

Jouni Jaakola

Tutkimuskivinäytteiden sahausprosessissa syntyvän kiintoaineksen erottelu nesteestä



Insinööri

Kone-

ja tuotantotekniikka

Syksy 2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Jaakola Jouni

Työn nimi: Tutkimuskivinäytteiden sahausprosessissa syntyvän kiintoaineksen erottelu nesteestä

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Kiintoaine, suspensio, erottelu

Opinnäytetyön aiheena oli kairattujen tutkimuskivinäytteiden sahausprosessissa syntyvän sivuvirran puhdistaminen kiintoaineesta. Työn toimeksiantajana toimi Palsatech Oy, joka tuottaa pääasiallisten palvelujensa ohella kairattujen tutkimuskivinäytteiden sahauspalveluja. Työssä tutkitaan sekä teoria, että käytännön tasolla erilaisia erotustekniikoita kiintoaineen erottelemiseksi nesteestä.

Työn alkuvaiheessa suoritettuna sahausjakson aikana tutustuttiin sahattavien tutkimuskivien ominaisuuksiin, ja niiden eri vaikutuksiin sahausprosessissa. Tämän lisäksi sahausjaksolla tutkittiin erilaisia sahaustekniikoita, joilla arvioitiin olevan merkitystä sahasta syntyvän sivuvirran käyttäytymiseen. Jakson aikana haastateltiin myös sahaa käyttäviä työntekijöitä sekä pohdittiin heidän näkemyksiään, mitä ongelmia he olivat prosessissa kokeneet.

Työn aikana ilmeni odotettuja ongelmia, jotka liittyivät sahasta irtoavan sivuvirran käyttäytymiseen ja kiintoaineen erotukseen nesteestä. Partikkelikoon pienuus aiheutti isoimmat ongelmat prosessissa. Toimeksiantajalla oli käytössä väliaikainen kiintoaineen erotusjärjestelmä ja tehtävänä oli parantaa nykyisen prosessin tehokkuutta erotusprosessissa sekä antaa tutkimustuloksia ja huomioita tulevaa prosessia varten.

Työssä suoritettujen laajojen partikkeli- ja laskeutuskokeiden tutkimustulosten perusteella suoritettiin käytännön koe joka tuki olettamusta, että haluttu ratkaisu kiintoaineen erotteluun löytyi. Työssä suoritettu käytännön koeympäristö kuitenkin muuttui hieman alkuperäisestä suunnitellusta ympäristöstä, joten tuloksissa on havaittavissa pieniä epävarmuustekijöitä.

ABSTRACT

Author(s): Jaakola Jouni

Title of the Publication: Solid Separation from Suspension in the Sawing Process of Drilled Rock Samples

Degree Title: Engineering, Mechanical and Production Engineering

Keywords: Solid, suspension, separation

The subject of the thesis was to develop the sawing process of drilled rock samples. The work was commissioned by Palsatech Ltd, which produces drilled rock samples cutting services. The purpose was to separate the solids from the suspension, which is generated in the cutting process. The survey introduces the theory and practical level of a variety of techniques, how to separate the solids from the liquid.

The first stages of the work deals with sawing drilled rock samples into manageable pieces. A variety of cutting techniques was studied during the period. Cutting techniques affect the sawing process of the rocks, as well as the formation of the suspension. Also, other workers were interviewed during this period and their views asked about what kind of problems they experienced in the process.

During the work it was shown, as was expected, that there were many problems in the separation process and the suspension behavior and the separation of solids from the liquid. The small particle size caused the biggest problems in the process. The contractor used a temporary solids separation system, and the purpose of the thesis was to improve the effectiveness of the current process and, also, to show the research results and comments for future process.

Many particle sizes and settling tests were studied during the project. During the tests with different chemical solutions an effective solution was found that successfully separated the liquid from the solid.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 KIINTOAINEEN EROTTAMINEN NESTEESTÄ.....	2
2.1 Yleistä	2
2.2 Suodatus	3
2.2.1 Suotoväliaine.....	4
2.2.2 Suodatusnopeus	5
2.3 Lingonta	5
2.4 Laskeuttaminen.....	6
2.4.1 Laskeutukseen vaikuttavat tekijät.....	7
2.4.2 Flokkulointi	8
2.4.3 Flokin muodostuminen	9
3 PROSESSIN KUVAUS.....	11
3.1 Yritysesittely	11
3.2 Kairattujen kiviäytteidien sahausprosessi.....	11
4 ALKUTILANNE.....	14
5 PROSESSISTA SYNTYVÄN LIETTEEN TUTKIMUKSET.....	17
5.1 Kiintoainepitoisuuden vaikutus prosessissa	17
5.2 Partikkelikokeet	18
5.3 Työn tulokset.....	21
5.4 Päätelmät	24
6 FLOKKULANTIN VAIKUTUS LIETTEESEEN	25
6.1 Laskeutuskokeet	25
6.2 Flokkulantin testaus käytännön prosessissa	29
6.3 Käytännön kokeen tulokset	31
6.4 Muita huomioita.....	34
7 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kairattujen tutkimuskivinäytteiden sahausprosessissa syntyvän sivuvirran eli kivi-vesisakan käsittely. Työn tilaajana toimi Palsatech Oy, jonka toimitusjohtaja Mika Alasuutari toimi työni ohjaajana yrityksen puolesta.

Kairattujen tutkimuskivinäytteiden sahausprosessissa on ollut ongelmia sahasta syntyvän kivi-vesisakan käsittelyssä. Vesihiontaan perustuva timanttisahausta tuottaa kohtuullisen määrän kivi-vesisakkaa, joka on käsiteltävyydeltään hyvin haastavaa. Terältä irtoava kiviaines on partikkelikooltaan hyvin hienoa, ja veden kanssa sekoituessaan sen hävittäminen on ongelmallista. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on etsiä keinoja kyseisen materiaalin kiintoaineksen erottelemiseen nesteestä.

Sakan käyttäytymistä tutkittiin kuukauden sahausjakson ajan, jolloin prosessissa olevat ongelmat alkoivat ilmetä. Sahalla on käytössä väliaikainen kiviaineksen erottelujärjestelmä, joka koostuu neljästä eri laskeutusaltaasta. Laskeutusaltaiden tarkoituksena on erotella kiviaines vedestä, ja viimeisestä altaasta vesi johdetaan takaisin terälle, eli kyseessä on jatkuva sisäinen kierto. Seurantajakson aikana huomattiin, että sahalla irtoava kiviaines ei laskeudu riittävän tehokkaasti laskeutusaltaissa. Terälle laskeutusaltailta takaisin tuleva vesi oli sameaa ja se sisälsi runsaasti kiintoainetta. Työn tarkoituksena on saada kiintoaines erilleen vedestä ja taata sahalle tulevan veden riittävä puhtaus, jotta sahalle tulevat kiviäytteet eivät kontaminoidu prosessivedestä. Opinnäytetyössä tehtiin partikkeli-kokoanalyyskejä, joilla tutkittiin prosessissa olevan kiintoaineksen ominaisuuksia. Työssä tutkittiin myös flokkuloivien aineiden vaikutusta sivuvirtaan sekä laboratoriotasolla että käytännössä olemassa olevaan laskeutusallasjärjestelmään.

2 KIINTOAINEEN EROTTAMINEN NESTEESTÄ

2.1 Yleistä

Kiintoaineen erottaminen nesteestä on yksi prosessiteollisuuden yleisimmistä yksikköoperaatioista. Kiintoaineiden erotuksessa seoksesta erotellaan jokin komponentti, joka on muodostunut alla esitetyillä tavoilla.

- kiintoaine-neste (suspensio)
- kiintoaine-kaasu (savukaasut, pöly)
- kiintoaine-kiintoaine (malmijauhe)

Teollisuuden eri yksikköoperaatioissa käytetään muutamia yleisiä erotusmenetelmiä joita ovat:

- suodatus
- lingonta
- sakeutus ja selkeytys

Menetelmää valittaessa tulee kiinnittää huomiota lietteen ominaisuuksiin. Myös kiintoaineen ominaisuuksilla on suuri merkitys. Näistä tärkeimpiä ovat partikkelin muoto ja tiheys sekä partikkelikokojakauma. [1.] Alla olevassa taulukossa (1) on eroteltu eri suspensiotyypit raekokoon perustuen.

Taulukko 1. Suspensiotyypit raekokoon perustuen [1, s. 82.]

