

Jarmo Jurvelin

TURMALIININ VAAHDOTUS

Vaahdotusreagenssien määrittäminen turmaliinin poistamiseksi

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2016**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Huhtikuu 2016	Tekijä Jarmo Jurvelin
Koulutusohjelma Kemiantekniikka		
Työn nimi TURMALIININ VAAHDOTUS. Vaahdotusreagenssien määräitys turmaliinin poistamiseksi		
Työn ohjaaja Laura Rahikka	Sivumäärä 49 + 5	
Työelämäohjaaja Olle Sirén		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä turmaliinin ja sen sisältämän boorin poistamiseen sopivia vaahdotuskemikaaleja. Sopivia kemikaaleja etsittiin suoraan kemikaalitoimittajilta kyselemällä, sekä aiemmista tutkimuksista saatujen tietojen perusteella. Työhön saatiin kokeiltavaksi kolme eri kokoojakemikaalia. Lupromin FP 308C kemikaalin kokeisiin toimitti Basf Oy, ja GTK Minteciltä saatiin oleiinihappo sekä natriumoleaatti. Artikkeleiden perusteella natriumoleaatin kanssa päätettiin kokeilla myös vesilasiliuoksen vaikutusta vaahdotukseen.</p> <p>Työtä varten haettiin Keliber Oy:n Längän alueen esiintymältä Ullavasta turmaliinipitoista kiviainesta, jota punnittiin kokeita varten noin 22 kg. Kiviaines murskattiin, jauhettiin ja seulottiin siten, että raekoko oli 84,5 % alle 106 µm. Seulottu aines ositettiin ja jaettiin 750 g painoisiin vaahdotuspanoksiin.</p> <p>Ensimmäiset vaahdotuskokeet tehtiin Lupromin FP 308C -kemikaalilla tammikuun 2016 lopussa. Loput kemikaalit saatiin helmikuun 2016 lopussa, ja kokeet niiden osalta suoritettiin 1.3.–9.3.2016 välisenä aikana. Onnistuneita vaahdotuskokeita suoritettiin kaikkiaan 15 kappaletta. Jokaista kokoojakemikaalia kokeiltiin ensin sellaisenaan ilman vesilasiliuosta, ja lopuksi kaikkien kemikaalien toimivuutta päätettiin kokeilla vesilasiliuoksen kanssa.</p> <p>Vaahdotuksen jälkeen rikasteet ja jätteet suodatettiin, kuivattiin ja niistä otettiin 5 gramman näytteet. Myös syötteestä otettiin 5 gramman näyte. Näytteiden analysointi suoritettiin Labtium Oy:n toimesta Kuopiossa 14.3.– 24.3.2016.</p>		
Asiasanat kokoojareagenssi, turmaliini, vaahdotus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date April 2016	Author Jarmo Jurvelin
Degree programme Chemical Engineering		
Name of thesis TOURMALINE FLOTATION. Determination of flotation reagents for removing tourmaline		
Instructor Laura Rahikka	Pages 49 + 5	
Supervisor Olle Sirén		
<p>The aim of this thesis was to find suitable flotation reagents for the removal of tourmaline and the boron contained in the tourmaline. Suitable chemicals were searched by contacting to suppliers directly and by gathering information from earlier studies. Three different collector chemicals were found for these tests. Lupromin FP 308C collector chemical came from Basf Oy and sodium oleate and oleic acid came from GTK Mintec. Based on studied information it was decided to test how water glass solution works together with sodium oleate.</p> <p>For this study, 22 kg rock material were collected from one of the Keliber Oy deposits, which can be found from Länttä area in Ullava. The rock material was first crushed, milled and screened so that the particle size was 84, 5 % under 106 µm. After this, the screened material was divided into plastic bags so that each one weighted 750 grams and was ready for flotation tests.</p> <p>The first flotation tests were conducted with Lupromin FP 308C chemical during the end of January 2016. Rest of the chemicals were tested between 1 March and 9 March 2016. Fifteen successful flotation test were conducted during this thesis work. First, all three collector chemicals were tested alone and after this all three were tested together with a water glass solution. After each flotation test, the concentrate and tailings was filtered and dried. After drying, a 5 g sample was collected from each concentrate and tailings. Labtium Oy in Kuopio analyzed the samples between 14 March and 24 March 2016.</p>		
Key words collector-reagent, flotation, tourmaline		

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 TOIMEKSIANTAJA	2
3 VAAHDOTUKSEN TEORIAA.....	3
3.1 Vaahdotuksen rajapinta ilmiöt	4
3.2 Hienojakoiset aineet	7
4 VAAHDOTUSREAGENSIT	9
4.1 Kokoojat	9
4.2 Vaahdotteet	11
4.3 Säännöstelevät kemikaalit	12
4.4 pH	12
5 TURMALIINI	14
5.1 Liaoningin yliopiston tutkimus	15
5.2 Silikaattimineraalien vaahdotus oleiinihapolla.....	15
6 KOKEELLINEN OSUUS.....	17
6.1 Koemateriaali	18
6.2 Esivalmistelut.....	18
6.3 Koesuunnitelma	22
6.4 Toteutuneet kokeet	24
6.5 Työn suoritus	25
7 TULOKSET.....	39
7.1 Lupromin FP 308C	39
7.2 Oleiinihappo	41
7.3 Natriumoleaatti.....	43
7.4 Natriumoleaatti + vesilasi.....	44
7.5 Lupromin FP 308C + vesilasi	46
8 LOPPUPÄÄTELMÄT	48
LÄHTEET	48
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Längän esiintymä.....	2
KUVIO 2. Vaahdotuksen periaate	3
KUVIO 3. Pintapotentialiaali	6
KUVIO 4. Ilmakupla mineraalirakeen pinnalla.....	7
KUVIO 5. Kokoojan toiminta	9
KUVIO 6. Kokoojakemikaalien luokittelu.....	10
KUVIO 7. Vaahdotteen toiminta.....	12

KUVIO 8. Kokoojan väkevyyden ja kriittisen pH:n suhde.....	13
KUVIO 9. Oleiinihappovaahdotus	16
KUVIO 10. Vaahdotuskenno.....	17
KUVIO 11. Koemateriaali.....	18
KUVIO 12. Leukamurskain	19
KUVIO 13. Seulasarja.....	19
KUVIO 14. Kuulamyly	20
KUVIO 15. Alle 106 µm tuote.....	20
KUVIO 16. Kahtiointilaite	21
KUVIO 17. Syötepusit	21
KUVIO 18. Työssä käytetyt kokoojakemikaalit ja vesilasiliuos.....	24
KUVIO 19. Kalkki, vaahdotusöljy ja rikkihappo	26
KUVIO 20. pH-mittari	27
KUVIO 21. Automaattipipetti	27
KUVIO 22. Imusuodatuslaitteisto	27
KUVIO 23. Kuivauskaappi	28
KUVIO 24. Vaaka	28
KUVIO 25. 5 gramman näytteet.....	29
KUVIO 26. Analyysivaaka.....	29
KUVIO 27. A1 rikastetta suodatuksen jälkeen	31
KUVIO 28. B1 vaahdotus.....	32
KUVIO 29. Natriumoleaatin liuotus veteen.....	33
KUVIO 30. C1 vaahdotuksen jäte ja rikaste.....	33
KUVIO 31. Natriumoleaattirikastetta ja -jätettä	34
KUVIO 32. D1 vaahdotus.....	35
KUVIO 33. D1 jätteen suodatus.....	35
KUVIO 34. E1 jäte	36
KUVIO 35. F3 jäte ja rikaste	37
KUVIO 36. Pitoisuudet Lupromin FP 308C:llä	40
KUVIO 37. Saannot Lupromin FP 308C:llä.....	40
KUVIO 38. Pitoisuudet oleiinihapolla	42
KUVIO 39. Saannot oleiinihapolla.....	42
KUVIO 40. Pitoisuudet natriumoleaatilla	43
KUVIO 41. Saannot natriumoleaatilla	44
KUVIO 42. Pitoisuudet natriumoleaatin ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä	45
KUVIO 43. Saannot natriumoleaatin ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä.....	45
KUVIO 44. Pitoisuudet Lupromin FP 308C:n ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä.....	46
KUVIO 45. Saannot Lupromin FP 308C:n ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä	47

