenta alle 16 mm:n osanäytteestä lasketaan kaavalla [2.]

$$R_n = RF_n * \frac{MF_2}{MF_3} \quad (22)$$

missä RF_n on MF_4 osanäytteen seulonnasta saatuja tuloksia.

Hienoaineksen ekvivalentti kokonaisuudessa saadaan laskettua kaavalla [2.]

$$f_{ekv} = FC_1 + FF_1 + P_n \quad (23)$$

missä yli 16 mm rakeiden pesussa ja seulonnassa alle $0,063$ mm pois lähteneiden ekvivalentti massa lasketaan kaavalla [2.]

$$FC_1 = MC_1 - (MC_2 + MC_3) \quad (24)$$

missä alle 16 mm osanäytteen alle $0,063$ mm hienoaineksen ekvivalentti massa lasketaan kaavalla [2.]

$$FF_1 = \frac{MF_2}{MF_3} * (MF_3 - MF_4) \quad (25)$$

missä osanäytteen seulonnassa pohja-astiaan kertynyt, seulan 0,063 mm läpäisemä ekvivalenttimassa, saadaan laskettua kaavalla [2.]

$$P_n = PF * \frac{MF_2}{MF_3} \quad (26)$$

5 Kettumäki Oy

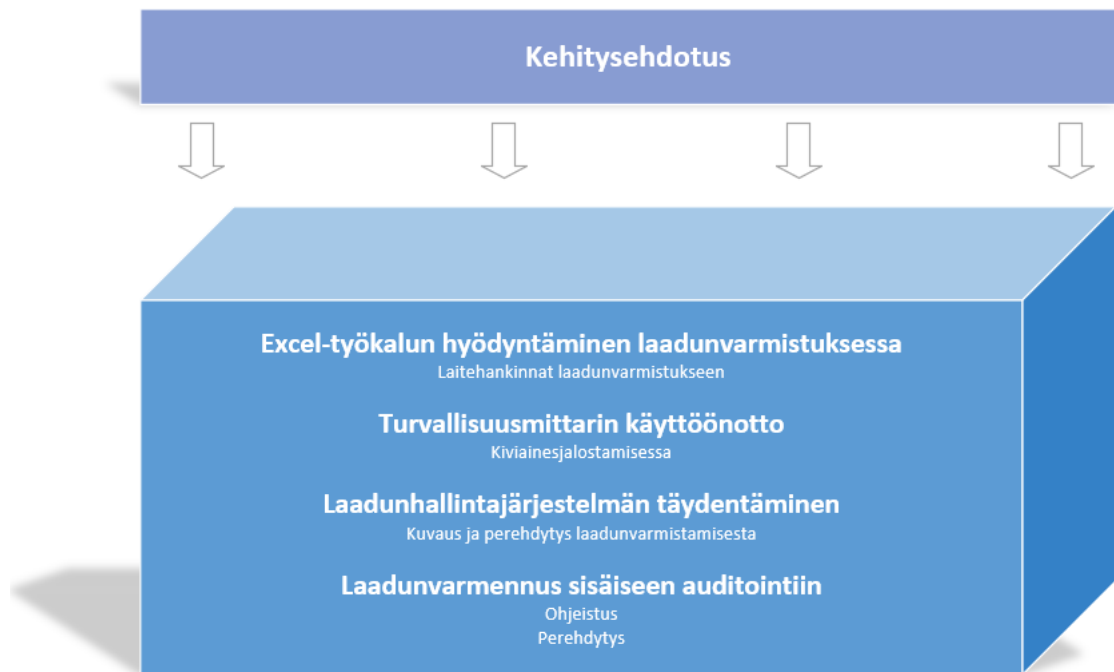
Kettumäki Oy on aloittanut toimintansa vuonna 2014 ja yrityksen päätoimena jalostetaan seulon-tamenetelmällä, Pudasjärvellä sijaitsevalla tuotantopaikalla, luonnonsorasta kattavasti monenlai-sia tuotteita. Luonnonkivimateriaalista jalostetuilla tuotteilla palvellaan asiakkaiden tarpeita pi-harakentamisessa monipuolisesti. Yrityksen asiakkaat koostuvat yksityisistä henkilöistä, kunnista ja yrityksistä. Heitä palvellaan asiakastarpeet huomioiden volyyminä riippumatta yhtä vertaisesti yhteistyötä tehden muiden yritysten kanssa, vahvistaen kaikkien toimintaympäristöä. Perheyri-tyksen toiminnan joustavuus ja laadukkaiden tuotteiden jalostaminen on kilpailuvaltti, ympäris-töystävällisyyden ja turvallisuuden ohella. ISO 9001 -, ISO 14001 - ja ISO 45001 -sertifikaatit ovat osoitus yrityksen asiakaslähtöisestä, turvallisesta ja järjestelmällisestä laadunkehittämisestä. [45.]

Yrityksen toiminta painottuu Pohjois-Pohjanmaan alueelle, mutta tarvittaessa asiakkaita palvel-laan mielellään myös muualle. Yrityksen jalostettuihin kivimateriaaleihin kuuluvat hiekat, sorat ja sepelit sekä kivet asiakkaiden tarpeiden mukaan. Lisäksi asiakkaiden on mahdollista saada piha-rakentamiseen tarvittavat muut materiaalit, kuten mullat ja turvahiekat. Toiminnan monipuoli-suutta, joustavuutta ja asiakkaiden palvelemista tukee, kun yrityksellä on käytössä tuotteiden ja-lostukseen ja kuljetukseen tarvittavaa kalustoa. Lisäksi yhteistyötä tehdään muiden yritysten kanssa hyvin aktiivisesti. [45.]

Opinnäytetyön toimeksiantona lähdettiin kehittämään luonnonsoran jalostamisen yhteydessä ta-pahtuvaa laadunvalvontaa. Perehtyessä yrityksen toimintaan tuli heti alkuvaiheessa selville, kuinka hyvin jo lähtökohtaisesti suhtaudutaan toiminnan johtamiseen ja laatuasioihin. Laadun-valvonnan tueksi lähdettiin kehittämään jalostettaville tuotteille omaan sisäiseen laadunvalvon-taan soveltuvaa rakeisuuskyrääanalyysityökalua. Tämän avulla yrityksen on mahdollista tutkia valmistaviaan tuotteita laadunvarmentamiseksi nopeallakin syklillä ja näin voidaan varmentaa tuotteiden ominaisuuksien pysyminen annetuissa toleransseissa. Opinnäytetyön tietopohjaisen tarkastelun ajatuksena on tuoda yrityksen johdolle ja nousevalle sukupolvelle pohdittavaa sekä herättää keskustelua kokonaisvaltaisista vaikutuksista laadunvalvontaan.