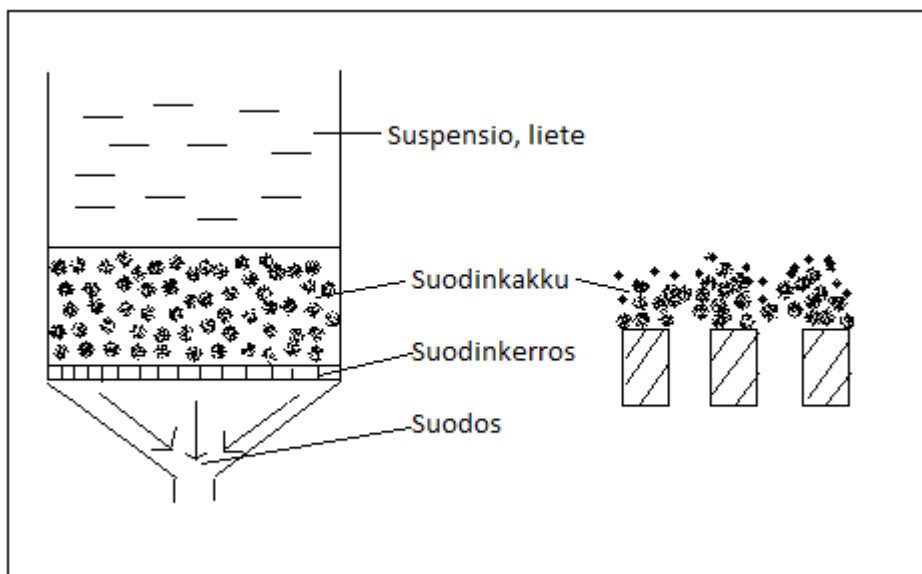
Suspensiotyyppi	Karkea	Hieno	Lieju	Kolloidinen
Raekoko (µm)	>100	100...0,5	0,5...0,1	<0,1

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kiintoaine-neste eli suspension erotusmenetelmiä. Työn tarkoituksena on löytää keino, jossa neste erotellaan kiintoaineesta, sillä nestettä halutaan käyttää prosessissa uudelleen.

2.2 Suodatus

Suodatus on teollisuudessa käytetty yleinen menetelmä nesteiden ja kaasujen puhdistamiseen tai kiintoaineksen talteenottoon. Nesteiden puhdistaminen ei ole varsinaista suodattamista, vaan niistä käytetään termiä kirkastaminen tai selkeyttäminen. Tällaiset nesteet sisältävät vain vähän kiintoainetta. Kun poistettavaa kiintoainesta on paljon, puhutaan varsinaisesta suodattamisesta. [2.]

Suodatuksen periaatteena on, että kiintoaine erotetaan suspensiosta väliaineen avulla. Suodattava väliaine vaikuttaa suoraan suodatuksen lopputulokseen. Ohuista materiaaleista koostuvia suotoväliaineita ovat esimerkiksi suodatinverkko, -paperi tai suodatinkangas. Suodinkerros, esimerkiksi verkko, päästää sen aukkoja pienemmät kiintoainehiukkaset lävitse ja suuremmat hiukkaset jäävät suodinkerroksen pinnalle. [1,2.]



Kuva 1. Suodatuksen periaate ja suodinkerroksen muodostuminen [3, s. 57.]

Suodinkerroksen yläpuolelle muodostuu suodinkakku. Kakku sisältää suuren määrän erikokoisia kiintoainehiukkasia. Suodatuksen aikana suodinkerroksen läpi pyrkii menemään suodinkerrosta pienempiä hiukkasia. Tämä ilmiö poistuu, kun suodinkerroksen päälle jäävät isommat hiukkaset muodostavat tiukemman suodinkerroksen, joten myös pienemmät hiukkaset jäävät suodinkerroksen päälle. [3.]

Suodatusprosessissa kiintoainetta sisältävä neste voi kuitenkin kulkea suodinkerroksen läpi vain jonkin alla esiteltujen vaikuttavien voimien johdosta:

- keskipakovoima
- nesteeseen vaikuttava paine
- nesteeseen vaikuttava alipaine
- painovoima

Yleinen suodatusmenetelmä on niin kutsuttu kakkusuodatus. Suodinlaitteiden valmistajilla on tarjolla erilaisia laitteistoja, riippuen suodatettavan materiaalin ominaisuuksista. Suodinlaitteistojen periaate on kuitenkin kaikissa laitteissa sama: suodatuksessa kiintoaine erotetaan lietteestä huokoisen materiaalin avulla. [1.]

2.2.1 Suotoväliaine

Kiintoaineen ominaisuudet määräävät suotoväliaineen valinnan, parhaimman ja halutuimman suodatustuloksen takaamiseksi. Suotoväliaineen tulee kestää prosessissa mahdollisesti olevat kemikaalit, kiintoaineen kuluttavuus sekä kiintoaineen raekoon eri muotojen vaikutukset. Suotoväliaineiden valinnassa pitää ottaa huomioon myös, kuinka kirkas suodos halutaan ja kuinka hyvin se läpäisee nestettä. Samalla tulee estää mahdollinen kiintoaineen tarttuminen suotoväliaineeseen. Väliaineen lujuus ja lämpötilan vaihtelujen reagointi väliaineeseen tulee ottaa myös huomioon. Suotoväliaineena voi toimia esimerkiksi verkko, huokoiset levyt, paperi tai erilaiset kudokset. Prosessiteollisuudessa käytetään myös erilai-

sia tekokuitukankaita, piimaata ja siitä valmistettuja suotolevyjä. Tyypillisiä suotväliaineita ovat myös erilaiset suodatinkankaat, esimerkiksi polypropeenihuopa sekä nailonverkko. [3.]

2.2.2 Suodatusnopeus

Suodatusnopeuteen vaikuttavat monet eri tekijät. Näistä tyypillisimpiä ovat kiintoainehiukkasten koko, suodatettavan suspension lämpötila sekä suspensioon aiheutuva yli- tai alipaine. Suurin suodatusnopeuteen vaikuttava tekijä on suotväliaineesta ja kakusta syntyvä virtausvastus. Suodatusprosessin edetessä virtausvastus kasvaa, josta voi seurata erilaisia häiriötekijöitä prosessissa, esimerkiksi suodatusaika kasvaa tarpeettoman suureksi saatuun hyötyyn nähden. Myös suspension kiintoainehiukkasten koolla ja viskositeetillä on merkitystä suodatusnopeuteen. Pienemmän viskositeetin sekä suuremman kiintoainekoon omaavalla suspensiolla on suurempi suodatusnopeus, kun taas pienet, hienojakoiset kiintoainehiukkaset hidastavat suodatusprosessia vastuksen kasvaessa. [1,3.]

2.3 Lingonta

Lingonnaksi kutsutaan keskipakoisvoimaan perustuvaa kiintoaineen erotusta nesteestä. Lingonnassa käytettyjä laitteita ovat kori- liete- ja lautaslingot, joita kutsutaan sentrifugeiksi. Sakeutusperiaatteella toimivassa lingossa pyörivä rumpu kiertää kehää vaaka- tai pysty akselin suuntaisesti. Rummun seinät ovat ehjät, joten kiintoaines sakeutuu ja neste selkeytyy. Suodatusperiaatteella toimivissa lingoissa rumpu on rei'itetty ja niiden päälle on asennettu suodinkangas, jonka päälle kiintoaines muodostaa kakun ja neste läpäisee suodinkankaan. [2.] Kuvassa 2 on esitetty laboratorio-olosuhteissa käytetty sakeutusperiaatteella toimiva linko, jossa näytteet on asetettu niihin tarkoitettuihin ampulleihin, jotka asetetaan koriin pyörimään.



Kuva 2. Keskipakoisvoimaan perustuva sakeutuslinko.

Keskipakoisvoimaan perustuvaa lingontaa käytetään hyväksi teollisuudessa muun muassa silloin, kun partikkelikoko on hyvin hienojakoista eikä sitä saada eroteltua nesteestä painovoiman avulla. Lingontaa käytetään myös erottamaan emulsioita sekä puhdistamaan nesteitä, joissa on vähän kiintoainetta. [1.]

2.4 Laskeuttaminen

Laskeuttamisella tarkoitetaan sellaista prosessia, jossa kiintoaine erottuu nesteestä painovoiman avulla. Partikkelikoko suurenee laskeuttamiseltaan pohjaa kohden ja altaan yläosaan muodostuu teoriassa lähes kiintoaineeton nestekerros. Prosessista muodostuu painovoimaa hyväksikäyttäen kaksi erilaista tuotetta, kiintoaine ja neste. Tätä prosessia kutsutaan joko sakeutukseksi tai selkeytykseksi, riippuen siitä, kumpi on haluttu tuote, kiintoaine (alite) vai neste (ylite). [1, s. 83.]

2.4.1 Laskeutukseen vaikuttavat tekijät

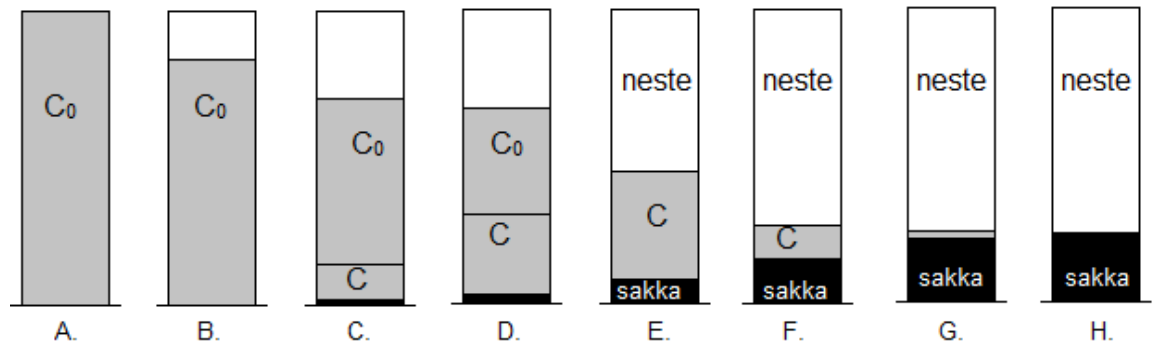
Kiintoaineen määrällä ja partikkelikoolla on suuri merkitys laskeutukseen. Laskeutuksessa suurimman partikkelikoon omaavat kiintoaineshiukkaset ja painavammat mineraalit laskeutuvat tehokkaimmin, kun taas pienimmät kiintoainepartikkelit laskeutuvat suspensiossa erittäin hitaasti. Partikkelin laskeutumisenopeudelle on määritetty useita erilaisia kaavoja. Laskutapaan vaikuttaa partikkelin muoto, eli onko se esimerkiksi pallomainen, särmikäs, pitkulainen, levymainen vai jonkin muun muodon omaava partikkeli. Edellä mainituista pallon muotoinen partikkeli laskeutuu nopeammin kuin esimerkiksi levymainen, johtuen levymäisen kappaleen aiheuttamasta vastuksesta. [1.]