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Koesarja 1.	23
TAULUKKO 2. Koesarja 2.	23
TAULUKKO 3. Lisävaahdotukset.....	25
TAULUKKO 4. Vaahdotukset A1–C3.....	38
TAULUKKO 5. Vaahdotukset D1–F3.....	38

1 JOHDANTO

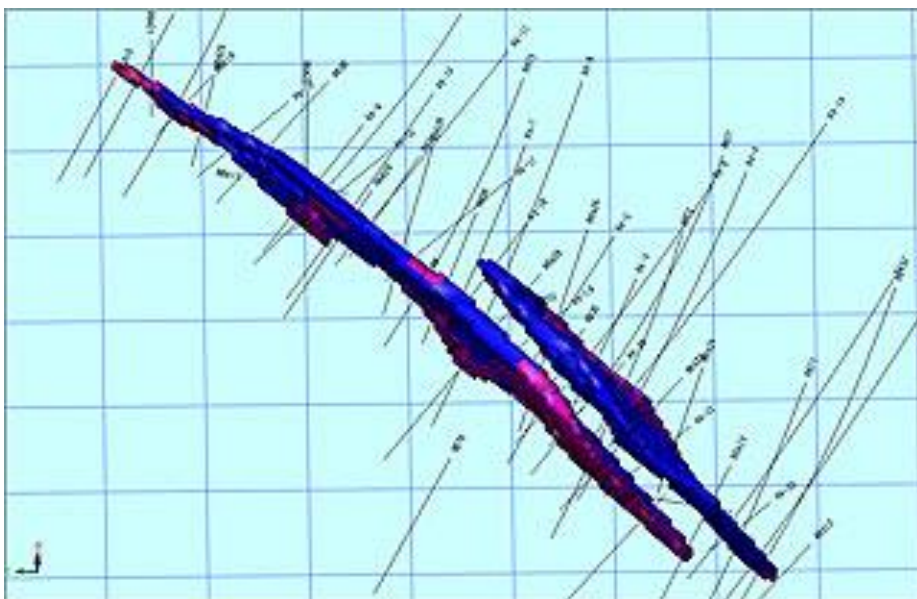
Tämän työn tekeminen aloitettiin marraskuussa 2015, ja kokeellinen osuus on tehty kevään 2016 aikana. Työ on tehty Keliber Oy:lle, ja tarkoituksena oli löytää sopiva kokoojakemikaali turmaliinin poistamiseksi. Keliber Oy on Keski-Pohjanmaalla Kaustisella ja lähialueilla toimiva kaivosyhtiö, jonka päätuote on litiumkarbonaatti. Litiumin kysyntä maailmalla on ollut kasvussa akkuteknologian ja mm. sähköautojen kehittymisen myötä. Myös litiumin maailmanmarkkinahinta on ollut viime aikoina vahvasti kasvusuuntainen. Keliber Oy:n kaivostoimintaa on pyritty saamaan käyntiin jo joitakin vuosia, ja näillä näkymin kaivostoiminta pääsee alkamaan 2010-luvun lopussa.

Tässä työssä tehtävissä kokeissa keskeisimpänä tavoitteena oli saada Keliber Oy:n malmassa oleva booripitoinen turmaliini erotettua vaahdottamalla se muista mineraaleista. Työ koostuu teoriaosuudesta ja kokeellisesta osuudesta. Teoriaosuudessa käsitellään vaahdotusta sekä siinä vaikuttavia erilaisia kemiallisia ja fysikaalisia toimintamekanismeja. Lisäksi perehdyttiin turmaliiniin sekä aiempiin tutkimuksiin, joita turmaliinista ja sen erottamisesta vaahdottamalla muista mineraaleista oli tehty. Kokeellinen osuus koostuu turmaliinipitoisen kiviaineksen hienontamisesta haluttuun partikkelikokoon sekä itse vaahdotustyöstä ja tulosten käsittelystä.

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Keliber Oy. Keliber Oy on suomalainen kaivosyhtiö, joka toimii Keski-Pohjanmaalla. Suomalaisessa omistuksessa yhtiöstä on noin 75 % ja loput noin 25 % omistaa norjalainen Nordic Mining ASA (Keliber 2013a). Keliber Oy:n malmit ovat spodumeenipegmatiittia. Spodumeeni on litiumin kantajamineraali, ja pegmatiitti on puolestaan karkearakeinen juonikivi. Päämineraalit ja niiden prosentuaaliset osuudet malmissa ovat: albiitti 40 %, kvartsi 25 %, kalimaasälpä 16 %, spodumeeni 16 %, muskoviitti 2 % sekä aksessoriset mineraalit 1 %. (Sirén 2015.)

Läntän esiintymä (KUVIO 1), josta tässä työssä käytettävä koemateriaali on peräisin, sijaitsee Kokkolassa Ullavan kaupunginosassa. Keliberillä on voimassa oleva kaivoslupa alueen spodumeenipegmatiitti esiintymään. Lisäksi yhtiöllä on valtauksia myös muihin Keski-Pohjanmaan alueella sijaitseviin esiintymiin. Litiumprovinssin laajuus on yli 500 km² ja siitä on tutkittu vain pieni osa, joten on olemassa merkittävä potentiaali uusien litiumesiintymien löytymiseen. Keliber Oy:n tavoitteena on tuottaa tulevaisuudessa 6000 t/a litiumkarbonaattia (Keliber 2013a). Läntän pegmatiitti on hyvä esimerkki homogeenisesta albiitti-spodumeenipegmatiitista. Siihen kuuluu kaksi pääjuontaa sekä juoniparvi, ja yhteispituus niillä on 450 m. (Keliber 2013b.)



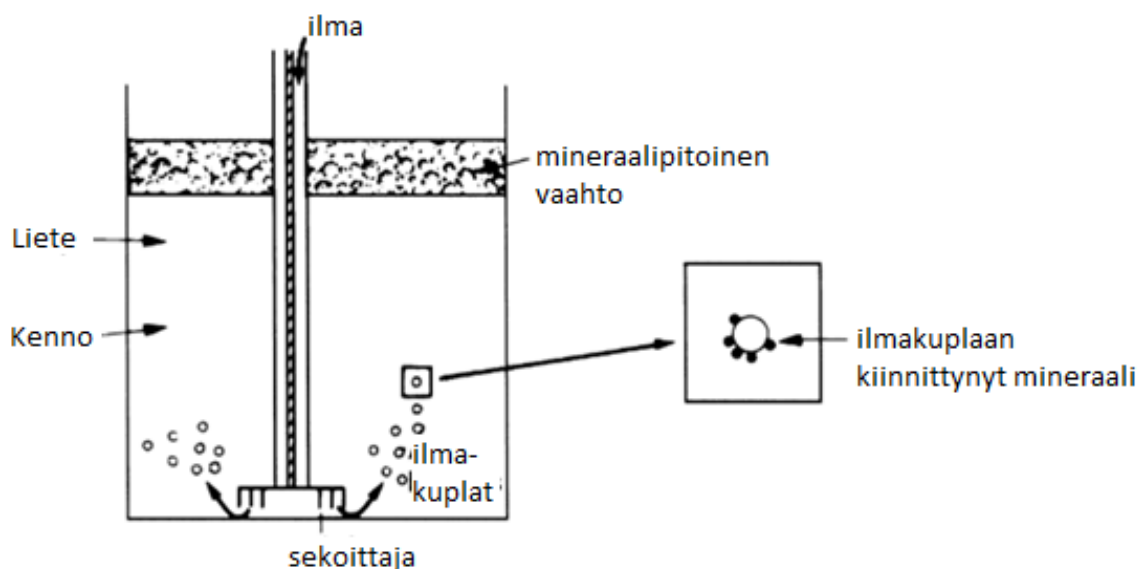
KUVIO 1. Läntän esiintymä (Keliber 2013b)

3 VAAHDOTUKSEN TEORIAA

Vaahdotus on fysikaalis-kemiallinen erotusprosessi, joka käyttää hyväkseen haluttujen ja ei-haluttujen mineraalien pinta-aktiivisuuseroja. Vaahdotuksessa on kolme päätoimintamekanismia:

1. Selektiivinen kiinnittyminen ilmakupliin
2. Kulkeutuminen veden mukana
3. Partikkeleiden väliin fysikaalisesti tapahtuva sulkeutuminen ilmakuplan pinnalla

Arvokkaiden mineraalien kiinnittyminen ilmakupliin on vaahdotuksen tärkein mekanismi. Mineraaleja voidaan ottaa talteen myös kahdella jälkimmäisellä menetelmällä, mutta nämä eivät ole selektiivisiä tapoja. Kuviossa 2 on esitetty vaahdotuksen periaate mekaanisessa vaahdotuskennossa. Kennoon saadaan sekoittajan avulla aikaan turbulenssia, minkä ansiosta kennossa olevat partikkelit ja ilmakuplat saadaan törmäämään toisiinsa, joka taas johtaa arvomineraalin partikkeleiden kiinnittymiseen ilmakuplan pinnalle. Kuplien avulla halutut mineraalipartikkelit nousevat kennossa ylöspäin aina vaahdotkerrokseen saakka, josta ne voidaan kuoria pois. (Wills´ & Napier-Munn 1979, 267–268.)