5.1 Kehitysehdotus

Opinnäytetyön laadunvalvonnan kehitysehdotuksena (kuva 26) on laadunvarmistamisen parantaminen siihen suunnitellulla työkalulla. Laadunvarmistaminen lisätään sisäiseen auditointiin, ja suunnitellaan auditoinnit vuosikellolle. Laadunhallintajärjestelmään tehdään täydennyksiä, huomioiden laadunvarmistamisen kuvaukset, ohjeistukset ja koulutukset. Käyttöön otetaan turvallisuutta lisäävänä tekijänä kiviainesjalostamiseen soveltuva menetelmä turvallisuustason mittaamisesta.



Kuva 22. Laadunvalvonnan kehittäminen.

Excel-työkalu

Toimeksiannon pohjalta laadunvarmistamista varten tehtyyn Excel-laskentamalliin sisällytetyt määritykset perustuvat SFS-EN 933–1 -standardiin, rakeisuuden määrittämisestä seulontamenetelmällä. Standardin menetelmää on mahdollista soveltaa $D \leq 90$ mm raekokoon saakka, joskin työssä raekoko on rajattu koskemaan raekooltaan 0–63 mm:n kiviaineksia. Toimeksiantajan sisäisen laadunvarmistuksen tarpeeseen tehty Excel-laskentamalli omaa riittävän yhteneväisyyden sekä mittatarkkuuden, tuotteiden vaatimuksia tarkasteltaessa rakeisuuden määrittelyssä. Testauksesta saatava rakeisuuskäyrä kuvaa kiviaineksen hiukkaskokojakautuman tutkittavalla rakeisuusalueella. Tulos näyttää haluttujen seulojen läpäisevän materiaalin hiukkaskokojakauman

massaprosenttina, jokaisen seulakoon kohdalla, alkuperäisen testinäytteen kuivamassan suhteen sekä hienoaineksen massaprosenttimäärän, joka läpäisee 0,063 millimetrin kokoisen seulan. Testauksen luotettavuutta (kaava 6) arvioitaessa rakeisuuskäyräanalyysi on uusittava, jos tutkitun näytteen massojen summa eroaa enemmän kuin yhden prosentin jaetun kuivatun näytteen massasta.

Hyödyntämällä laadunvarmistamisen avuksi tehtyä Excel-työkalua, vahvistetaan omavalvontaa kiviainesjalostamisessa ja samalla pystytään vaikuttamaan mahdollisten epäedullisten tuotteiden valmistuksesta syntyviin ylimääräisiin kustannuksiin. Kun laadunvarmistamista suoritetaan suunnitelmallisesti ja tuloksia analysoidaan työmaalla työskentelevien henkilöiden kanssa, silloin saadaan kehitettyä kokemuksen mukana tulevaa laadun arviointikykyä. Tällä tavalla henkilöstö perehtyy saatuihin tuloksiin ja tekee niiden pohjalta johtopäätöksiä tarvitseeko tehdä muutoksia tuotantoon tai muuttaa jotain muita toimintatapoja. Osallistamisella saadaan positiivisia vaikutuksia työskentelyyn, eikä laadunvarmistusta pidetä turhakkeena vaan aidosti halutaan palvella asiakkaita ammattitaidolla ja ollaan ylpeitä omasta osaamisesta.

Rakeisuuden määrittämisen menetelmän hyödyntäminen tuotteiden laadunvarmistamiseen on hyödyllistä tehdä heti lajitteen tuotannon alkaessa. Vaatimuksien toteutumista kannattaa seurata silmämääräisesti myös tuotannaikana sekä suunnitelluin aikavälein otettavilla näytteillä. Lisänä on mahdollista satunnaisilla tarkastuksilla varmentaa toteutunut jalostamisen laatu. Tuotteen testaus on kannattavaa tehdä myös, kun tuotantokokonaisuuteen on tehty laadun varmistavia tai korjaavia säätöjä. Laboratorionäytettä ottaessa on huomioitava, että tuotanto on käynnissä suunnitellulla tasolla. Tuotannon ollessa vajeateholla, tuotantoon liitetyt yksiköt eivät tuota vielä niille suunniteltua laatutasoa.

Turvallisuusmittari

Turvallisuuskulttuurin ylläpitämisellä varmennetaan toiminnan turvallisuus ja luodaan toimintaympäristöön turvalliset olosuhteet. Turvallisuustason seurannalla pystytään ennaltaehkäisemään mahdollisia riskitekijöitä, jotka voisivat johtaa hoitamattomana mittaviin haasteisiin. Kun työmaahenkilöstö osallistuu aktiivisesti havainnoimaan toimintaympäristön riskitekijöitä saadaan havainnoinneista mittavampi ennaltaehkäisevä vaikutus. Turvallisuustason seuranta tuo ajantasaistatietoa myös yrityksen johtamisen tueksi, päätöksien tekeminen, ennakointi ja puutteiden korjaaminen nopeutuvat, kun tiedostetaan olemassa oleva toiminnan tila. Ennakoinnilla saavutetaan pitkän aikavälin taloudellisia säästöjä. Ennakoinnilla pystytään vaikuttamaan kustannuksiin, jotka voisivat syntyä esimerkiksi tuotannon keskeytyksistä tai mahdollisista tapaturmista.

Kiviainesjalostamisen tuotannon suunnitelmalliseen turvallisuuden huomioimiseen ja ylläpitämiseen voisi hyödyntää mukautettua Turvallisuusmittari-lomaketta (liite 2). Lomakkeelle on koottu soveltuvat tarkastelu kohteet, mukaillen Murskamittarin ja MVR-Mittarin lomakkeita. Kun mukaillaan näiden mittareiden tarkastuskohteita, saadaan toimeksiantajan kiviainesjalostamisen työmaalle soveltuva turvallisuuden seurantalomake.