Eri lähteissä on esitetty useita erilaisia laskukaavoja partikkelien laskeutumisenopeuden laskemiseen. Yleisimmät laskukaavat pätevät ainoastaan laimeissa suspensioissa, silloin kun lietteen kiintoainepitoisuus on $x < 0,5$ tilavuusprosenttia. Sakeissa suspensioissa $x > 0,5$ tilavuusprosenttia laskeutumista hidastaa nesteiden suurentuminen ja nesteen ylösvirtaus. Kiintoainepitoisuuden kasvaessa partikkelit pyrkivät lähentymään toisiaan ja pyrkivät muodostamaan isompia partikkeleita, niin sanottuja flokkeja. [2.]

Laskeutumisenopeutta voidaan teoriassa yrittää laskea, mutta todellisia, käytännön tilanteisiin soveltuvia, yksiselitteisiä matemaattisia lausekkeita suspensioiden laskeutumisenopeudelle ei ole olemassa. Kyseisissä tilanteissa laskeutumisenopeus on määritettävä kokeellisesti.

Panoslaskeutuskoe on yksinkertainen ja nopein tapa määrittää suspensiossa olevien partikkelien laskeutumisenopeus. Kuvassa 3 on havainnollistettu mittalasisissa tapahtuva partikkelien laskeutumisperiaate. Mittalasisissa A on tasaisen pitoisuuden vyöhyke C_0 , jossa esiintyy syötetyn suspension raekokojakauma ja kiintoainepitoisuus kokonaisuudessaan. Kyseinen vyöhyke on havaittavissa myös mittalaseissa B, C, ja D. Laskeutuskokeen edetessä partikkelit alkavat laskeutua, joten muuttuvan raekoon ja pitoisuuden vyöhyke C alkaa esiintyä mittalaseissa C-G. Tässä vyöhykkeessä esiintyy nesteen kanavamaista virtausta ylöspäin ja kiintoainekerros alkaa tiivistyä mittalasin alaosaan. Mittalaseissa E - H neste on

teoriassa jo lähes kiintoaineetonta, kiintoaines on laskeutunut mittalasin pohjalle.
[2.]



Kuva 3. Panoslaskeutuskokeen vyöhykkeet vaiheittain. [2.]

2.4.2 Flokkulointi

Laskeuttamisen eli sakeuttamisen tai selkeyttämisen tehokkuutta voidaan nopeuttaa flokkuloimalla suspensio. Flokkulaatiossa pienimmätkin partikkelihukkaset muodostavat suuremman partikkelijoukon, niin sanotun flokin. Flokki koostuu useasta eri partikkelista, ja näin ollen laskeutuu tehokkaammin. Flokkien vajamisnopeuteen vaikuttavat seuraavat asiat:

- kiintoaineen tiheys
- flokkien tiheys
- flokkien pinta-alan kasvu
- flokkien karkeusasteen kasvaminen

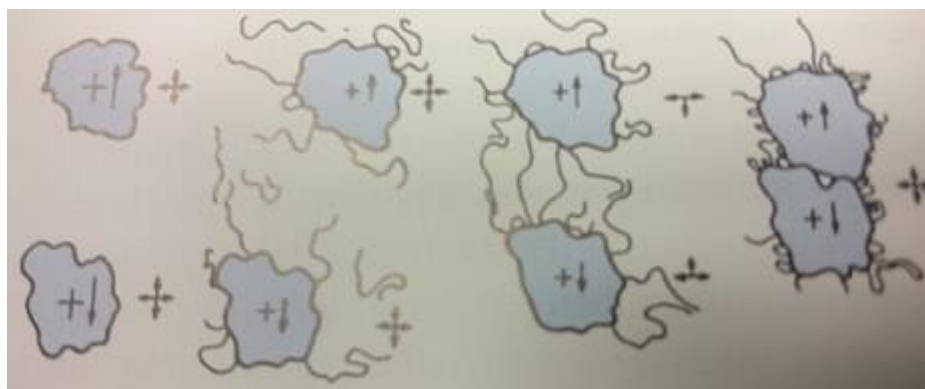
Edellä mainitut asiat johtavat siihen, että suspension kiintoainepitoisuus alenee.
[3.]

2.4.3 Flokin muodostuminen

Osa lietteistä on jo luonnostaan flokkuloitunut. Jos prosessissa olevan lietteen luontainen flokkulaatiotila ei riitä, eli muodostuneet flokit eivät laskeudu riittävän tehokkaasti, voidaan lietteen flokkulaatiotilaa kasvattaa orgaanisilla tai epäorgaanisilla flokkulointiaineilla. Flokkulanttien vaikutus perustuu siihen, että eräät kationit (+) absorboituvat negatiiviselle pinnalle ja näin ollen muuttavat pinnan sähköisiä ominaisuuksia.

Flokkulantit voivat olla kationisia, anionisia tai ionittomia. Kationisilla flokkulanteilla on positiivinen varaus liuoksella, anionisilla negatiivinen, kun taas ionittomat eivät saa sähkövarausta ollenkaan liuoksessa. [3, s. 51.]

Kuvassa 4 havainnollistetaan erään partikkelin yhteenliittymistä eli flokiksi muodostumista. Kahdella eri partikkelilla on samanlainen varaus suspensiossa. Partikkelit alkavat muodostaa niin sanottuja siltoja eli ne alkavat lähentyä toisiaan flokkuloivan reagenssin johdosta. Tämän jälkeen partikkelien samannimiset varaukset pienenevät huomattavasti, joten karkottava voima pienenee. Tässä vaiheessa partikkelit alkavat olemaan jo niin lähellä toisiaan, että niillä on mahdollista muodostua flokiksi. Lopulta orgaaniset molekyylit vetävät partikkelit kiinni toisiinsa, jolloin flokki on täydellisesti muodostunut, yksittäinen partikkeli. [3.]



Kuva 4. Flokkien muodostuminen [3, s. 52.]

Kolloidisille lietteille (luku 2.1, taulukko 1) on kuitenkin yleensä ominaista, että partikkelihuukkasten pintavaraukset ovat samat. Samankaltainen varaus johtaa kolloidisilla lietteillä yleensä siihen, että hiukkaset eivät pysty koskettamaan toisiaan

tai liittymään yhteen ollenkaan. Hiukkaset pyrkivät työntymään toisistaan pois-päin, eli ne eivät muodosta keskenään isompia flokkeja, mikä taas vaikuttaa hiukkasten laskeutumiseen. [2, s. 98.]

3 PROSESSIN KUVAUS

3.1 Yritysesittely

Palsatech Oy on vuonna 2013 perustettu malminetsinnän palveluihin keskittynyt yritys, jossa työskentelee tällä hetkellä vakituisesti kaksi geologia, kaksi geoteknikkoa, yksi määräaikainen geoteknikko sekä eri projektien vaatima lisähenkilöstö.

Yritys tuottaa palveluita kaivosteollisuuden ja malminetsinnän tarpeisiin. Palveluvalikoimiin kuuluu muun muassa malminetsinnän alkuvaiheen näytteenottoa ja kartoitusta alueesta, näytteiden ja tulosten analysointia. Lisäksi Palsatech Oy tarjoaa kairaustyömaiden valmistelua, kairaustyömaan valvontaa, kairattujen tutkimuskivinäytteiden kuljetuspalveluja, sekä tietysti geologian eri palveluita.

Palsatech Oy on myös avannut malminetsinnän palvelukeskuksen, joka tarjoaa tutkimuskivinäytteiden käsittelyä, eli loggaustiloja, sekä säilytystiloja. Tutkimuskivinäytteistä laboratorioanalyysiin menevät näytteet halkaistaan timanttisahalla, jonka jälkeen näytteet lajitellaan, pakataan pusseihin ja lähetetään laboratorioanalyysiin. Laboratoriossa yhteistyökumppanit suorittavat mineraali- ja alkuainetutkimukset. [5.]

3.2 Kairattujen kivinäytteiden sahausprosessi

Kairattu tutkimuskivinäyte (kuva 5) on muodoltaan lieriö, halkaisijaltaan noin 30 - 80 mm ja pituudeltaan noin kilometrin, riippuen kohteesta ja asiakkaan vaatimuksista.



Kuva 5. Kairattu tutkimuskivinäyte

Laboratorioanalyysiin menevät näytteet halkaistaan käytössä olevilla NTT-Coresaw automaattisahalla (kuva 6), tai Clipper - Major tiilisahalla (kuva 7). Tutkimuskivinäytteen toinen puoli varastoidaan myöhempää käyttöä varten ja toinen puoli lähetetään analysoitavaksi.