KUVIO 2. Vaahdotuksen periaate (mukaan Wills´ & Napier-Munn 1979, 268)

Vaahdotuksessa haluttu mineraali yleensä pyritään saamaan vaahtokerrokseen, jolloin arvoton osa jää jätteeseen. Tätä kutsutaan suoraksi vaahdotukseksi. Vaahdotus voidaan suorittaa myös niin sanotusti käänteisenä, jolloin arvomineraali jää pohjalle ja arvoton osa pyritään saamaan vaahtokerrokseen. Vaahdottamalla voidaan erottaa lähes mikä tahansa vesilietteessä oleva mineraali muista mineraaleista. Vaahdotettavan mineraalin tulee olla riittävän hienorakeista, muuten ilmakuplat eivät jaksaa nostaa sitä vaahtoon. Lisäksi edellytetään, että vaahdotettavan mineraalin pinta on hydrofobinen eli vettä hylkivä. Sellaisten mineraalien, joiden ei haluta nousevan vaahtoon, tulee puolestaan olla vesihakuisia. Vaahdotuksessa on kolme eri faasia, jotka ovat kiinteä-, neste- sekä kaasufaasi. Kiinteäfaasi syntyy mineraalirakeista ja nestefaasi on lähes aina vesi. Kaasufaasi puolestaan on yleensä vaahdotusilma. (Wills´ & Napier-Munn 1979, 268; Lukkarinen 1987, 18.)

3.1 Vaahdotuksen rajapintailmiöt

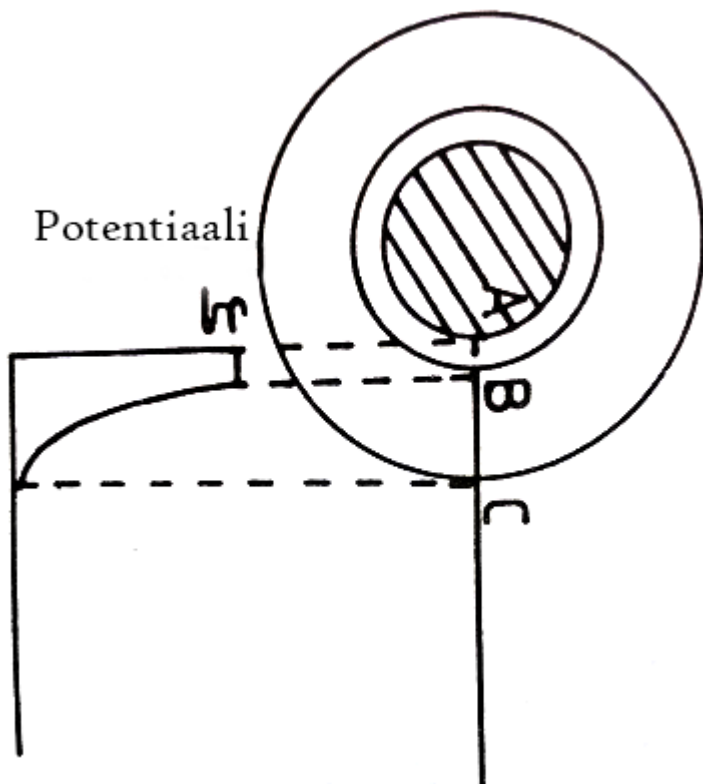
Vaahdotuksen rajapinnoilla tapahtuvat ilmiöt sekä edistävät että häiritsevät vaahdotusta. Kokoja kiinnittyy sekä kiinteään-, että nestefaasiin. Vaahdote puolestaan kiinnittyy neste- ja kaasufaasiin, kun taas rakeet kiinnittyvät kuplan pinnalle kiinteän ja kaasufaasin rajapinnalla. Aineiden molekyylien välillä on aina niitä koossa pitäviä voimia. Nesteen pinnalla vaikuttaa molekyylien välinen vetovoima, joka pyrkii pitämään pinnan pienenä ja vastustamaan sen laajenemista. Tätä sanotaan pintajännitykseksi. Aineiden pintajännitykset poikkeavat toisistaan huomattavasti. Monilla orgaanisilla aineilla pintajännitys on noin puolet veden $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ N m}^{-1}$ arvosta. Kun orgaanista ainetta lisätään veden sekaan, tapahtuu aluksi voimakasta pintajännityksen alenemista, joka edelleen orgaanista ainetta lisätessä tasoittuu. Pintajännitys on lämpötilan funktio ja lämpötilakerroin on negatiivinen. Nesteen kriittisessä lämpötilassa neste höyrystyy ja rajapinta sekä pintajännitys katoavat. (Lukkarinen 1987, 29–30.)

Vaahdotuksessa vaikuttaa ilmiöitä, jotka voidaan selittää sähköisten vetovoimien avulla. Coulombin lain avulla voidaan ilmaista varausten välisen vetovoiman suuruus. Jos varaukset ovat samanmerkkiset, pyrkii voima työntämään niitä erilleen toisistaan. Jos varaukset ovat erimerkkiset, pyrkii voima puolestaan vetämään niitä lähemmäs toisiaan. Vetovoima myös pienenee permittiivisyyden kasvaessa. Tästä taas aiheutuu se, että voimakkaan varauksen omaavat ionit tarttuvat korkeamman permittiivisyyden puolelle faasien rajapinnoilla. (Lukkarinen 1987, 30–31.)

Adsorbtio on ilmiö, joka tapahtuu kahden faasin rajapinnalla. Toisessa faasissa oleva kaasumainen tai liuennut aine joko lisääntyy tai vähenee faasien rajapinnalla. Nesteen ja kiintoaineen välillä esiintyy useampia eri ilmiöitä, joita ovat fysikaalinen adsorbtio, kemiallinen adsorbtio sekä kemiallinen reaktio. Fysikaalinen adsorbtio vaatii vähäisen määrän energiaa, se ei ole spesifinen, ja se on palautuva. Kemiallinen adsorbtio tarvitsee toteutuakseen suhteellisen paljon energiaa ja on usein hitaasti tai ei ollenkaan palautuva. Kemiallinen reaktio puolestaan vaatii suuren määrän energiaa ja noudattaa kemiallisen tasapainon lakeja. Pinta-aktiivinen aine adsorboituu faasien rajapinnoille positiivisesti. Adsorbtio liittyy vaahdotuksessa vaahdotteen asettumiseen veden ja ilmakuplan rajapinnalle sekä kokoojakemikaalin tarttumiseen mineraalien pinnoille. (Lukkarinen 1987, 31–32.)