Laadunhallinta ja sisäinen auditointi

Käytössä olevaan laadunhallintajärjestelmään lisättäisiin kuvaukset laadunvarmistuksesta, ohjeistus laadunvarmistamisen suorittamisesta sekä henkilökunnan perehdyttäminen laadunvarmistuksen suorittamiseen lisäksi sisäisissä auditoinneissa voitaisiin varmentaa henkilökunnan perehdytyksien ja ohjeistuksien ajantasaisuudet. Sisäiset auditoinnit (liite 1) on mahdollista suunnitella vuosikellolle, jolloin järjestelmällinen ja aikataulutettu toiminta parantaa auditointien suorittamista. Suunnitelman mukaiset aikataulutetut toiminnot olisi hyvä myös sijoittaa osaksi laadunhallintajärjestelmää.

5.2 Laadunvarmistamisen työkalu

Rakeisuuden määrittämiseen suunnitellun Excelin käyttäminen on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi. Excel-ohjelman tarvittavat laskukaavat sekä muut tiedot ovat ennalta määriteltäviksi rekistereihin, joita on mahdollista täydentää tarvittaessa. Ohjelma ohjaa valitsemaan oikeat tiedot alusvetovalikoista ja tarvittavat päivämäärät kalenteri toiminnoista sekä näytteenmassojen syöttämiseen on selkeät kohdat massojen syöttämistä varten. Kun tarvittavat tunnistetiedot ja näytteenmassat ovat syötetty, ohjelma muodostaa tulostettavan raportin suoraan syötettyjen tietojen pohjalta. Raportista nähdään määritetyn näytteen tunnistetiedot, graafinen esitys rakeisuuden jakautumisesta sekä tarvittaessa useamman näytteen keskiarvotiedot. Ohjelma vertaa rekisterissä olevan tiedon perusteella tutkittavana olleen näytteen rakeisuutta, hyväksytyihin raja-arvoihin.

Lajitteiden rakeisuuden raja-arvot ovat ennalta määriteltäviksi Excelin Ohjealue-rekisteriin. Ohjealueet eri lajitteille on MaaRyl- ja InfraRyl-aineiston määritelmien mukaisia, joten ne ovat suoraan hyödynnettävissä jalostamisessa tuotettaville lajitteille. Tarvittaessa ohjealueet ovat muokattavissa rekisteristä ja ne siirtyvät sieltä määritellylle lajitteelle ja tulevat esille raporttiin.

Tutkittavat tuotteet ovat koottu Lajike-rekisteriin, jossa ne ovat luokiteltu materiaalin lajitteen ala- ja ylärajojen (d/D) mukaan. Esimerkiksi lajite HK 0–8, tarkoittaa hiekkaa, jossa materiaalin raekoon alaraja on 0 mm ja yläraja 8 mm. Lajitteen ollessa esimerkiksi 3–8, tällä tarkoitetaan katkaistua lajitetta, jonka alaraja on suurempi kuin nolla eli tässä tapauksessa 3 mm ja yläraja 8 mm. Kyseisestä lajikkeesta on poistettu seulomalla alarajaa pienemmät jakeet.

Excelin käyttäminen

Excel-ohjelmassa rakeisuuden määrittäminen aloitetaan tietojen lisäämisellä, jotka valitaan veto-laatikoista. Valinnat tulevat esille luettelona, kun aktivoidaan haluttu syötettävä tieto. Syötettävät tiedot (kuva 22) ovat asiakas, urakoitsija, paikka, laboratorio, diaarinumero, näytetunnus, näytteenottoväli, tuotantomäärä, lajite, näytteenottopäivämäärä, näytteenottaja, suorituspäivä, seulontatapa, näytteenottotapa, laborantti ja yhteyshenkilö. Tietojen perusteella suoritettava testaus yksilöityy ja dokumentti on arkistoitavissa laadunvalvonnan järjestelmään.

Asiakas	Kettumäki Oy	Diaarinumero	1/2025K
Urakoitsija	Kettumäki Oy - Tuotanto	Näytetunnus	1
Paikka	Kettumäki - Tuotantoalue	Näytteenottoväli	1000 t
Laboratorio	Kettumäki Oy/Oma-valvonta Labra	Tuotantomäärä	5000 t

Lajite	Sr 0/8	Seulontatapa	Pesuseulonta 933-1
Näytteenottopvm	26.3.2025	Näytteenottotapa	Hihnalta
Näytteenottaja	- Testaaja 1 -	Laborantti	- Testaaja 2 -
Suorituspäivä	27.3.2025	Yhteyshenkilö	- Laadunvarmistaja 1 -

Kuva 23. Exceliin lisättävät tiedot.

Testinäytteen tutkimisen yhteydessä punnitut massat (kuva 23) syötetään Excelissä esitettyihin soluihin, jotka muodostuvat standardin mukaisista ohjeseuloista (liite 3) raekoon mukaisesti. Ohjelma muodostaa massojen perusteella testattavalle näytteelle vesipitoisuuden ja graafisen esityksen raekokojakaumasta. Lisäksi on mahdollista saada myös useamman näytteen keskiarvon muodostuminen tulostettavaan raporttiin mukaan.

Seula	Massa (g)	Kokonaispaino		g
45				
31,5		Näytteenmassa M		g
22,4				
16		Kuivattu ≤ 31,5		g
11,2		Pesty kuivattu ≤ 31,5		g
8				
5,6				
4				
2				
1				
0,5				
0,25				
0,125				
0,063				
Pohja				

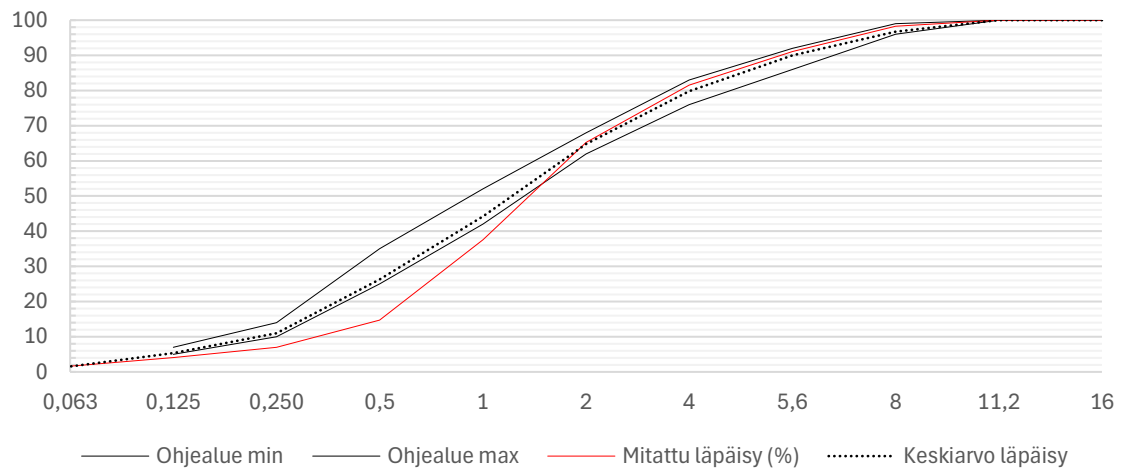
Kuva 24. Punnittujen massojen syöttäminen Exceliin rakeisuuden määrittämistä varten.