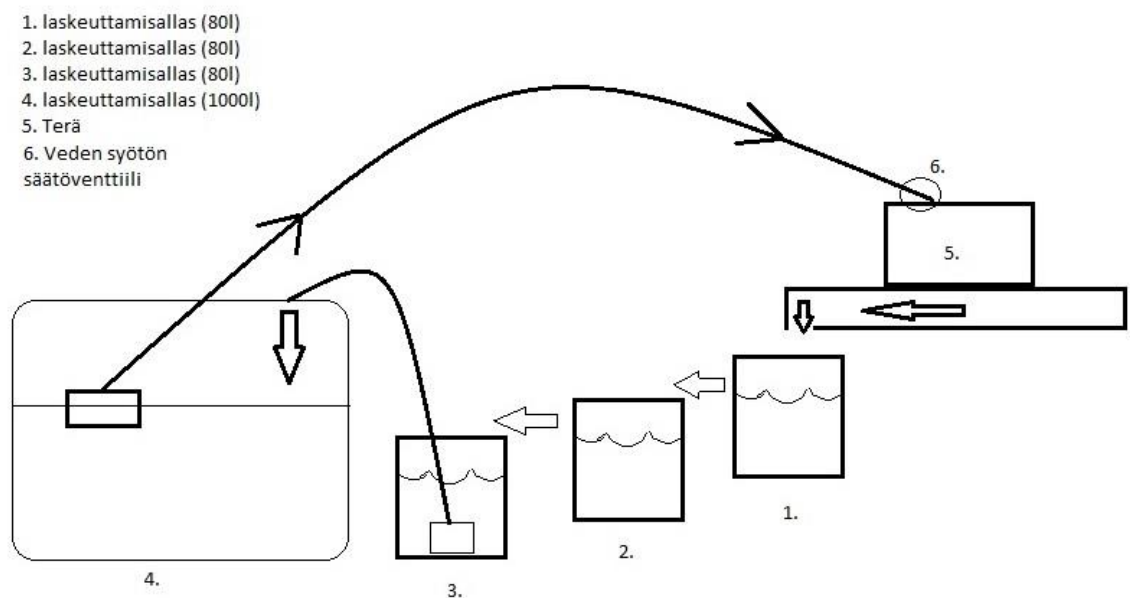
Kuva 6. NTT-Coresaw - automaattisaha



Kuva 7. Clipper Major - tiilisaha

4 ALKUTILANNE

Sahausprosessista syntyvän kivi-vesisakan eli suspension käsittely on aiheuttanut huomattavia ongelmia. Toimeksiantaja asetti tavoitteeksi saada prosessista syntyvästä suspensiosta kiintoaines erilleen sekä mahdollisimman puhdas vesi takaisin kiertoon terälle. Yrityksellä on tällä hetkellä käytössä laskeutusallasjärjestelmä kiintoaineksen erotteluun. Kuvassa 8 on esitetty yksinkertainen prosessikaavio olemassa olevasta laskeutusallasjärjestelmästä.



Kuva 8. Yksinkertainen prosessikaavio olemassa olevasta laskeuttamisallas järjestelmästä

Nykyisen järjestelmän haittapuolena on se, että laskeutusaltaiden tyhjentäminen on vaikeaa johtuen kiintoaineksen tiivistymisestä laskeutusaltaiden pohjalle. Saha pystytään käyttämään täysipäiväisesti noin kaksi viikkoa, kunnes ensimmäinen laskeutusallas on niin täynnä kiintoainesta, että se joudutaan tyhjentämään. Tyhjennys on aikaa vievää, ja sahausprosessi on keskeytettävä tyhjennyksen ajaksi. Lisäksi kiintoaineen tiivistyessä allas on painava, jolloin käyttäjä voi altistua työtatapaturmille. Sahalta irtoava kiintoaines ei sinällään ole ympäristölle haitallista, mutta sen ominaisuudet aiheuttavat sen, että sitä ei esimerkiksi voi las-

kea jätevesiverkoston, mahdollisesta tukkeutumisesta johtuen. Opinnäytetyössä ei keskitytä kiintoaineiden hävitykseen, vaan pelkästään sen erotteluun vedestä.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa suoritettuna sahausjakson aikana huomattiin, että olemassa oleva laskeutusallasjärjestelmä ei kyennyt laskeuttamaan terältä irtoavaa kiintoainesta riittävän tehokkaasti. Sahalta sivutuotteena syntyvässä suspensiossa suurimman partikkelikoon omaavat kiintoainehiukkaset laskeutuivat ensimmäiseen laskeutusaltaaseen painovoiman avulla (luku 2.4.1). Pienemmät partikkelit kuitenkin etenivät prosessissa suspension mukana seuraaviin laskeutusaltaisiin. Näissä laskeutusaltaisissa osa partikkeleista laskeutuikin, mutta kaikista pienimmät partikkelit eivät ehtineet laskeutua.

Sahausjakson aikana todettiin myös, että laskeutumattomat partikkelit kiersivät prosessissa jatkuvasti. Tämä ilmeni muun muassa siten, että terälle tuleva vesi, jonka pitäisi olla kiintoaineesta vapaata, oli sameaa ja näin ollen sisälsi kiintoainetta. Kyseisistä havainnoista voitiin jo päätellä, että prosessi ei toimi halutulla tavalla.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa suoritettuna sahausjakson aikana arvioitiin prosessissa kiertävän veden määräksi noin 800 litraa. Terälle tulevan veden syöttönopeus (l/min) on säädettävä sahattavan kiven ominaisuuksien mukaan. Sahausprosessissa on lisättävä veden syöttönopeutta erittäin pehmeälle kiviainekselle, josta irtoaa paljon kiintoainetta. Riittävällä veden syötöllä estetään terän kiinnipalaminen, turha kuluminen ja optimoidaan terän leikkaavuus. Näiden lisäksi riittävällä veden paineella varmistetaan riittävä irtoavan kiintoaineen poisto sahatun tutkimuskivinäytteen leikkauspinnasta. Mikäli veden syöttönopeus on liian heikko, sahatun tutkimuskivinäytteen leikkauspintaan jää kiintoainetta ja näin ollen se voi aiheuttaa kontaminaatiota näytteissä, mikä voi johtaa virheellisiin analyysi- ja tutkimustuloksiin.

Nykyisessä järjestelmässä yhtenä merkittävänä haittapuolena on myös se, että kun sahataan esimerkiksi potentiaalisesta kultakohteesta kairattuja tutkimuskiviä, alkuainetta sisältävät kiintoainehiukkaset voivat päästä prosessiveden mukana laskeutusaltaisiin. Kairauskohteen vaihtuessa, esimerkiksi sahalla sahataan

muiden asiakkaiden kiviä, terälle tuleva kiintoainepitoinen vesi voi sahatessa jäädä tutkimuskiven pintaan. Laboratorioanalyysissä voi näin ollen tulla viitteitä muista alkuaineista, mikä ei olisi suotavaa.

5 PROSESSISTA SYNTYVÄN LIETTEEN TUTKIMUKSET

Luvussa 2 esiteltyjä erotusmenetelmiä ei voi suoraan soveltaa nykyisellään olevaan prosessiin ilman tietämystä suspensiossa olevien partikkelien ominaisuuksista. Partikkelien ominaisuuksilla on huomattava vaikutus kiintoaineen erotusmenetelmää valittaessa, kuten aiemmin todettiin.

Sen vuoksi prosessissa kiertävästä lietteestä eli suspensiosta määritettiin raekokajakauma, arvioitiin kiintoaineen määrän vaikutusta prosessissa sekä tutkittiin, mikä on sahatessa syntyvä pienin partikkelikoko. Kyseisten määritysten avulla on selkeämpää lähteä suunnittelemaan, miten prosessissa oleva kiintoaine saataisiin eroteltua vedestä.

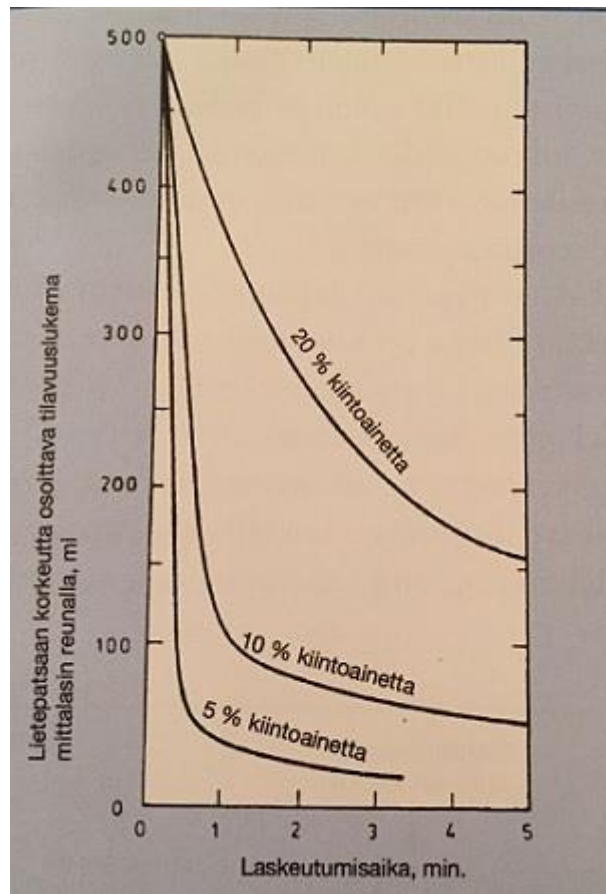
5.1 Kiintoainepitoisuuden vaikutus prosessissa

Sahasta irtoavan suspension kiintoainepitoisuutta on vaikea määrittää. Sahan käyttäjän toiminnalla on tähän merkittävä vaikutus. Terältä irtoavan kiintoaineksen määrä suhteessa nesteeseen riippuu siitä, minkä suuruisen veden paineen terälle sahan käyttäjä määrittää. Tämä taas riippuu sahattavan tutkimuskiven ominaisuuksista. Mitä suuremmalla veden syötöllä käyttäjä ajaa, sitä laimeampaa sakka on. Jos käyttäjä esimerkiksi ajaa kovaa, vähää vesimäärää tarvitsevaa kiveä suurella vesipaineella, ja on säätänyt hihnakuljettimen nopeuden alhaiseksi, tällöin syntyvän suspension kiintoainepitoisuus on pieni. Tällaiset käyttäjistä riippuvat toimet vaikeuttavat kiintoainepitoisuuden määrittelemistä.