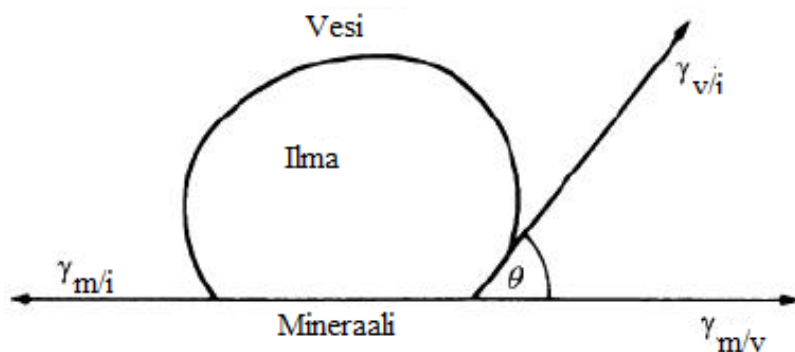
Vasta murskatut ja jauhetut mineraalit ovat pinnoiltaan hyvin reaktiokykyisiä, ja kun tällainen aines pääsee kosketuksiin veden kanssa, reagoivat mineraalipinnat veden ionien kanssa. Kaikki mineraalit liukenevat veteen joissain määrin ja kun malmit koostuvat useista mineraaleista, on tuloksena vaahdotuslietteessä sekava tilanne ionien suhteen. Yhden arvoisista atomeista koostuneen mineraalin upotessa veteen, mineraaleista liukenee veden sekaan sekä M^+ - että A^- -ioneja. Vesi taas dissosioituu H^+ - ja OH^- -ioneiksi sen ionitulon mukaisesti. Mineraali pintojen ja lietteen välillä tapahtuu myös kationien ja anionien adsorboitumista mineraalien pinnalle. Veden H^+ -ionit ja OH^- -ionit pyrkivät asettumaan mineraalien pinnoille ja hydratoimaan sen. Lietteessä M^+ -ioniväkevyyden saavuttaessa tietyn tason, alkaa lietteestä palata ioneja takaisin mineraalin pinnalle. M^+ :n osalta on saavutettu tasapaino nestefaasin ja kiinteän faasin välillä. Kun lietteessä vallitsee tasapaino, ei faasirajan yli tapahdu enää ylimääräistä varausten kuljetusta. Kun pinnalla ei ole varauksia lainkaan, on tällöin saavutettu niin sanottu varauksen nollapiste. (Lukkarinen 1987, 32–33.)

Pinnan läheisyydessä oleva eri varausten gradientti aiheuttaa pinnasta lietteen suuntaan olevan potentiaalin. Kumman merkkinen potentiaali on, riippuu pinnan nettovarauksesta. Voimakkuus taas riippuu varausten tiheydestä. Jos yksikkövaraus tuodaan lietteestä mineraalipintaa kohti, on potentiaali nolla diffuusiokerroksen ulkorajalla. Kuvion 3 pisteessä B olevaa potentiaalia sanotaan tseta-potentiaaliksi. Pintapotentiaali riippuu paljon lietteen pH:sta. Sitä lietteen pH:ta, jossa tseta-potentiaali on nolla, sanotaan lietteen iso-elektriseksi pisteeksi. (Lukkarinen 1987, 35.)



KUVIO 3. Pintapotentialiaali (mukaillen Lukkarinen 1987, 36)

Mineraalipartikkeleiden ja ilmakuplien kohtaaminen ja tarttuminen toisiinsa on periaatteessa mahdollista vain kuplien ja rakeiden suuren lukumäärän avulla. Puhdas rae ja kupla kiinnittyvät toisiinsa vain erikoistapauksissa, ja yleensä ilmakuplaan tarttuu kokoojan peittämä rae. Mineraalirae ja ilmakupla saavat yhteisen rajapinnan, kun kokoojan peittämä mineraalirae kiinnittyy kuplaan. Ilmakuplan tarttuminen mineraalirakeen pinnalle on esitetty kuviossa 4. Reunakulma on mineraalipinnan ja kuplan kosketuspisteeseen piirretyn kuplan tangentin välinen kulma. Vaahdottaminen on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi reunakulma on. Kun käytetään pieni-reunakulmaista kokoojaa, ovat rakeet kuplan ulkopinnalla ja sanotaan, että vaahto on ”märkää”. Jos taas kokooja on suurireunakulmainen, saadaan ”kuivaa” vaahtoa ja rakeet työntyvät kuplan sisäpinnalle. (Lukkarinen 1987, 39–41.)



KUVIO 4. Ilmakupla mineraalirakeen pinnalla (mukaillen Wills´ & Napier-Munn 1979, 269)

$$Y_{m/i} = -Y_{m/v} + Y_{v/i} \cos \theta$$

jossa:

θ on kontaktikulma

$Y_{m/i}$ on rajapinta- tai pintajännitys kaasun ja kiinteän rajapinnassa

$Y_{v/i}$ on rajapinta- tai pintajännitys kaasun ja nesteen rajapinnassa

$Y_{m/v}$ on rajapinta- tai pintajännitys nesteen ja kiinteän rajapinnassa

3.2 Hienojakoiset aineet

Mikäli malmi jauhetaan alle 0,3 mm:n raekokoon, on siinä alle 0,1 μm :n rakeita noin 1 %. Malmit jauhetaan joissain tapauksissa paljon pienempään raekokoon, esim. alle 50 μm . Tällöin siinä on kolloideja joitakin prosentteja. Kiintoaineen pinta-alasta on tällöin kolloidien pinta-ala jo yli 50 %, ja tällä on jo vaikutusta vaahdotukseen, joka perustuu pintailmiöihin. Kolloidit ovat nesteissä tai kaasuissa esiintyviä hyvin hienoja rakeita, kooltaan 0,1–0,001 μm . Hienojen raeluokien ja erityisesti kolloidien pinta-alan ollessa suuri, ne edustavat suurta osaa pinta-energian määrästä. Yleensä kolloidit ovat suhteellisen pysyviä, sillä sähköiset voimat pitävät hiukkasia erillään. Nämä voimat voidaan kumota käyttämällä esimerkiksi oikeanlaista elektrolyyttiä jolloin hiukkaset flokkuloituvat. Tämä tarkoittaa sitä, että ne saadaan kokoontumaan yhteen ja viskositeetti kasvaa. Tärkeä tekijä kolloideista puhuttaessa on tseta-potentiaali. Pieni tseta-potentiaali vastaa hiukkasten flokkulaatiota ja suuri puolestaan dispersiota. Yleisesti flokkuloitumista pidetään tärkeänä tekijänä onnistuneessa vaahdotuksessa. (Lukkarinen 1987, 44–45.)

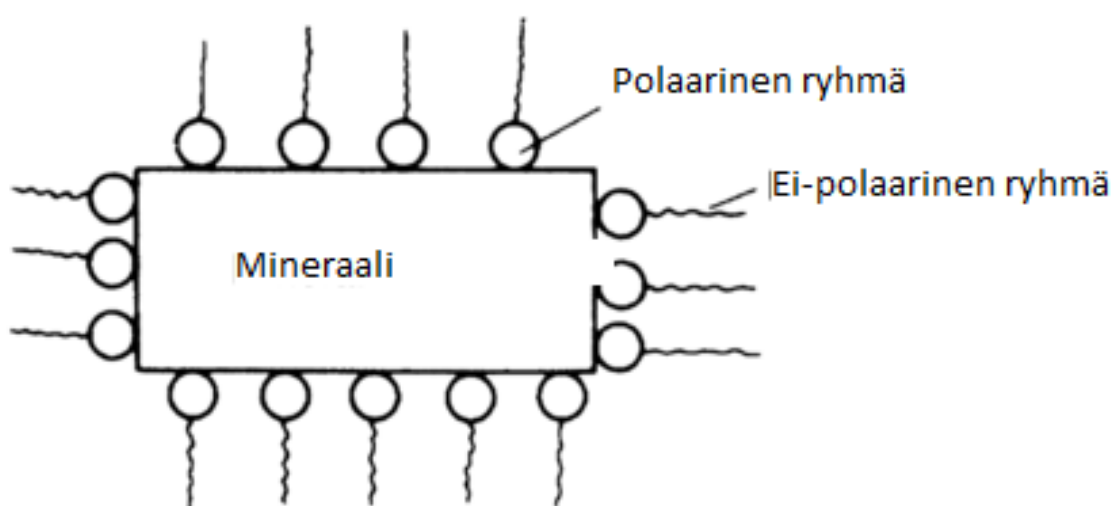
Vaahdotustapahtumaa haittaavien pienten raeluokkien ei tarvitse olla kolloidimaisia vaan yleensä alle 10 µm raekoon materiaalin vaahdottamiseen liittyy ongelmia. Lieju voi häiritä vaahdotusta useammalla tavalla, koska jos sillä on vaahdotettavan mineraalin kanssa samanmerkkinen tseta-potentiaali, voi se nousta halutun mineraalin mukana kuluttaen turhaan kokoojaa ja huonontaen rikastetta. Jos tseta-potentiaali on taas erimerkkinen, voi lieju tarttua mineraalin pinnalle ja estää kokoojan tarttumisen siihen. (Lukkarinen 1987, 46.)