Vaihtoehtoisessa menetelmässä punnittuja massoja (kuva 24) tarvitsee syöttää jonkin verran enemmän, jotta Excel pystyy laskemaan ekvivalentti massoja osanäytteestä. Vaihtoehtoista menetelmää (kappale 4.3.2) voidaan hyödyntää suunnitellussa Excel-laskentamallissa jo $D \geq 16$ mm oleville testinäytteille tai standardin mukaisesti $D \geq 31,5$ mm testinäytteille. Näytteenjakaminen jo $D \geq 16$ mm:stä alkaen on suositeltavaa ja $D \geq 31,5$ mm:stä alkaen velvoittavaa. Vaihtoehtoista menetelmää ei tule suorittaa kuivaseulontaa hyödyntämällä, vaan testaus suoritetaan aina pesuseulonnan menetelmää noudattamalla. Kosteuden määrittämiseksi laboratorionäytteestä on mahdollista ottaa rinnakkaisnäytteitä, olettaen testattavien näytteiden olevan samankaltaisia. Rinnakkaisnäytteistä saaduilla massoilla voidaan tehdä kosteudenmääritys, rakeisuuden määrittämisen yhteydessä. Tällä menetelmällä voidaan vähentää testaukseen kuluva aikaa.

Seula	Massa (g)			
63				
56				
45		Kokonaispaino		g
31,5		Näytteenmassa		g
22,4				
16		Näytteenmassa ≤ 16		g
11,2		Näytteenmassa ≥ 16		g
8				
5,6				
4		Osanäyte ≤ 16 kuiva		g
2		Osanäyte ≤ 16 pesty/kuivattu		g
1				
0,5				
0,25				
0,125		Kosteusprosentin laskeminen		
0,063		Kosteus	märkä	
Pohja		alle 16	kuiva	g

Kuva 25. Punnittujen massojen syöttäminen Exceliin, vaihtoehtoisessa menetelmässä.

Excel työkalusta saatavan graafisen esityksen (kuva 25) avulla on helpompi tarkastella tuotteen raekokojakaumaa. Samasta tuotantoerästä otettujen testinäytteiden keskiarvo saadaan testattavan näytteen kanssa samaan grafiikkaan tai vaihtoehtoisesti selkeämmin esitettynä ilman yksittäisen testinäytteen informaatiota. Graafisessa esityksessä x-akselilla esitetään testissä mukana olleiden seulojen koot ja y-akselilla esitetään seulan läpäisseen materiaalin kokonaismassaprosentti.



Kuva 26. Rakeisuuden määrittämisellä saatava graafinen esitys raekokojakaumasta.

Testauksen luotettavuutta arvioitaessa seulonnan jälkeen tutkitun näytteen massojen summa ei saa erota enemmän kuin yhden prosentin jaetun/kuivatun näytteen massasta. Tulostettavaan raporttiin tulee merkintä testauksen luotettavuudesta. Ohjelmaan syötettyjen massojen perusteella, raportissa lukee "Testaus on onnistunut" tai "Testaus on suoritettava uudelleen". Tämän perusteella tiedetään suoritettujen testauksen luotettavuus sekä tiedostetaan tarvitseeko testausta suorittaa uudelleen. Yleisin syy epäluotettavaan testaukseen on, että materiaalia on jäänyt seulatasoille tai punnitus on suoritettu epätarkasti. Tulostettavan raportin (liite 4) avulla pystytään seuraamaan tuotteen raekokojakaumaa testattavan näytteen osalta sekä samasta tuotantoerästä otettujen useampien näytteiden keskiarvojen osalta. Näiden avulla verrataan toteutunutta raekokojakaumaa ennalta määriteltyihin raja-arvoihin.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kiviainesjalostamisen yhteydessä tehtävää laadunvalvontaa tuotannon aikana sekä laadunvalvontaa pyrittiin lähestymään hyödyllisistä näkökulmista, ottaen huomioon toimeksiantajan, henkilöstön ja asiakkaat. Opinnäytetyötä suunniteltaessa toimeksiantajan kanssa oli alusta alkaen yhteinen näkemys, että tehdään ehdotuksen mukainen työkalu yrityksen sisäiseen laadunvarmistukseen. Tuotteiden sisäiselle laadunvarmistukselle koettiin olevan tarvetta siitäkkin näkökulmasta, että tämä tukee erittäin hyvin yrityksen aikaisempaa toimintaa. Sisäinen laadunvarmistaminen ei pois sulje aikaisempia toimintatapoja. Työ toteutui mielestäni tavoitteiden mukaisesti, pystyttiin kehittämään laadunvarmistusta rakeisuuden määrittämiseen tehdyllä työkalulla.

Tietopohjaa suunniteltaessa nousi itselle ajatus siitä, että tuotaisiin asiaa erinäkökulmista esille ja sitä, miten kokonaisuus rakentuu laadunvarmistuksen ympärille. Tämän pohjalta luotiin turvallisuuden ja sisäisen auditoinnin seurantaan lomakkeet sekä opinnäytetyön tietopohjassa lähestytään laadunvalvontaa hyödyttävien näkökulmien kautta. Haasteena pidin tällaisessa lähestymisessä sitä, että työn laajuus kasvoi ja ettei tietopohjan merkitys avaudu välttämättä riittävän selkeästi. Aikataulullisesti mentiin aivan kalkkiviivoilla, mutta työ valmistui kuitenkin hieman suunniteltua aikataulua myöhässä. Opinnäytetyön myöhästymisen vuoksi toimeksiantaja ei ole vielä ennättänyt hankkia ehdotettuja laitteita tätä kirjoittaessa, mikä olisi mahdollistanut testaamisen aloittamisen heti kevään tuotannon alkaessa.