Opinnäytetyön alussa suoritettulla sahausjaksolla tutustuttiin sahan toimintaan. Sahausjaksolla huomattiin, että terältä irtoava kiintoainepitoisuus vaihtelee suuresti eri kivilajeilla. Suoritettuna jakson aikana pääteltiin silmämääräisesti, että ensimmäiseen laskeutusaltaaseen tuleva liete on hyvin kiintoainepitoista, joten kiintoainepitoisuus on oletettavasti yli 0,5 % lietteessä. Sakea suspensio aiheuttaa laskeuttamisaltaissa ilmiön, jossa laskeutumista hidastaa nosteen suurentuminen ja nesteen ylösvirtaus. Kiintoainepitoisuuden noustessa esille tulevat myös partikkeleiden välisten kosketusten vaikutukset laskeutumiseen. Paljon kiinto-

ainetta sisältävä suspensio on niin tiivistä, että kiintoaine ei pääse laskeutumaan altaassa, ja samalla se siis estää nesteen selkeytymisen altaan yläpintaan (luku 2.4.1).

Kuvassa 9 havainnollistetaan kiintoainepitoisuuden vaikutusta laskeutumisnopeuteen, kiintoaineena hematiittimalmi, hienous 100 % alle 75 μm . Lietepatsaan korkeus mittalasisissa 500 ml.



Kuva 9. X-akseli laskeutumis aika (min), y-akseli lietepatsaan korkeus (ml) [3, s. 53.]

5.2 Partikkelikokeet

Prosessin eri vaiheista otettiin näytteitä, joiden perusteella kyettiin määrittämään raekokojakauma sekä pienin mahdollinen partikkelikoko. Ennen näytteenottoa sahausprosessi keskeytettiin viikonlopun ajaksi, jotta laskeuttamisaltaissa oleva

kiintoaines ehtisi laskeutua riittävästi. Tällä varmistettiin se, että näytteisiin saataisiin mahdollisimman laaja skaala prosessissa kiertävistä partikkeleista, myös kiintoaineksesta, joka on erittäin hitaasti laskeutuvaa. Prosessissa olevasta ensimmäisestä laskeuttamisaltaasta otettiin n. 200 ml vesinäyte sekä altaan pohjalta kaavittiin jo laskeutunutta kiintoainesta viiden litran astia täyteen. Myös muista laskeutusaltaista otettiin vesinäytteet, lukuun ottamatta laskeutusallas numero 3:a (kuva 8), koska altaassa oleva pumppu tyhjensi allasta jatkuvasti prosessin ollessa käynnissä. Tämän lisäksi myös terälle tulevasta vedestä otettiin näyte.

Raekokojakaumaa lähdettiin määrittämään kuivaamalla ensimmäisestä laskeutusaltaasta otettu n. 5 kg:n kiintoaines. Kuivaamisen jälkeen näytemäärää vähennettiin, eli se luokiteltiin niin, että jäljellä oli 15 g (kuva 10). Luokituksen tarkoituksena on, että 15 g:n näyte sisältää saman partikkelijakauman kuin alkuperäinen, 5 kg:n näyte. [6.]



Kuva 10. Näytteen luokittelu

Tämän jälkeen näytteelle tehtiin seulatesti, jossa seulojen koot vaihtelivat välillä 20 μm – 250 μm . Seulatestin tarkoituksena on saada selville, minkä kokoisia partikkeleita näytteessä on ja kuinka paljon. Seulatesti suoritettiin tarkoitukseen sovellalla tietokoneohjauksella toimivalla laitteistolla, jossa ajavana voimana toimii alipaine. Laitteeseen asetettiin 20 μm seula, jonka päälle laitettiin 15 g näyte.

Ohjelmaan asetettiin alipaineen määrä (Pa) sekä seulomisaika (min). Laitteen käynnistyttyä alipaine imi seulan lävitse kaikki ne partikkelit, jotka olivat alle 20 μm . Seulomisen jälkeen seulan päällä oleva näyte punnittiin ja ohjelma laski alitteen määrän. Seulan kokoa lähdettiin tämän jälkeen kasvattamaan portaittain 250 μm :iin asti. Seulatestin tulokset ja raekokojakauma on esitetty luvussa 5.3.

Pienimmän partikkelikoon näytettä tutkittiin ensimmäisestä laskeuttamisaltaasta otetusta vesinäytteestä, jossa kiintoaines ei ollut laskeutunut ollenkaan. Näytteelle tehtiin keskipakovoimaan perustuva lingonta Griffin valmistamalla sentrifuugilla. Sentrifuugi tiivistää kiintoaineen ampullin pohjalle ja neste selkeytyy päälle. (luku 2.3)

Linkoaminen otettiin käyttöön siksi, koska se on nopein ja tehokkain tapa laboratorio-olosuhteissa lietteen sakeutukseen. Lingonnalla haluttiin saada hienoin kiintoaines ampullin pohjalle, jotta neste voitaisiin pipetoida pois. Linkoaminen toistettiin kahteen otteeseen, sillä ensimmäisellä kerralla linkoaminen ei tuottanut riittävän kirkasta nestettä. Kummallakin kerralla lingonta-ajaksi asetettiin 30 min.

Pienin mahdollinen partikkelikoko lähdettiin määrittämään mikroskooppia hyväksikäyttäen. Kuvassa 11 olevasta ampullista, jolle on suoritettu lingonta, pipetoitiin neste erilleen ja kaavittiin kiintoaines ampullin pohjalta petri-maljaan. Näyte kuivattiin ja analysoitiin mikroskoopilla.



Kuva 11. Keskipakoisvoimalla selkeytynyt neste.

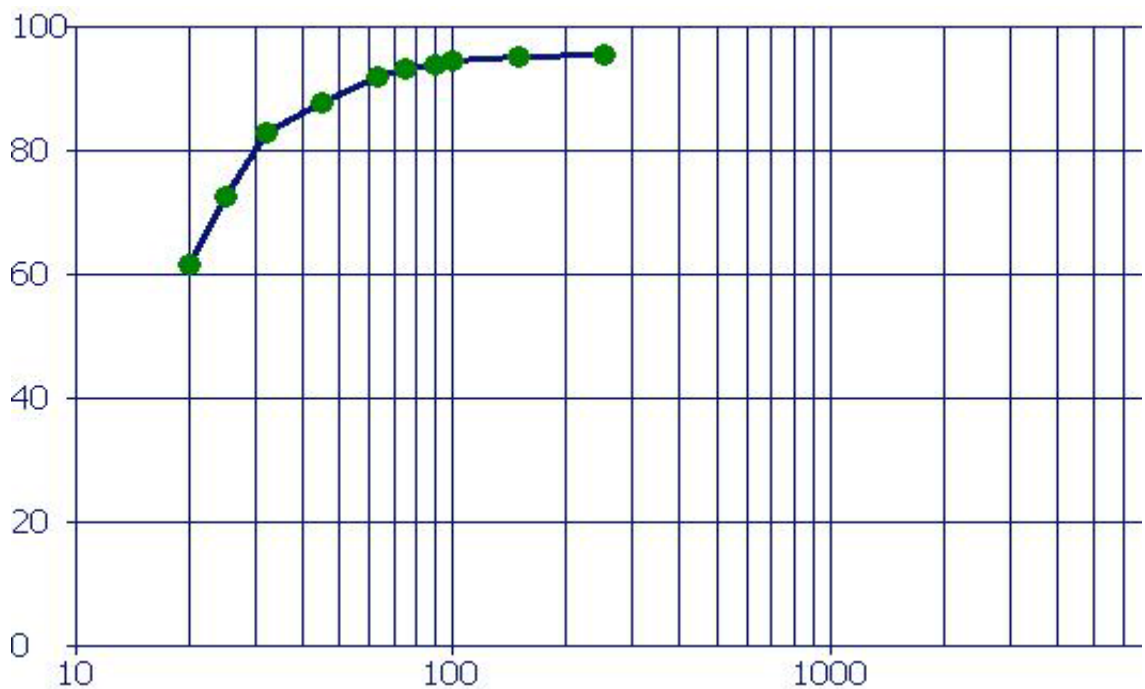
5.3 Työn tulokset

Taulukosta 2 voidaan päätellä, että prosessissa kiertävän sakan kiintoainne on hyvin hienoa. Jopa yli 60 % kiintoaineksesta läpäisi 20 μm seulan. Lisäksi yli 90 % kiintoaineksestä on partikkelikooltaan pienempää kuin 63 μm .