4 VAAHDOTUSREAGENSIT

Vaahdotuksessa käytettävillä kemikaaleilla on tarkoitus edistää vaahdon muodostumista ja vaikuttaa mineraalien pintoihin. Vaahdotusreagenssit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: kokooja-, vaahdotus- ja säännöstelyreagensseihin. Osa voidaan jakaa myös edelleen alaryhmiin. Esimerkiksi kokoojat jaetaan ionisoiviin ja ionisoitumattomiin. Säännöstelijöitä taas on kahta tyyppiä; orgaaniset ja epäorgaaniset. (Bulatovic 2007, 1–3.)

4.1 Kokoojat

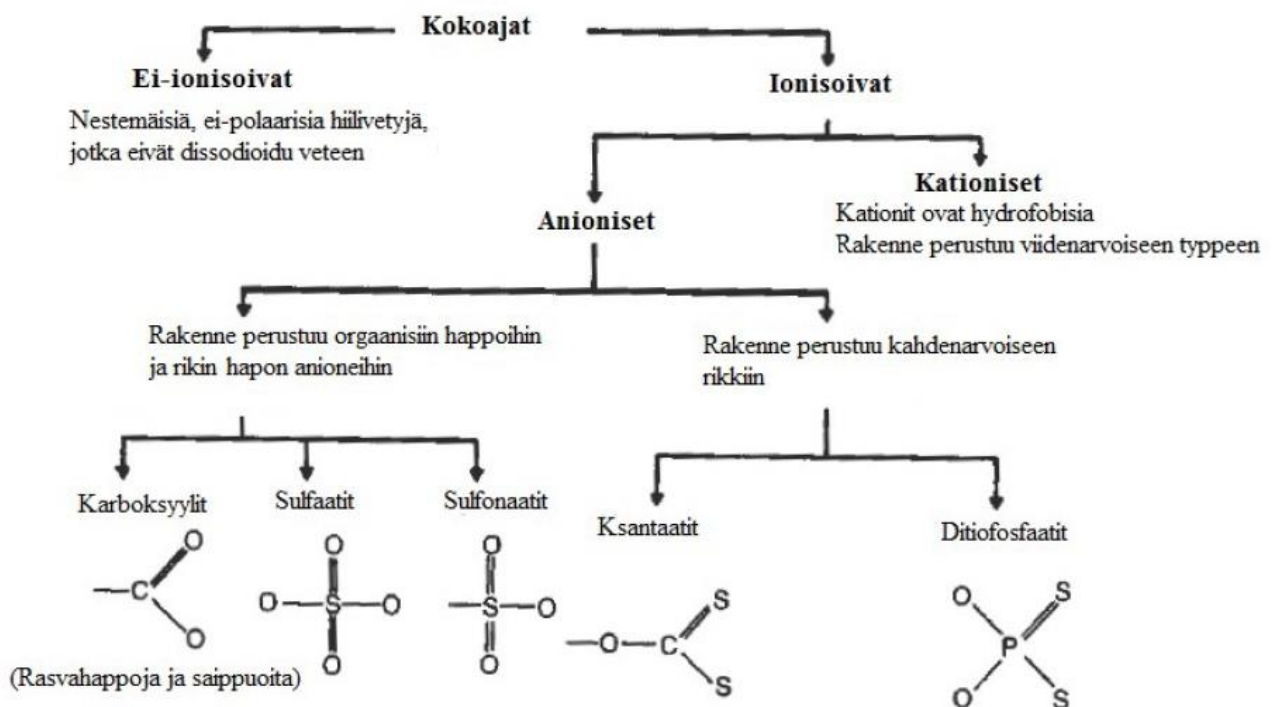
Käytännössä jokaisen mineraalin pinta peittyy veteen joutuessaan vesimolekyyleillä. Tämä aiheutuu sähkövarauksesta, joka muodostuu mineraalien pinnalle ja vetää vesimolekyylejä joko H^+ -ionin tai O^- -ionin välityksellä. Se kumpi tapahtumista on kulloinkin kyseessä, riippuu siitä, onko pinnalla oleva varaus positiivinen vai negatiivinen. Joidenkin mineraalien pinnat ovat sähköisesti neutraaleja, joten ne ovat luonnostaan hydrofobisia. Jos halutun mineraalin pinta ei ole luonnostaan hydrofobinen, tehdään se selektiivisesti hydrofobiseksi kemikaalien avulla (KUVIO 5). Tällaisia kemikaaleja sanotaan kokoojiksi. (Lukkarinen 1987, 18.)



KUVIO 5. Kokoojan toiminta (mukaillen Will's & Napier-Munn, 271)

Kokoojat ovat vaahdotuskemikaalien tärkein ryhmä. Kokoojien avulla haluttujen mineraalien pinnat saadaan selektiivisesti hydrofobiseksi. Tavallisesti nämä ovat heteropolaarisia orgaanisia aineita ja niissä on sekä polaarinen ionisoituva pää että hiilivetyä, joka on vettä hylkivä. Polaarisen pää avulla kokooja tarttuu kiinni mineraalin pintaan. Jotta vaahdotus olisi onnistunut, tulee kokoojan sekoittua hyvin veteen. (Lukkarinen 1987, 49.)

Eniten käytettyjä kokoojia ovat anioniset kokoojakemikaalit. Anionisella kokoojalla eräänlaisena yleistuntomerkkinä on negatiivinen polaarinen pää. Yleensä hiilivetyä on puolestaan alifaattinen parafiini. Anioniset kokoojakemikaalit ovat joko happoja sellaisenaan tai orgaanisten happojen suoloja jolloin suolan muodostajana on alkalimetalli. Hiilivetyketjun ja vedyn tai metallin välisen yhteyden saa aikaan happi- tai rikkiatomi. Näistä jälkimmäiset ovat joko rasvahappoja tai niiden saippuota ja ensimmäiset ovat tioleja. Anioniset kokoojat voidaan edelleen jakaa alaryhmiin (KUVIO 6). (Lukkarinen 1987, 49–50.)



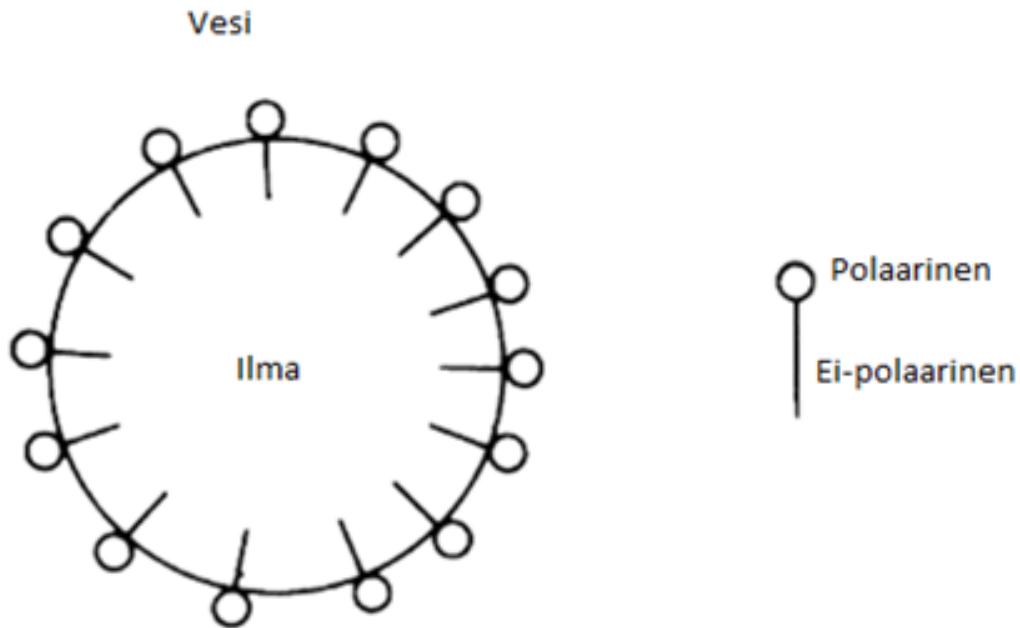
KUVIO 6. Kokoojakemikaalien luokittelu (mukaillen Wills´ & Napier-Munn 1979, 271)