Opinnäytetyötä tehdessä pääsi tutustumaan laadunhallintaan ja laadunvalvontaan monipuolisesti sekä aihetta koskeviin standardeihin, jotka ovat hankittavissa asiasta kiinnostuneille suoraan SFS Suomen standardit -verkkokaupasta. Luonnonsoran jalostamisessa käytettävien laitteiden tuntemus sekä tietämys niiden toiminnasta mahdollisti laaja-alaisemman näkemyksen tuomisen toimeksiantoon. Opinnäytetyössä perehdyttiin laadunvalvontaan useiden sidosryhmien vaikutuksien kautta huomioiden niiden näkökulmia ja keskinäisiä yhteyksiä. Kun laadunvalvonta nähdään laajempaan kokonaisuuteen organisaatioiden toiminnassa, näin saadaan parhain hyöty osoitettua omaan tekemiseen sekä myös yrityksen sidosryhmille.

Rakeisuuden määrittämisen ja siihen kehitetyn työkalun käyttöönottamisen helpottamiseksi pidettiin henkilökunnan kanssa yhteinen perehdytys, jossa kävimme myös opinnäytetyön kokonaisuuden lävitse. Kun toimitaan yhteneväisellä tavalla laadunvarmistuksen seurannassa saavute-

taan edustavaa ja luotettavaa tietoa yrityksen käyttöön. Samassa yhteydessä tutustuttiin opinnäytetyön osana toteutettuun turvallisuuden seurantalomakkeeseen ja sisäiseen auditointiin ehdotettuihin muutoksiin. Tehdyt lomakkeet ovat yrityksen käytettävissä tarpeiden mukaan.

Opinnäytetyön yhteydessä Excel-pohjalle toteutetulla rakeisuuskäyräanalyysillä voidaan tutkia kivimateriaalin raekokojakautumaa, sen ollessa 0–63 mm:n välillä. Rakeisuuden määrittäminen perustuu standardien ohjeistukseen ja on näin ollen riittävän luotettava menetelmä suoritettaessa tuotantoprosessissa syntyvien kiviaineslajikkeiden tutkimista. Laadunvalvonnalla toimeksiantaja varmentaa omasta jalostusprosessista saatavien tuotteiden laatutasoa, näin tuotteen valmistajana huolehditaan omalta osaltaan laadusta ja tehdään tarvittavat testaukset tuotannosta, ja samalla pystytään varmistumaan laatuvaatimustason täyttymisestä. Laadukkaitten kiviainesten tuottaminen palvelee toimeksiantajaa laajasti, kuten taloudellisten riskien hallinnassa, kun mahdolliset epäedullisten tuotteiden seuraamukset ovat minimoitu. Opinnäytetyö parantaa kiviainestuotantokapasiteettia, vähentää laadunvarmistamisesta johtuvia odotusaikoja ja laadunvalvonnan avulla saadaan tuotettua hyödyllistä mittareita toiminnan suorittamisen seurantaan ja lopuen lopuksi vaatimustason täyttäviä lopputuotteita.

Laadunhallinnassa laatujärjestelmien hyödyntäminen, yhdessä hyvin johdetun toiminnan kanssa, luovat positiivista viestiä yrityksestä ulospäin. Monesti maine yksi keskeinen menestystekijä, joka syntyy osaksi näistä elementeistä. Laatujärjestelmillä ja laadunvalvonnalla on kuitenkin omat kompastuskivensä, jos organisaatioissa ei olla sitouduttu toimimaan suunnitelman mukaisesti tai toimintoja ei saada jalkautettua osaksi jokapäiväistä toimintaa. Täyden hyödyn saamisen vuoksi toiminta tarvitsee ehdottomasti johdon ja henkilöstön sitoutumisen asiaan. Laatu voi jäädä tavaltaan ulkopuoliseksi hetkelliseksi hyödykkeeksi, minkä vuoksi voidaan saavuttaa vain lyhyen aikavälin etuja. Ulkopuolinen toimija havaitsee kyllä ajan kuluessa, ettei toiminta vastaa luvattua ja järjestelmä on pelkästään jonkin tekemä muodollisuus. Yhä enenemissä määrin organisaatioiden asiakkaat ovat nykyään kiinnostuneita toiminnan vaikutuksista ympäristöön ja keskusteluissa käydään kestävästä kehityksen merkityksestä. Nähdään ja arvostetaan muutakin kuin pelkkää kustannustekijää, kun solmitaan yhteistyösopimuksia. Suunnitelmallinen kokonaisuuden rakentuminen organisaation toiminnan ympärille palvelee laadukasta toimintaa ja on osa menestymistä kiristyvässä kilpailussa. Yleisesti organisaatioiden menestymistä varjostavat kovat kilpailuasetelmat, joten pelkkä tuotannon ajattelu kilpailutekijänä ei johda yleisesti parhaimpaan lopputulokseen. Kun tunnistaa ja ennen kaikkea tunnustaa toiminnan vahvuudet ja heikkoudet, niin pystyy kehittä-

mään ja kehittymään suunnitelmallisesti. Tarkasteltaessa omaa toimintaa omantontin ulkopuolelta, pystytään haastamaan itseä kriittisesti, mikä auttaa selventämään kehittämistä vaativia toimintoja.

Yrityksen menestymiseen omalla segmentillään ei ole yksi selitteistä ohjeistusta, kun menestyminen syntyy monista osatekijöistä, jotka tukevat toiminnan kokonaisuutta. Menestymiseen tarvitaan selkeät suunnitelmat eteenpäin menemiseksi sekä valmiutta kehittää omaa osaamista ja panostaa organisaation hyvinvointiin. Kun pidetään osaamisen kehittämistä mielekkäänä, saadaan tuotua helposti esille uusia näkökulmia työskentelyyn liittyen ja saadaan lisättyä oman työpanoksen merkitystä. Osaamisen kehittyminen luo lisää varmuutta tehtävien suorittamiseen ja samalla ammattimainen suhtautuminen haasteiden selvittämisessä paranee. Tulevaisuuden näkymät tekniikoiden kehityksessä sekä toiminnan muuttuessa vaativat ammatillista kehittymistä, kiinnostuneisuutta ja erityisesti vertaisoppimista.