Taulukko 2. Partikkelikoon määritystulokset

Sieve	Undersize	Residue	Batch weight	Residual weight	Underpressure	Sieving time	Sievingtime
μm	%	%	g	g	Pa	SET-POINT	ACTUAL
20	61.98	38.02	0	5.89	3900	3:00	3:00
25	72.82	27.18	0	4.21	3900	3:00	3:00
32	83.02	16.98	0	2.63	3600	3:00	3:00
45	88.06	11.94	0	1.85	3600	3:00	3:00
63	92.19	7.81	0	1.21	3400	2:00	2:00
75	93.29	6.71	0	1.04	3400	2:00	2:00
90	94.06	5.94	0	0.92	3400	2:00	2:00
100	94.45	5.55	0	0.86	3200	2:00	2:00
150	95.16	4.84	0	0.75	3200	1:00	1:00
250	95.61	4.39	0	0.68	3000	1:00	1:00

Seulonnasta saaduista tuloksista voidaan päätellä myös, että seulan päälle jäävän ylitteen paino esimerkiksi 45 μm seulakoolla on enää 1,85 g alkuperäisestä 15 g:sta, eli noin 12,3%. Kuvassa 12 on havainnollistettu seulatestistä saatuja tuloksia raekokojakaumalla.

Kuva 12. Raekokojakauma. X-akseli: seulan koko (μm), y-akseli: alite (%).

Pienimmän partikkelikoon määrittystä tehtäessä suoritettiin lingonta, jonka tulok-
sista voidaan silmämääräisesti arvioida (kuva 11), että edes keskipakovoima ei
riittänyt sellaiseen lopputulokseen, jossa neste olisi ollut kirkasta. Kuvasta huo-
mataan, että selkeytynyt neste on hieman sameaa, ja näin ollen sisältää pienen
määrän kiintoainetta. Tämä ilmeni jo työtä suorittaessa, sillä ensimmäinen lin-
gontakerta ei riittänyt selkeyttämään nestettä riittävästi. (luku 2.3)

Kuvassa 13 on havainnollistettu pienintä partikkelikokoa, jota ei kyetty varmuu-
della kuitenkaan määrittämään. Kuva on otettu tietokoneohjelmasta, joka näytti
mikroskoopin tietokoneen näytöllä reaaliajassa, mikä helpotti partikkelikoon
hahmottamista huomattavasti.



Kuva 13. Mikroskoopilla määritelty partikkelikoko (500 px = 1 μ m)

Kuvasta 13 nähdään, että partikkelikoko on hyvin pientä, ehkä sadasosa mikro-
metristä.

5.4 Päätelmät

Luvussa 5 olevissa partikkelikoon määrittelyissä ja sen tuloksista huomattiin, että raekokojakauman mukaan yli 90 % suspensiossa olevista partikkeleista on kooltaan alle 63 μm , ja koska suspension kiintoainepitoisuus on todennäköisesti suurempi kuin 0,5 %, sen erottelu suspensiosta on mekaanisesti lähes mahdotonta. Taulukon 1 mukaan suspensio on suurimmaksi osakseen liejua, jopa kolloidista. (luku 2.1) Kyseisissä suspensioissa partikkelikoko on liian pieni mekaaniseen erotteluun, mikä oli todistettavissa myös lingonnasta saaduista tuloksista. (luvut 2.3 & 5.2)

Opinnäytetyössä tehtyjen partikkelikoon määrittelysten mukaisesti päätettiin toimexiantajan kanssa, että työssä tutkitaan mahdollisuutta ottaa käyttöön flokkulointiaine kiintoaineen erottelemiseksi suspensiosta.

6 FLOKKULANTIN VAIKUTUS LIETTEESEEN

6.1 Laskeutuskokeet

Opinnäytetyön alkuvaiheessa olevan sahausjakson aikana otettiin myös prosessissa kiertävästä suspensiosta näytteet. Kuvassa 14 on esitelty esimerkkinäyte terälle tulevasta vedestä. Näyteastia oli opinnäytetyön edetessä noin puolentoista kuukauden ajan paikallaan. Tällä kyettiin havainnoimaan laskeutumista ilman flokkuloivia reagensseja. Kuvalla on pyritty havainnollistamaan laskeutumisaikaa todellisuudessa.



Kuva 14. Vasemmalla suoraan terältä otettu näyte, oikealla 1,5 kk ajan laskeutunut näyte.

Kuvasta voidaan päätellä, että laskeutumisaika ilman flokkuloivia reagensseja eli flokkaavia aineita on hyvin pitkä. Taulukossa 3 esitetään erään suspension arvioituja laskeutumisaikoja, joita voidaan verrata kuvaan 14.

Taulukko 3. Kiintoaineen tiheys 2650 kg/m^3 , nesteen tiheys 1000 kg/m^3 , nesteen viskositeetti 1 mPa s . [2, s. 98.]

Liete	Hiukkaskoko	5 cm:n laskeutumiseen kuluva aika
Karkea	1 mm – 100 μm	1 s – 13 s
Hieno	100 μm – 1 μm	13 s – 20 h
Kolloidinen	1 μm – 0,001 μm	20 h – 20 a

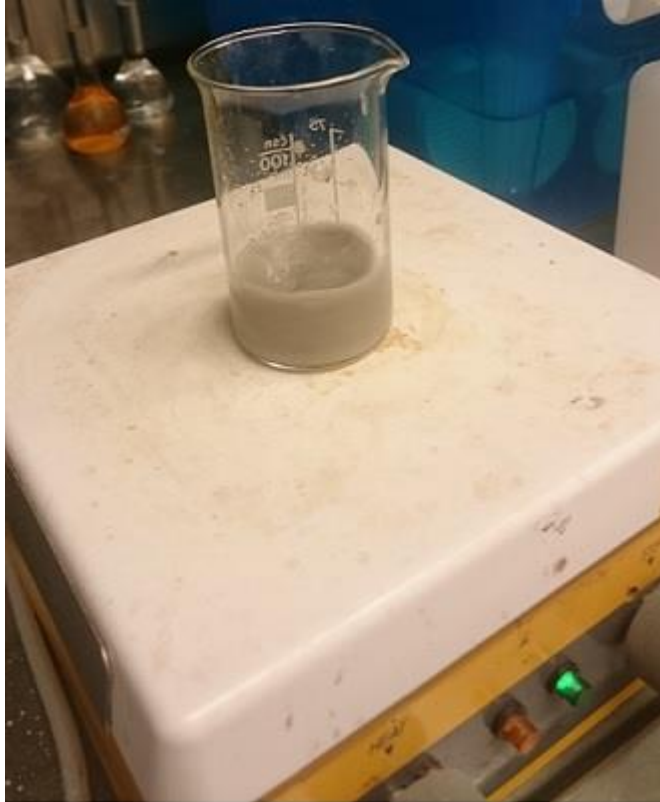
Taulukon 3 arvoja verratessa kuvaan 14, jossa näyte on laskeutunut 1,5 kk, voidaan päätellä, että ilman flokkausaineita kiintoaineen erottelu nesteestä on mahdotonta. Tämän vuoksi tutkittiin flokkausaineiden vaikutusta prosessissa kiertävään suspensioon laboratorio-olosuhteissa.

Kiintoaineen hiutaloitumista eli flokkien muodostumista lähdettiin kokeilemaan käytettävissä olevilla flokkausaineilla. Flokkausaineita on lukuisia eri suspensioihin sopivia. Sahausprosessissa olevasta suspensiosta oli hyvin vähän tietoa ennen laskeutuskokeiden tekemistä, joten flokkausaineita ei kyetty rajaamaan kyseisen tiedon puutteen vuoksi. Kokeisiin valikoitui siis käytettävissä olevat flokkausaineet, joita ovat:

- Drewfloc 270
- Drewfloc 470
- Flopam FO 4125 SSH
- PIX-322
- Fennofloc A-100

Kustakin flokkausaineesta valmistettiin liuos deionisoituun veteen, joka sisälsi aluksi flokkausainetta $0,5 \text{ g} / 50 \text{ ml}$. Prosessissa käytettyä suspensiota annosteltiin 25 ml dekantterilasiin, joka asetettiin magneettisekoittimeen (kuva 15). Mag-

neettisekoittimeen pipetoitiin 0,25 ml valmista flokkulanttiliuosta. Seoksen annettiin sekoittua seitsemän minuutin ajan, jotta flokkausainetta sisältävä liuos varmasti sekoittuisi suspensioon.



Kuva 15. Magneettisekoitin, jossa dekanterilasissa suspensiota 25 ml, ja annosteltu flokkulanttiliuos 0,25 ml.

Sekoituksen jälkeen suspensio kaadettiin 25 ml:n mittalasiin. Laskeutumista seurattiin tunnin ajan, jonka jälkeen analysoitiin laskeutuneen kiintoaineen määrää ja flokkaantumista (luku 2.4.3) mittalasisissa silmämääräisesti.