Kationiset kokoojat ovat ionisoituvia ja orgaanisia yhdisteitä. Niiden hiilivetypää on kationin puolella, jonka vuoksi ne sopivat sellaisten mineraalien kokoojiksi, joilla on negatiivinen pinta-varaus. Ne ovat myös nopeavaikutteisia ja selektiivisiä. (Lukkarinen 1987, 61.) Amfoteeriset kokoojat eli amfolyytit kykenevät reagoimaan happoina emäksisissä liuksissa ja emäksinä happamissa liuksissa. pH aluetta, jossa amfoteeri kykenee muodostamaan saman verran sekä kationeja, että anioneja, kutsutaan isoelektriseksi alueeksi. Amfolyyttisiä kokoojia on mahdollista käyttää, kun lietteen pH alue on 2–12. Toisin sanoen samalla kemikaalilla voidaan rikastaa eri mineraaleja muuttamalla ainoastaan lietteen happamuutta. (Lukkarinen 1987, 63–64.)

Ionisoitumattomia kokoojia ovat esimerkiksi polttoöljy, jotkin kivihiili- tai puutervasta tislaamalla saadut hiilivetyöljyt ja erikoiskäsittelyllä polaarista kokoojista valmistetut kemikaalit. Ionisoitumattomia kokoojia käytetään hiilen ja rikin vaahdotuksessa, mutta sen lisäksi niitä käytetään myös tehostamaan rasvahappo- ja amiinikokoojien vaikutusta. Kokoojaominaisuudet vahvistuvat ionisoitumattomilla kokoojilla, kun viskositeetti kasvaa. Kun ionisoitumattomia kokoojake-mikaaleja valmistetaan polaarista yhdisteistä, saadaan aikaan kompleksisten malmien kokoojia, jotka ovat usein erittäin selektiivisiä. (Lukkarinen 1987, 64.)

4.2 Vaahdotteet

Tärkein tehtävä vaahdotteilla on aikaansaada vaahto, joka kestää pinta-aktiivisuuden ansiosta siihen kiinnittyneen raekuorman. Tätä varten veden pintajännitystä pienennetään. Vaahdotus-aineet ovat heteropolaarisia ja orgaanisia. Kun näitä aineita lisätään lietteeseen, veden pintajännitys alenee sitä mukaa kun lisättävän aineen väkevyys kasvaa. Minimipintajännitys saavutetaan kyllästymispistettä lähestyttäessä. Vaahdotteen toinen tarkoitus on se, että sillä saadaan aikaan riittävän sitkeä vaahto, jotta kuplat pysyvät koossa vaahdotuskennossa, mutta kuitenkin hajoavat siinä vaiheessa, kun ne putoavat vaahdotuskennosta rikasteränniin. Vaahdotteen toiminta on esitetty kuviossa 7. (Lukkarinen 1987, 65.)



KUVIO 7. Vaahdotteen toiminta (mukaillen Wills´ & Napier-Munn 1979, 277)

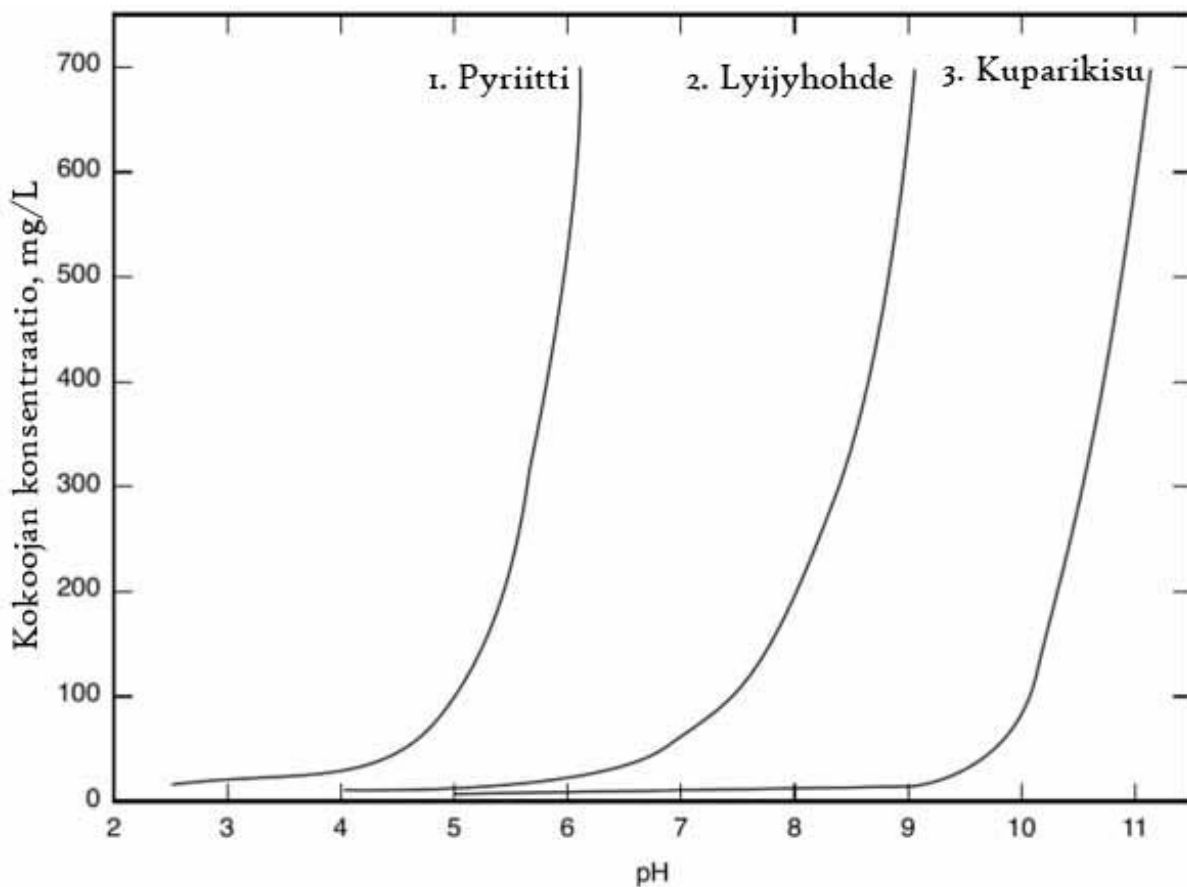
4.3 Säännöstelevät kemikaalit

Säännöstelevien kemikaalien käytöllä mahdollistetaan kokoojan selektiivinen tarttuminen vain halutun mineraalin pinnalle. Säännöstelevät kemikaalit voidaan luokitella aktivoijiin ja painajiin. Aktivoijat ovat kemikaaleja, jonka avulla saadaan muuten huonosti tai ei ollenkaan vaahtoutuvan mineraalin pinta otolliseksi kokoojakemikaalin tarttumiselle. Aktivoija on epäorgaaninen aine ja sen vaikuttavalla ionilla on vastakkainen varaus käytettävän kokoojan polaariseen päähän nähden. Aktivointiaineita käytetään niin metallimalmien kuin teollisuusmineraalienkin vaahdotuksessa. Painajat ovat puolestaan kemikaaleja, joilla pyritään estämään kokoojakemikaalin tarttuminen ei-toivottujen mineraalien pinnoille. (Wills´ & Napier-Munn 1979, 278; Lukkarinen 1987, 68–70.)