Haluan kuitenkin korostaa, että opinnäytetyön toimeksiantoyrityksessä hoidetaan näitä laadunhallinnallisia asioita erittäin motivoituneesti ja läpinäkyvästi. Tietopohjaisen osion on tarkoitus tuoda esille näkökulmia laadunvalvontaan liittyen, ei niinkään ohjeistaa yrityksen järjestelmällistä toimintaa. Ennen kaikkea toivoisin tämän herättävän keskustelua nousevan sukupolven kanssa laadunvalvonnan kokonaisuuden tärkeydestä.

Kokonaisuudessaan toimeksianto oli erittäin mielenkiintoinen toteuttaa, ja suuntautuminen kaivannaistekniikkaan on ollut opintojen alusta alkaen harkittu valinta. Kaivannaisala on jatkuvasti kehittyvä osaamisalue, jossa nykyiset tekniikat ja kehittyvät innovaatiot luovat toimintaympäristöön uutta ympäristöystävällistä osaamista. Aihealueena kiviainesjalostaminen on itselle kiinnostava ja opinnäytetyö kehittää omaa ammattitaitoani tuleviin työelämän haasteisiin. Toimeksianton avulla saavutettiin arvokasta kokemusta asiantuntijatyöstä, joka tukee ammatillista kasvua omalta osaltaan. Toimeksiantajalle tämä kehittämistyö luo mahdollisuuden hyödyntää opinnäytetyötä yrityksen päivittäisessä toiminnassa sekä toiminnan kehittämisessä.

Jatkokehitysedotuksena olisi mielenkiintoista selvittää laadunvarmistamisesta tulevia vaikutuksia yrityksen toimintaan. Tarkastelun kohteena voisi olla yrityksen sisäisenä tarkastuksena tehdyt testaukset ja käydä läpi niiden tuloksia ja analysoida tuloksien perusteella millaisia vaikutuksia tulee esille. Tutkimus otantaa kannattaa ottaa pitemmältä aikaväliltä, kun laadunvarmistusmenetelmä on saatu integroitua osaksi yrityksen toimintaa.

Lähteet

1. Martinsuo M, Mäkinen S, Suomala P, Lyly-Yrjänäinen J. 1. Painos. Teollisuustalous. Kehittyvässä liiketoiminnassa. Keuruu: Edita Publishing Oy; 2016
2. SFS-ISO 933-1. Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä. Suomen standardisoimisliitto. 2012. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
3. Luonnonvarojen ja raaka-aineiden käyttö. Ympäristö. [Internet]. [viitattu 13.12.2024]. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi/kestava-kierto-ja-biotalous/luonnonvarojen-ja-raaka-aineiden-kaytto/maa-ainesten-otto>
4. Kaivannaiset ja turve. Ympäristö. [Internet]. [viitattu 13.12.2024]. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/kiertotalous/kaivannaiset-ja-turve>
5. L 1981/555. Maa-aineslaki. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810555>
6. Maa-ainesten ottamisen luvat ja ilmoitus. Ympäristö. [Internet]. [viitattu 13.12.2024]. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi/luvut-ja-veloitteet/maa-ainesten-ottamisen-luvat-ja-ilmoitus>
7. Maa-ainesten ottaminen. Opas ainesten kestäväään käyttöön. Ympäristöministeriö. [Internet]. 2023. [viitattu 13.12.2024]. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165063/YM_2023_30.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Maa-ainestenottoluvat ja kiviainesvarannot. Suomen ympäristökeskus. [Internet]. [viitattu 14.12.2024]. Saatavilla: <https://syke.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=9af59a7f70ee43e5a6cd43cc47980422>
9. Kiviainesselvitykset ja kiviainesten kiertotalous. Geologian tutkimuskeskus. [Internet]. [viitattu 14.12.2024]. Saatavilla: <https://www.gtk.fi/palvelut/kiviainesselvitykset-ja-kiviainesten-kiertotalous/>
10. Murskaustyöt. Tielaitos. [Internet]. 1999. [viitattu 8.3.2025]. Saatavilla: https://www.tieh.fi/thohje/pdf2/3700_arvonmuutosperusteet.pdf

11. Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. [Internet]. [viitattu 16.1.2024]. Saatavilla: <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>
12. Pihkala J. 6. Tarkastettu painos. Prosessiteknikka. Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Helsinki: Opetushallitus; 2023.
13. Crushing and Screening Handbook. Metso. [Internet]. 2023. [viitattu 5.3.2025]. Saatavilla: <https://www.metso.com/insights/e-books/crushing-and-screening-handbook/>
14. Paalumäki T, Lappalainen P, Hakapää A. 4. Painos. Kaivos- ja louhintateknikka. Helsinki: Kaivosteollisuus Ry ja Opetushallitus; 2018.
15. Haverila M, Uusi-Rauva E, Kouri I, Miettinen A. 6. Painos. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy; 2009.
16. SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Suomen standardisoimisliitto. 2015. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
17. Miten rakentaa organisaation laatuja järjestelmä. Arter. [Internet]. [viitattu 14.12.2024]. Saatavilla: <https://www.arter.fi/miten-rakentaa-organisaation-qehs-jarjestelma/>
18. Kuinka vastata ISO 9001 -standardin vaatimukseen. Artek. [Internet]. [viitattu 14.12.2024]. Saatavilla: <https://www.arter.fi/kuinka-vastata-iso-9001-standardin-vaatimukseen/>
19. Miksi menestyvät yritykset hallitsevat prosessinsa. Arter. [Internet]. [viitattu 14.12.2024]. Saatavilla: <https://www.arter.fi/miksi-menestyvat-yritykset-hallitsevat-prosessinsa/>
20. Viitala R, Jylhä E. 1. Painos. Johtaminen. Keskeiset käsitteet. Teoriat ja trendit. Keuruu: Edita Publishing Oy; 2019.
21. Kultanen T. 1. Painos. Esimies ongelmien aiheuttaja ja ratkaisija. Viro: Helsingin seudun kauppakamari; 2016.
22. Sisäinen auditointi. Excellence Finland. [Internet]. [viitattu 14.12.2024]. Saatavilla: <https://www.excellencefinland.fi/sisainen-auditointi/>