Ensimmäisissä laskeutuskokeissa flokkausaineen annostelu oli 0,5 g / 50 ml, eli 10,0 g / l. Yleinen suositeltu annostelumäärä on 2 - 5 g / l. [4.]. Tämän johdosta liuos laimennettiin 5,0 g / l, eli 0,5 g / 100 ml. Laimennuksen jälkeen lähdettiin hakemaan optimaalista liuoksen annostelumäärää kokeellisesti. Flokkulanttiliuoksen annostelumäärä vaihteli välillä 0,25 – 5 ml. [7.]

Laskeutuskokeiden perusteella osa aineista ei laskeuttanut kiintoainesta laskeutumisaikana (1 h) edes suurella (5 ml) annostelumäärällä. Flokkien muodostuminen estyi todennäköisesti luvussa 2.4.3 esitettyjen partikkelin sähköisten ominai-

suuksien vuoksi. Esimerkiksi Fennofloc A-100 on anioninen polymeeri, joka omaa negatiivisen sähkövarauksen flokkulanttiliuoksessa. Laskeutuskokeissa osoitettiin, että kyseinen flokkulantti ei laskeuta suspensiota. Laskeutuskokeiden tulokset kullakin aineella ja eri annostelumäärillä on taulukoitu liitteessä 1.

Prosessiin sopivaksi flokkausaineeksi laskeutuskokeiden perusteella valittiin Flopam FO 4125 SSH, joka on kationinen polymeeri, eli se omaa positiivisen varauksen liuoksessa. Kuvassa 16 on esitetty Flopam FO 4125 SSH - flokkausaineen laskeutuskoe.



Kuva 16. Flopam FO 4125 SSH. Flokkulanttiliuoksen annostelumäärä vasemmalla 0,75 ml, oikealla 1,0 ml.

Kyseisellä aineella tehdyissä laskeutuskokeissa flokkausaineen määrä oli 5 g / l. SNF-Finland maahantuo kyseistä flokkausainetta, jonka katalogista kävi ilmi, että suositeltu konsentraatio liuokselle olisi 3 g / l, ja maksimi 5 g / l. Laskeutuskokeet onnistuivat kyseisellä tuotteella odotetusti. Hiutaloituminen oli lähes täydellinen 1,0 ml:n annostelumäärällä, flokkausaineen määrän ollessa 5,0 g / t.

Kuvasta 16 voidaan päätellä, että 0,25 ml:n annostelumäärän lisäämisellä on merkittävä vaikutus flokkien muodostumiseen. Oikea annostelumäärä prosessiin on kuitenkin optimoitava käytännön kokeilla nykyisiin laskeutusaltaisiin.

6.2 Flokkulantin testaus käytännön prosessissa

Flopam 4125 SSH osoittautui toimivaksi flokkausaineeksi laskeutuskokeissa. Annostelumäärä pysyi kohtuullisena, mikä helpottaa sen käyttöönottoa sahausprosessissa. Prosessissa kiertävän suspension määräksi arvioitiin 1000 l (kuva 8). Ensimmäisessä ja toisessa laskeutusaltaassa suspension määrä on noin 80 l.

Käytännön koe lähdettiin suunnittelemaan siten, että ensimmäiseen laskeutusaltaaseen ei lisätä ollenkaan flokkausainetta. Sahausjakson aikana prosessiin tutuessa huomattiin, että suurimmat ja raskaimmat partikkelit laskeutuivat ensimmäiseen altaaseen painovoimaisesti kohtalaisen tehokkaasti (2.4.1). Tämän vuoksi flokkausaine lisätään toisen laskeutusaltaan tulovirtaan hitaasti kaataen, jotta flokkausaine sekoittuisi suspensioon hyvin laskeutusaltaan pyörteilyn johdosta.

Flokkulanttiliuosta annostellaan toiseen laskeutusaltaaseen noin 80 ml, taulukon 4 osoitettujen arvojen perusteella:

Taulukko 4. Flokkulantin syöttömäärä

Suspensiota (l)	1000	100	80
Flokkausainetta (g)	5.0	0.5	0.4
Valmista liuosta (ml)	1000	100	80

Annosteluvälin määrittely toiseen laskeutusaltaaseen todettiin haastavaksi, koska prosessissa kiertävä suspensio omaa jo valmiiksi korkean kiintoainepitoisuuden. Tällöin flokkulanttiliuosta voi joutua annostelemaan aluksi tiheämpään, kuitenkin kerta-annoksen tulisi pysyä 80 ml:ssa.

Käytännön testausta alkuperäisillä suunnitelmilla ja ainemäärillä ei kyetty toteuttamaan prosessissa tapahtuvien muutoksien johdosta. Ntt-Coresaw automaattisaha (kuva 6) oli toimeksiantajan tarpeista johtuen siirretty eri kohteeseen. Lisäksi laskeutusaltaat olivat tulleet niin täyteen, että ne oli jouduttu tyhjentämään samalla, kun automaattisaha oli viety muualle. Käytännön testeissä käytettävissä oli siis Clipper Major - tiilisaha (kuva 7). 80 litran laskeutusaltaat olivat tyhjä, ja tuhannen litran säiliö oli täytetty vedellä. Vesi oli kiintoaineetonta mutta väriltään ruosteista.

Alkuperäisiin testaussuunnitelmiin tehtiin pikainen muutos paikan päällä. Koska prosessissa kiersi kiintoaineesta vapaa vesi, päätettiin, että annetaan laskeutusaltaiden kerätä kiintoainetta. Tutkimuskivinäytteitä sahattiin reilun tunnin ajan, jolloin laskeutusaltaisiin alkoi kerääntyä kiintoainetta ja terälle tulevassa vedessä havaittiin pientä kiintoainepitoisuuden nousua. Kuvassa 17 on havainnollistettu laskeutusaltaiden veden kiintoainepitoisuutta tunnin sahaamisen jälkeen.



Kuva 17. Ensimmäinen ja toinen laskeutusallas tunnin sahauksen jälkeen

Kiintoainepitoisuuden kasvaessa silmämääräisesti päätettiin, että flokkulanttia aletaan lisäämään kiertoan. Alkuperäisenä suunnitelmana oli lisätä flokkulanttiliosta 80 ml toisen laskeutusaltaan tulovirtaan. Syötettävän flokkulantin määrää vähennettiin kuitenkin 30 ml alkuperäisestä suunnitelmasta, koska kiintoainepi-

toisuus oli huomattavasti pienempi kuin laboratorio-olosuhteissa tehdyillä kokeilla. Mikäli flokkulanttiliuosta olisi lisätty suunnitellut 80 ml, olisi flokkien muodostuminen häiriintynyt riittävän kiintoaineen puuttumisen vuoksi.

Ensimmäinen flokkulanttiannos (50 ml) lisättiin toisen laskeutumisaltaan tulovirtaan alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Veden syöttöpaine terälle säädettiin noin 10 l/min, eli 80 litran laskeutusaltaassa suspensio viipyisi kierron ollessa päällä noin 8 minuuttia. Tämän johdosta flokkulanttiliuosta lisättiin 8 minuutin jälkeen toinen annos. Kolmannen lisäyksen jälkeen huomattiin, että terälle tuleva vesi oli hieman sameaa edelleen ja pääteltiin, että toisessa laskeutumisaltaassa ei ehdi muodostua tarpeeksi flokkeja. Silmämääräisesti tehtyjen havaintojen johdosta päätettiin, että flokkulanttia aletaan syöttää ensimmäisen laskeutusaltaan tulovirtaan. Flokkulanttia lisättiin kaiken kaikkiaan 12 kerta-annosta, sahausprosessin ollessa käynnissä koko ajan.

6.3 Käytännön kokeen tulokset

Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen flokkulanttiliuosta annosteltiin kerta-annoksena 50 ml toisen laskeutumisaltaan tulovirtaan. Käytännössä flokkaantumista ei juuri tapahtunut, ja kolmannen altaan tulovirta sisälsi kiintoainesta silmämääräisesti paljon verrattuna ensimmäisen altaan tulovirtaan. Kuvassa 18 on havainnollistettu kolmannen laskeutumisaltaan tulovirran kiintoainepitoisuutta kolmen (50 ml:n) flokkulanttiannoksen jälkeen.



Kuva 18. Kolmannen laskeutumisaltaan tulovirta

Kolmannen laskeutumisaltaan tulovirta sisälsi silminnähden kiintoainetta, joten flokkulanttiliuosta lisättiin ensimmäisen laskeutumisaltaan tulovirtaan toisen laskeutumisaltaan sijasta. Tämän muutos johti tuloksiin, että ensimmäisen laskeutumisaltaan suspensiossa alkoi tapahtua muutosta, eli flokkien muodostuminen alkoi. Toisen ja kolmannen altaan tulovirrat alkoivat selkeästi olla kirkkaampia kuin kuvassa 18 näkyvä tulovirta. Kuvassa 19 on esitetty toisen ja kolmannen laskeutumisaltaan tulovirtojen kiintoainepitoisuutta kahden annostelukerran jälkeen.