4.4 pH

Lietteen oikea pH on vaahdotuksen onnistumisen kannalta erittäin tärkeää. Jotkin vaahdotustehtävät voidaan suorittaa pelkästään sopivan kokoojan ja oikean pH:n avulla. Mineraaleilla on

aina jokin tietty kriittinen pH-arvo, joka on riippuvainen käytetyn kokoojan määrästä. Mineraalin vaahdottaminen onnistuu kriittisen pH:n alapuolella, mutta sen yläpuolella mineraalin vaahdottaminen ei onnistu (KUVIO 8). Kriittinen pH riippuu vaahdotettavasta mineraalista, käytettävästä kokoojasta, säännöstelevistä kemikaaleista ja näiden yhteisvaikutuksesta. pH:n säätöön käytetään sulfidimalmeille rikkihappoa ja kalkkia. pH:n säätämiseen muille malmeille voidaan joutua käyttämään mm. suolahappoa, fluorivetyhappoa tai natriumhydroksidia. (Lukkarinen 1987, 70; Wills´ & Napier-Munn 1979, 282.)



KUVIO 8. Kokoojan konsentraation ja kriittisen pH:n suhde (mukaillen Fuerstenau, Jameson & Yoon 2007, 18)

5 TURMALIINI

Turmalini on kompleksinen boorisilikaattimineraali, jota esiintyy monissa graniittikivissä. Turmaliniinista on olemassa eri muunnoksia, joista kolme yleisintä ovat elbaiitti, schorl ja draviitti. Turmaliniin kaava yleisessä muodossa on $XY_3Z_6(T_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$. Kaavassa $X=Ca, Na$ tai K ; $Y=Li, Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn, Al, Cr^{3+}, V^{3+}, Fe^{3+}$ tai Ti^{4+} ; $Z=Mg, Al, Fe^{3+}, Cr^{3+}$ tai V^{3+} ; $T=Si, Al$ tai B ; $B=B$; $V=OH^-$ tai O^{2-} ja $W=OH^-, F^-$ tai O^{2-} . Vaikka turmaliniin isäntäkivien ikä, alkuperä ja esiintymät voivat vaihdella, itse kiteet ovat hyvin samankaltaisia. Turmalinikivet voivat olla halkaisijaltaan useita senttimetrejä ja ne ovat usein kvartsi- ja maasälpäreunuksen ympäröimiä. Kiven keskiosa koostuu usein itse turmaliniinista sekä kvartsista. Tämän lisäksi siinä voi olla vaihtelevia määriä plagioklaasia ja K-maasälpää. Usein turmalini esiintyy kvartsi- ja maasälpäkiteiden välissä. (Chemical Geology 2015).

Turmalini voi varautua sähköisesti, kun sitä hierotaan, siihen kohdistetaan painetta tai siihen kohdistuu suuria lämpötilan vaihteluita. Kovuus Mohsin asteikolla on 7–7,5 ja ominaispaino 3,0–3,3 tonnia/m³ koostumuksesta riippuen. Turmalini esiintyy prismaattisina kiteinä ja on yleensä kolme-, kuusi- tai yhdeksänsivuinen. Turmalini voi esiintyä eri väreissä. Samassa kivessä voi esiintyä kahta tai useampaa eri väriä, jolloin värit ovat joko eri vyöhykkeissä tai juovissa jolloin värien välillä on tarkka raja. Värien eri variaatiot riippuvat kunkin turmaliniityypin kemiallisesta koostumuksesta. Litium-pegmatiitissa on tavallista esiintyä värillistä turmaliniä, joka on yleensä elbaiittia. Turmalini esiintyy pegmatiittijuonissa sijaitsevilla graniiteilla, gneisseilla, liuskeilla ja kiteinä kalkkikivessä. Schörl ja draviitti ovat tavallisia graniiteilla, graniittipegmatiiteilla ja kiilleliuskeilla. (Gemselect 2015; Geologia 2016; Grönholm, Alviola, Kinnunen, Kojonen, Kärkkäinen & Mäkitie 2009, 31.)

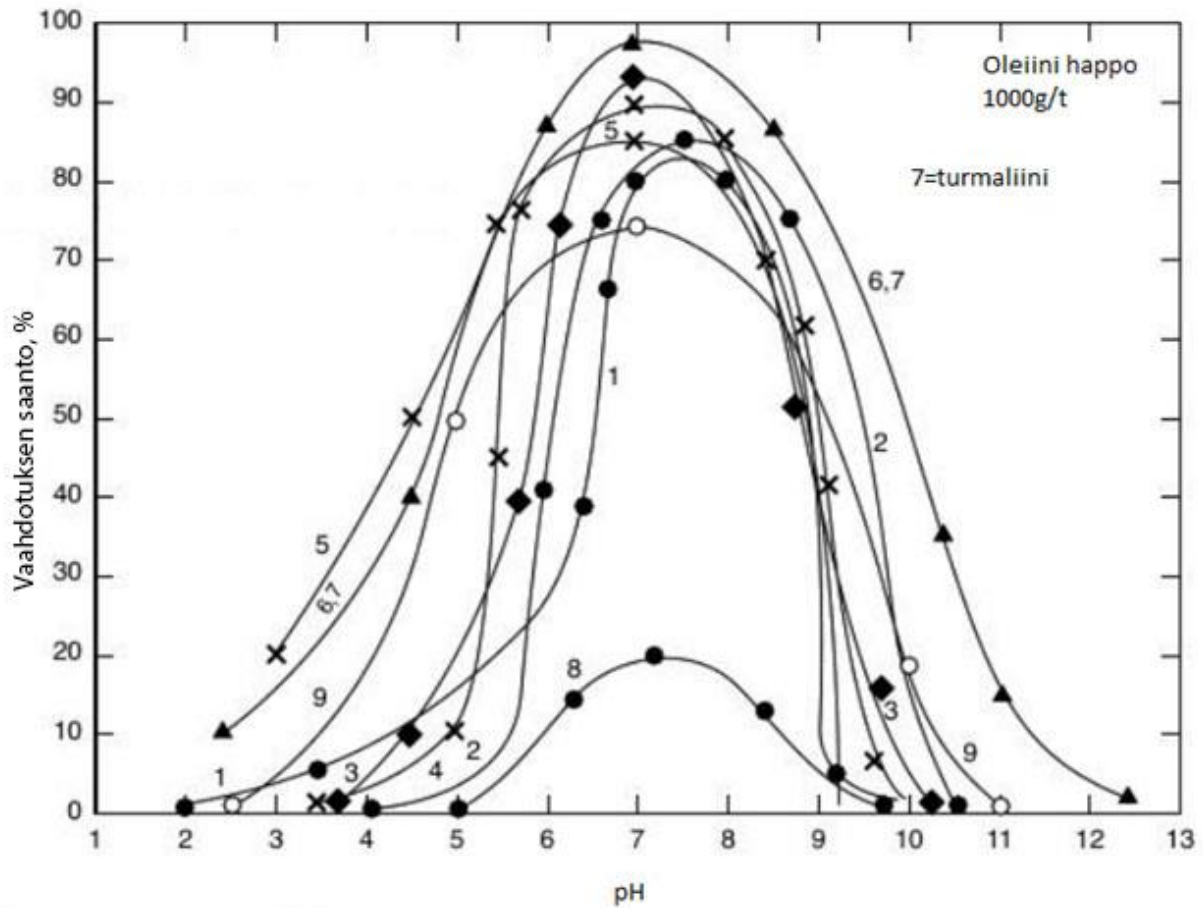
Turmaliniin on myös huomattu olevan eräänlainen malmin muodostumisprosessin tallentaja. Se kykenee yksittäisestä rakeesta alkaen tallentamaan itseensä isäntäkiven koko geologisen jäljen. Tämä sisältää vallinneen paineen, lämpötilan ja nesteyhdisteet, joita se on kohdannut, sekä näiden muutokset. Turmaliniä voidaan hyödyntää myös geolämpömittarina, nesteen koostumuksen tallentajana sekä mittaamaan geologista aikaa ja siitä saadaan tietoa kivilajien alkuperästä. (GeoScienceWorld 2011.)