23. PKY-laatu. Kettumäki Oy. [Intranet]. [viitattu 14.12.2024].
24. METSTA. [Internet]. [viitattu 12.2.2024]. Saatavilla: <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2024/08/Opettaja-webinaari-13.8.2024.pdf>
25. Osallistu ja vaikuta. METSTA. [Internet]. [viitattu 12.2.2024]. Saatavilla: <https://metsta.fi/metsta-osallistu-ja-vaikuta-opas/>
26. Official Journal of the European Union. OJEU. [Internet]. [viitattu 12.2.2024]. Saatavilla: <https://www.ojeu.eu/>
27. SFS-EN 932. Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Suomen standardisoimisliitto. 1997. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
28. SFS-ISO 933. Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Suomen standardisoimisliitto. 2012. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
29. L 2002/738. Työturvallisuuslaki. 2002. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
30. Työnantajan vastuut. Työsuojelu. [Internet]. [viitattu 18.2.2024]. Saatavilla: <https://tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/vastuut-tyosuojelussa/tyonantaja>
31. Turvallisuusjohtaminen. Aluehallintovirasto. [Internet]. [viitattu 18.2.2024]. Saatavilla: https://tyosuojelu.fi/documents/154017715/168016298/Turvallisuusjohtaminen_TSO_35.pdf/ef0c3554-4593-49d6-9530-64c28f404cb0/Turvallisuusjohtaminen_TSO_35.pdf?t=1716445560228
32. Työturvallisuus – johtamisen ABCD. EcoOnline. [Internet]. [viitattu 18.2.2024]. Saatavilla: <https://www.info.ecoonline.com/fi/oppaat/tyoturvallisuusjohtamisen-abc>
33. Kaivosturvallisuusopas. Työturvallisuuskeskus. [Internet]. [viitattu 18.2.2024]. Saatavilla: <https://ttk.fi/julkaisu/kaivosturvallisuusopas/>
34. Murskamittari. Infra Ry. [Internet]. [viitattu 18.2.2024]. Saatavilla: https://rt.fi/wp-content/uploads/2024/01/infra_murska-mittari_b5_06072018-1_web.pdf
35. MVR-Mittari. Infra Ry. [Internet]. [viitattu 18.2.2024]. Saatavilla: https://rt.fi/wp-content/uploads/2024/01/mvr-mittari_fi_a5_24092017-1_web.pdf

36. CE-merkintä. Rakennustieto. [Internet]. [viitattu 7.3.2025]. Saatavilla: <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK150101.pdf>
37. CE-merkintä. Euroopan komissio. [Internet]. [viitattu 7.3.2025]. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/12322?locale=fi>
38. 100 vuotta Suomen standardeja. SFS Suomen standardit. [Internet]. [viitattu 12.2.2024]. Saatavilla: <https://sfs.fi/sfs-ry/meista/100-vuotta-suomen-standardeja/>
39. SFS 7005. Sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin käytettäviltä kiviaineksilta talonrakentamisessa, maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. Suomen standardisoimisliitto. 2022. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>.
40. SFS-EN 932-1. Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Näytteenottomenetelmät. Suomen standardisoimisliitto. 1997. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
41. SFS-EN 933-2. Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Rakeisuuden määrittäminen. Seulasarjat, aukkojen nimelliskoko. Suomen standardisoimisliitto. 2012. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
42. SFS-EN 932-5. Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Yleiset laitteet ja kalibrointi. Suomen standardisoimisliitto. 2012. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>.
43. Näytteenkäsittely. Teopal. [Internet]. [viitattu 20.3.2025]. Saatavilla: <https://teopal.fi/naytteenkasittely/>
44. SFS-EN 932-2. Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Laboratorionäytteiden jakaminen. Suomen standardisoimisliitto. 1997. Saatavilla: <https://online.sfs.fi>
45. Kettumäki Oy. [Internet]. [viitattu 6.12.2024]. Saatavilla: <https://www.kettumaki.fi/>

Kansikuvan lähde

Kettumäki Oy. Logo. [Internet]. [viitattu 6.12.2024] Saatavilla: <https://www.kettumaki.fi/>

Vuosikello-lomake

Kettumäki Oy

Sisäinen auditointi

2025

<i>Auditoinnin kohde</i>	<i>Kevät</i>	<i>Kesä</i>	<i>Syky</i>	<i>Talvi</i>
Laatujärjestelmä Ajantasaisuus, seuranta, raportointi				
Sopimukset				
Laatutavoitteet Vaatusien mukaisuus				
Pätevyudet				
Kiviainestuotanto -Ohjeistukset				
Työtilat				
Turvallisuuskävely				
Siisteyskierrös				
Asiakastyytyväisyys				
Poikkeamien analysointi				
Koulutukset				

Turvallisuusmittari-lomake

Kettumäki Oy

Turvallisuusmittari

PVM: _____

2025

Mittaaja: _____ Työmaa: _____

MITTAUSKOHDE	OIKEIN	YHT.	VÄÄRIN	YHT.	HUOM:
1: Työskentely * Suojaintenkäyttö * Koneiden käyttö * Riskinotto					
2. Kalusto * Työkoneet * Pienkalusto * Sähköistys					
3. Seula * Nousutiet, Huoltotasot, Kaiteet * Kuljettimet * Seula * Siisteys					
4. Muut työt ja Työvaiheet * Työmaaliikenne * Kulkutiet * Raaka-aineen otto ja varastointi					
5. Järjestys ja Varastointi * Yleisjärjestys * Pölyntorjunta * Jäteastiat * Poltto- ja voiteluaineet					
	OIKEIN YHT:		VÄÄRIN YHT:		
	$\text{Indeksi \%} = \frac{\text{Oikein}}{\text{Oikein} + \text{Väärin}} \times 100$ Indeksi %=				

Ohjeseulat rakeisuuden määrittämisestä SFS 7005:2022 mukaisesti

Seula (mm)	Tutkittavan näytteen raekoko (mm)						
	0-11	0-16	0-22	0-32	0-45	0-56	0-63
0,063	x	x	x	x	x	x	x
0,5	x	x	x	x	x		
1	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x		x		x	x
5,6	x		x		x		
8		x		x		x	x
10							
11,2	x		x		x		
16	x	x		x		x	x
20							
22,4	x	x	x		x		
31,5		x	x	x		x	x
40							
45			x	x	x		
56						x	
63				x	x		x
80						x	
90					x		x
110						x	
125							x

Raportti

Kettumäki Oy

KIVIAINEJALOSTAMISTA VUODESTA 2014

LABORATORIOPALVELUT
RAKEISUUSTUTKIMUS

Asiakas	Kettumäki Oy	Diaarinumero	1/2025K
Urakoitsija	Kettumäki Oy - Tuotanto	Näytetunnus	1
Paikka	Kettumäki - Tuotantoalue	Näytteenottoväli	1000 t
Laboratorio	Kettumäki Oy/Omavalvonta Labra	Tuotantomäärä	5000 t