Kuva 19. Vasemmalla 2. laskeutumisaltaan tulovirta, oikealla 3. altaan tulovirta

Flokkulanttiliuosta lisättäessä huomattiin, että sahan ollessa jatkuvasti käytössä kahdeksan minuutin lisäysväli oli liian lyhyt. Kiintoainepitoisuus alkoi silmin nähdessä kasvaa 2. ja 3. altaan tulovirroissa. Tämän johdosta flokkulanttiliuosta annosteltiin tiheämmin, noin neljän minuutin välein.

Terälle tulevasta vedestä otettiin näytteitä kokeen aikana. Terälle tuleva vesi sisälsi kiintoainesta silmin nähdessä hieman ensimmäisten kolmen annostelukerran jälkeen, jolloin flokkulanttiliuos oli annosteltu toisen laskeutumisaltaan tulovirtaan. Terälle tuleva vesinäyte saatiin kuitenkin silmin nähdessä vapaaksi kiintoainesta, kun flokkulanttiliuosta lisättiin ensimmäisen laskeutumisaltaan tulovirtaan neljän minuutin välein. Kuvassa 20 on havainnollistettu terälle tulevan veden kirkkauden eroa, kun flokkulanttiliuoksen syöttö on vaihdettu toisen altaan tulovirrasta ensimmäisen laskeutusaltaan tulovirtaan.



Kuva 20. Flokkulanttiliuoksen syötön ohjauksen vaikutukset terälle tulevaan veteen.

6.4 Muita huomioita

Kyseinen flokkausaine sopii käytettäväksi myös muiden ominaisuuksiensa vuoksi. Noin 95 - 98 % flokkausaineesta sitoutuu hiutaloituneeseen kiintoaineeseen [4], jolloin ei ole vaaraa, että flokkausaine vaikuttaisi sahatun tutkimuskivinäytteen laboratorioanalyysiin. Kun flokkeja on alkanut muodostumaan ja sahausprosessi etenee, on otettava huomioon riittävän tiheä kiintoaineen poisto laskeutusaltaista. Kiintoaineen poisto laskeutusaltaista olisi hyvä suorittaa päivittäin, jotta jo muodostuneet ja laskeutuneet flokit eivät lähde nousemaan uudelleen pintaan. Kyseinen ilmiö voi johtaa siihen, että partikkelit kulkeutuvat ylitevirran mukana takaisin terälle. Luvussa 6.2 ilmenneet laboratoriokokeiden tulokset flokkulointiaineilla osoittivat, että Flopam FO 4125 SH muodosti silmämääräisesti isoja hiutalemaisia flokkeja, mikä voi helpottaa niiden poistoa laskeutusaltaista.

7 YHTEENVETO

Kiintoaineen erotukseen sahausprosessista kiertävästä suspensiosta liittyy muutamia erilaisia ilmiöitä, joita on käsitelty kohtuullisen laajasti opinnäytetyön teoriaosuudessa. Teoriaosuudessa on käsitelty erilaisia kiintoaineen erotustekniikoita nesteestä ja siihen liittyviä partikkelien koon ja muodon vaikutuksia. Tässä opinnäytetyössä tehdyissä laajoista partikkelikoon määryksistä ja erilaisien flokkulointiaineiden vaikutuksista laskeutusprosessiin uskon olevan hyötyä toimeksiantajan suunnitelmiin toteuttaa kolmannen osapuolen kanssa nykyaikaisempi ja tehokkaampi laskeutusprosessi kiintoaineen erotteluun.

Opinnäytetyöhön suurin vaikuttava yksittäinen tekijä oli toimeksiantajan toive saada sahausprosessissa kiertävä neste riittävän vapaaksi kiintoaineesta, jotta tutkimuskivinäytteet eivät kontaminoidu prosessivedestä. Partikkelikoon määryksistä saaduista tuloksista katsottiin, että ainoaksi vaihtoehdoksi jäi flokkulointiaineen käyttöönotto.

Käytännön kokeen tulokset määritellyllä flokkulointiaineella olivat odotetut, vaikka olosuhteet olivat hieman muuttuneet alkuperäisestä koesuunnitelmasta. Käytännön kokeista saadut tulokset antavat hyvän pohjan lähteä suunnittelemaan kehittyneempää laskeutusallasjärjestelmää. Toimeksiantajan toiveisiin lukeutui kiintoaineen poistotekniikan kehittäminen laskeutusaltaista, mutta siihen ei ajan puutteen vuoksi kyetty perehtymään. Opinnäytetyötä voisikin jatkaa siten, että suunniteltaisiin sellainen prosessi, jossa laskeutusaltaat mitoitettaisiin tarkemmin ja kiintoaineen poisto altaista olisi helpommin ja turvallisemmin poistettavissa kuin nykyinen käsin suoritettava tyhjennys.

LÄHTEET

- [1] Tirri, Tapio. Mekaaninen prosessitekniikka 2, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Oulu: Oulun yliopisto; 2002.
- [2] Mineraalitekniikka, luentomateriaali, Kajaani: Kajaanin Ammattikorkeakoulu; 2007.
- [3] Pihkala, Juhani. Prosessitekniikka : prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotanto-prosessit. Helsinki : Opetushallitus; 2013.
- [4] SNF-Finland Oy, Juhani Suppola, sähköpostiviestit ja puhelinkeskustelu 10.10.2016
- [5] Etusivu – Palsatech. www.palsatech.fi. luettu 15/10/2016.
- [6] Kai Tiihonen, Kajaanin Ammattikorkeakoulu, projekti-insinööri, keskustelut luokittelusta ja seulonnasta 9.10.2016.
- [7] Esther Takaluoma, Kajaanin Ammattikorkeakoulu, projektityöntekijä, keskustelut flokkausaineista ja lingonnan tuloksista 1.11.2016.

LIITTEET

Taulukko 3.

Drewfloc 470	Suspensiota 25ml					
	1	2	3	4	5	6
Flokkulantti- liuosta (ml)	0.25	0.25	0.75	1.0		
Flokkulantti- ainetta (mg/l)	5.0	2.5	2.5	2.5		
Sekoitusaika (min)	7	7	7	7		
Laskeutumisaika (min)	60	60	60	60		
Flokkien määrä mitta-asteikossa (ml)	0.5	0.5	2.5	3.5		
Huomioita: 1.0 ml flokkulanttiliuosta hiutaloitti suspension, ja neste oli hyvin kirkasta						

Taulukko 4.

Drewfloc 270	Suspensiota 25ml					
	1	2	3	4	5	6
Flokkulantti- liuosta (ml)	0.25	0.25	0.75	2.0	3.0	
Flokkulantti- ainetta (mg/l)	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	
Sekoitusaika (min)	7	7	7	7	7	
Laskeutumisaika (min)	60	60	60	60	60	
Flokkien määrä mitta-asteikossa (ml)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Huomioita: Ei laskeutunut, kaksi pientä flokkia 3 ml:n annostelulla						

Taulukko 5.

Flopam F04125 SH	Suspensiota 25ml						
		1	2	3	4	5	6
Flokkulantti- liuosta (ml)	0.25	0.25	0.75	1.0			
Flokkulantti- ainetta (mg/l)	5.0	2.5	2.5	2.5			
Sekoitus aika (min)	7	7	7	7			
Laskeutumisaika (min)	60	60	60	60			
Flokkien määrä mitta-asteikossa (ml)	0.0	1.0	5.0	6.5			
Huomioita: Sekoituksen aikana flokkien muodostuminen alkoi 0.75 ml- ja 1.0 ml:n annostelulla.							

Taulukko 6.

PIX-322	Suspensiota 25ml						
		1	2	3	4	5	6
Flokkulantti- liuosta (ml)	0.25	0.25	0.75	1.0	2.0	5.0	
Flokkulantti- ainetta (mg/l)	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Sekoitus aika (min)	7	7	7	7	7	7	
Laskeutumisaika (min)	60	60	60	60	60	60	
Flokkien määrä mitta-asteikossa (ml)	0.0	0.0	5.0	7.0	8.0	12.0	
Huomioita: Muodosti huomattavasti pienempiä flokkeja, 2 ml- ja 5 ml:n annostelulla lietepatsas alkoi selkeästi erottumaan.							

Taulukko 7.

Fennofloc A-100	Suspensiota 25ml						
		1	2	3	4	5	6
Flokkulantti- liuosta (ml)	0.25	0.25	0.75	1.0	2.0	5.0	
Flokkulantti- ainetta (mg/l)	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Sekoitusaika (min)	7	7	7	7	7	7	
Laskeutumisaika (min)	60	60	60	60	60	60	
Flokkien määrä mitta-asteikossa (ml)	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	12.5	
Huomioita: Muodosti huomattavasti pienempiä flokkeja, 2 ml- ja 5 ml:n annostelulla lietepatsas alkoi selkeästi erottumaan.							
Huomaa lietepatsaan korkeus vs. flokkulantin annostus							

Taulukko 8.

Flopam F04125 SH	Suspensiota 25ml						
		1	2	3	4	5	6
Flokkulantti- liuosta (ml)	0.75	1.0	1.25	1.5			
Flokkulantti- ainetta (mg/l)	3.0	3.0	3.0	3.0			
Sekoitusaika (min)	7	7	7	7			
Laskeutumisaika (min)	60	60	60	60			
Flokkien määrä mitta-asteikossa (ml)	2.0	3.0	4.0	6.0			
Huomioita: Flokkaantuminen alkoi sekoituksen aikana kaikilla annosmäärillä.							