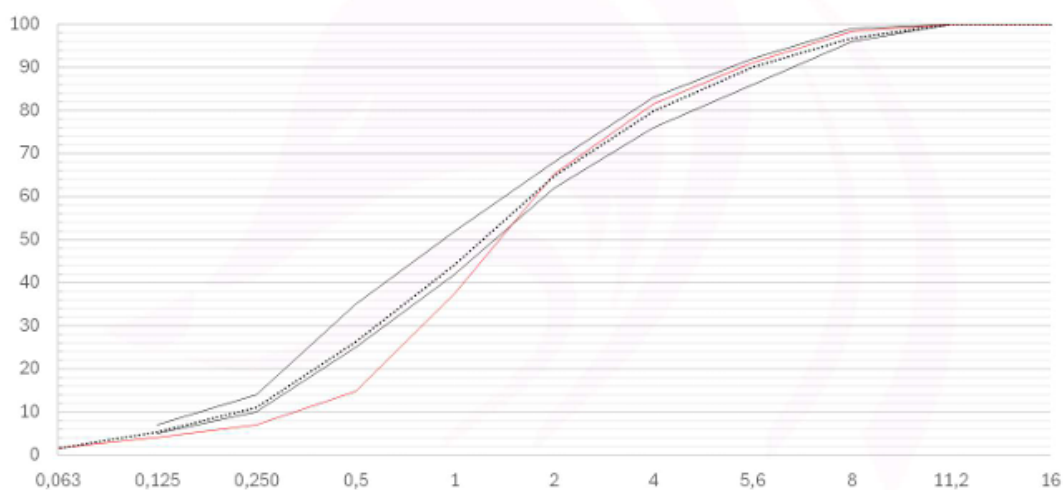
Lajite	Sr 0/8	Seulontatapa	Pesuseulonta 933-1
Näytteenottopvm	26.3.2025	Näytteenottotapa	Hihnalta
Näytteenottaja	- Testaaja 1 -	Laborantti	- Testaaja 2 -
Suorituspäivä	27.3.2025	Yhteyshenkilö	- Laadunvarmistaja 1 -

Vesipitoisuus 1,3 %
Hienoainepitoisuus ≤ 0,063 1,6 %

Testauksen luotettavuus

*Testaus onnistunut

Seula	Ohjealue		Läpäisy %	Keskiarvo %
	min	max		
16	100	100	100	100
11,2	100	100	100	100
8	96	99	98	97
5,6	86	92	91	90
4	76	83	81	80
2	62	68	65	65
1	42	52	38	44
0,5	25	35	15	26
0,25	10	14	7	11
0,125	5	7	4	5
0,063			1,6	1,5



Päiväys 27.3.2025

Allekirjoitus

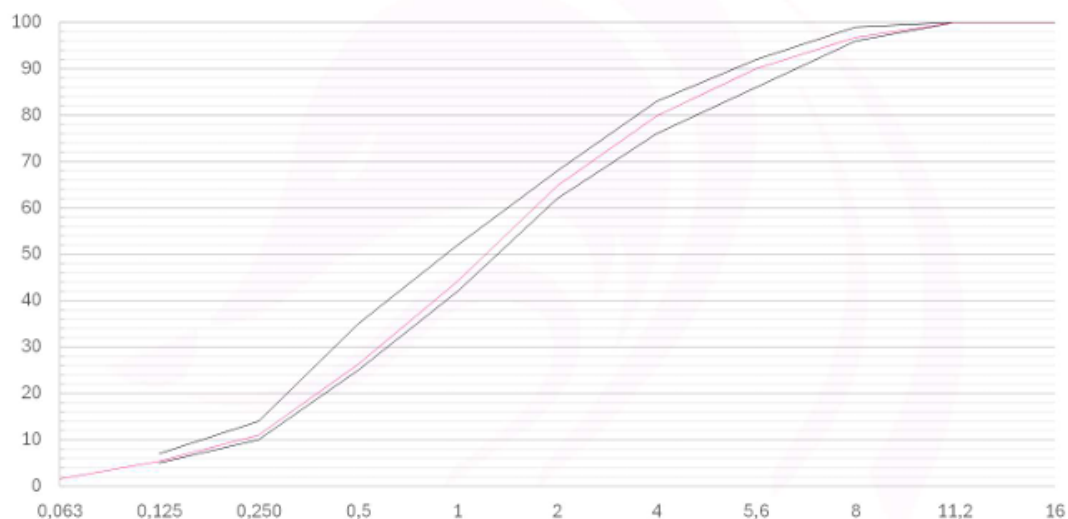
- Testaaja 2 -

Asiakas	Kettumäki Oy	Näytteenottoväli	1000 t
Urakoitsija	Kettumäki Oy - Tuotanto		
Paikka	Kettumäki - Tuotantoalue		
Laboratorio	Kettumäki Oy/Omavalvonta Labra		

Lajite	Sr 0/8	Seulontatapa	Pesuseulonta 933-1
		Näytteenottotapa	Hihnalta

Näytteitä 3 kpl
Vesipitoisuuden keskiarvo 1,4 %

Keskiarvot			
Seulat	min	max	Keskiarvo
16	0	100	100
11,2	0	100	100
8	0	98	97
5,6	0	91	90
4	0	81	80
2	0	65	65
1	0	48	44
0,5	0	32	26
0,250	0	13	11
0,125	0	6	5
0,063	0	1,6	1,5



Numero →	1	2	3	0	0	0	0	0	0
Päivä →	27.3.2025	29.3.2025	29.3.2025	0.1.1900	0.1.1900	0.1.1900	0.1.1900	0.1.1900	0.1.1900
45	100	100	100	0	0	0	0	0	0
31,5	100	100	100	0	0	0	0	0	0
22,4	100	100	100	0	0	0	0	0	0
16	100	100	100	0	0	0	0	0	0
11,2	100	100	100	0	0	0	0	0	0
8	98	97	95	0	0	0	0	0	0
5,6	91	90	89	0	0	0	0	0	0
4	81	80	78	0	0	0	0	0	0
2	65	65	64	0	0	0	0	0	0
1	38	48	47	0	0	0	0	0	0
0,5	15	32	32	0	0	0	0	0	0
0,250	7	13	13	0	0	0	0	0	0
0,125	4	6	6	0	0	0	0	0	0
0,063	1,6	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0