5.1 Liaoningin yliopiston tutkimus

Turmaliiinin erotusmetodeja on pääasiassa kaksi: magneettinen erotus ja vaahdotus. Näistä kahdesta vaahdottamalla voidaan saavuttaa parempia tuloksia. Vaahdotusmenetelmää on kehitetty sekä kationisilla että anionisilla kokoojakemikaaleilla. Kyseisessä testissä parhaat tulokset on saavutettu käyttämällä sulkeisessa piirissä anionista natriumoleaattia kokoojana, jolloin saanti on ollut 83,77 %, kun pitoisuus oli 8,47 %. Tässä kokeessa haluttu mineraali oli ollut turmaliini ja mineraaleja, joista se on haluttu erottaa, olivat olleet mm. kvartsi, maasälpä, biotiitti, zirkon, plagioklaasi jne. Koska turmaliiinin rakenne on monimutkainen, pinnan sähköiset ominaisuudet ovat myös kompleksisia ja eri kokoojien toimivuutta vaahdotuksessa on tarkkailtu erikseen. Näissä kokeissa materiaali on ollut kooltaan -0,044 mm (89,6 %) ja Na_2CO_3 360 g/t ja 5 % H_2SO_4 lisäys 20 ml, sekä vesilasiliuoksen lisäys 200 g/t. Natriumoleaatti vaahdotuksessa pH:n kasvaessa turmaliiinisaanti alkaa nousemaan ja saavuttaa maksimin pH:ssa 5 – 8 ja pH:n noustessa yli 8 saanti alkaa pienentyä. (Zhifeng, Ye, & Shujuan 2013, 237–243.)

5.2 Silikaattimineraalien vaahdotus oleiinihapolla

Epämetallisten mineraalien vaahdotuksessa yleisesti käytetty kokoojakemikaali on oleiinihappo. Oleiinihapolla tehdyillä vaahdotuksilla on saatu aikaan hyviä tuloksia vaahdotettaessa kompleksisia silikaattimineraaleja. Polkin ja Najfonow määrittivät tutkimuksissaan kokoojan määrän adsorption oleaatilla ja kemiallisen adsorption reaktioita infrapuna spektroskopiolla. Lisäksi he suorittivat liuotustutkimuksia poistaakseen pintametalli-ioneja, osoittivat reagensien ja liuotuksen vaikutuksen mineraalien zeta-potentiaaleissa ja käyttivät useita eri säännöstelykemikaaleja selektiivisyyden parantamiseksi. Kuviossa 9 on esitetty Polkinin ja Najfonowin saamia tuloksia eri pH:ssa yhdeksälle eri mineraalille, kun kokoojakemikaalia käytettiin 1000 g/t. Tutkimuksessa havaittiin, että joidenkin mineraalien esikäsitteily hapolla tuotti parempia tuloksia vaahdotuksen selektiivisyyden suhteen, koska erilaisia monimuotoisia metalli-ioneja liukeni tai poistui joidenkin mineraalien pinnalta. Tämän takia oleaatti kiinnittyi paremmin halutun mineraalin pinnalle. (Fuerstenau, Jameson & Yoon. 2007, 37–38.)



KUVIO 9. Oleiinihappovaahdotus. 1=kolumbiitti, 2=zirkoni, 3=tantaliitti, 4=ilmeniitti, 5=rutiili, 6=granaatti, 7=turmalini, 8=albiitti, 9=perovskiitti (mukaan Fuerstenau, Jameson & Yoon 2007)

6 KOKEELLINEN OSUUS

Työn kokeellinen osuus suoritettiin Kokkolassa ammattikorkeakoulun ja aikuiskoulutuksen tiloissa. Aikuiskoulutuskeskuksen tiloissa suoritettiin työn osasta itse vaahdotus kuvion 10 vaahdotuskennolla. Muu osa, kuten materiaalin hienonnus ja vaahdotettujen materiaalien käsittely suoritettiin ammattikorkeakoulun murskaamossa ja laboratoriotiloissa.



KUVIO 10. Vaahdotuskenno

6.1 Koemateriaali

Työssä käytetty materiaali haettiin 3.11.2015 Ullavan Läntästä. Työhön valittiin kuvion 11 kaltaisia kiviä, joissa turmaliini on kiven pinnassa olevassa ohuemmassa tummassa osassa pieninä kiteinä. Kivistä valittiin murskaukseen pienimpiä kiviä noin 22 kg ja isoimmat kivet jätettiin odottamaan mahdollista myöhempää tarvetta.



KUVIO 11. Koemateriaali

6.2 Esivalmistelut

Kivet murskattiin kuvion 12 leukamurskaimella kolmeen kertaan siten, että ensin murskattiin murskaimen asetusarvolla 35 mm, seuraavaksi 17,5 mm ja lopuksi noin 2,5 mm arvolla. Murskauksen jälkeen materiaalille tehtiin ensimmäinen seulonta kuvion 13 seulasarjalla, jossa saatiin tavoiteltua alle 106 μm tuotetta 874 g.



KUVIO 12. Leukamurskain



KUVIO 13. Seulasarja

Murskauksen ja ensimmäisen seulonnan jälkeen karkea materiaali jauhettiin kuvion 14 kuulamylyssä. Materiaali jauhettiin 30 min jauhatusaikaa käyttäen. Jauhettu materiaali seulottiin jokaisen jauhatuksen jälkeen ja siitä erotettiin alle 106 μm :n osa. Seulapinnat seulonnassa olivat 2,0 mm, 1,12 mm, 850 μm , 600 μm , 500 μm , 300 μm , 212 μm ja 106 μm . Seulonnassa yhden

syötepanoksen määrä oli aina noin 1,5 kg. Aika pidettiin koko ajan vakiona kymmenessä minuutissa. Hienonnuksen ja seulonnan tuloksena saatiin yhteensä 21,038 kg tuotetta vaahdotukseen raekoon ollessa 84,5 % alle 106 μm . Kuviossa 15 on saatua alle 106 μm :n tuotetta.



KUVIO 14. Kuulamyly



KUVIO 15. Alle 106 μm tuote

Materiaalin hienonnuksen ja seulonnan jälkeen kiviaines ositettiin kuvion 16 kahtiointilaitteella viiteen kertaan. Tämän jälkeen saadut 32 tuote-erää ositettiin vielä pöydällä neljään kertaan ja jaettiin kuvion 17 mukaisiin pusseihin valmiiksi vaahdotusta varten. Kukin pussi sisältää noin 750 g vaahdotettavaa materiaalia. Materiaalimäärä riittää tarvittaessa 28 kokeeseen.



KUVIO 16. Kahtiointilaite



KUVIO 17. Syötepusseja

6.3 Koesuunnitelma

Jauhettu ja seulottu koemateriaali ositettiin ja jaettiin siten, että syötepusseja saatiin 28 kpl, joista kukin sisältää noin 750 g kiviainesta. Jokainen materiaalierä käytetään vielä myllyssä 5 min ajan ennen vaahdotusta. Syötepusseista otetaan aina 5 g näyte. Kaikissa kokeissa valmistusaika on 10 min, jonka aikana lisätään lietteeseen kaksi tippaa vaahdotusöljyä, mitataan ja säädetään pH tarkasti, lisätään kokoojat ja mahdolliset säännöstelevät kemikaalit. Valmistuksen jälkeen avataan ilmahana ja kuoritaan vaahtoa niin kauan kuin se näyttää hyvältä. Vaahdotettaessa tulisi yrittää välttää litium-tappiota. Tämän jälkeen rikaste ja jäte suodatetaan, kuivataan ja punnitaan. Merkitään ja varastoidaan analyysejä varten.

Itse kokeet suoritetaan kahdessa sarjassa. Ensimmäinen sarja sisältää seuraavat kemikaalit: Lupromin FP308C, oleiinihappo ja natriumoleaatti. Näillä näkymin kokeisiin saadaan lisäksi SNF Flomin, Inc:ltä neljä eri rasvahappoa (C 9621, 9606, 9012, ja 9616) ja kaksi petroleumsulfaattia (C 9854 ja 9855). Seossuhteilla 50 %/50 % pitäisi saadun tiedon mukaan päästä hyvin alkuun. Mikäli kokeisiin saadaan vielä odotetut neljä eri rasvahappokemikaalia ja kaksi petroleumsulfaattikemikaalia, vaahdotetaan ne omassa sarjassa. Ensimmäinen sarja tehdään taulukon 1 mukaan ja toinen sarja tehdään taulukon 2 mukaan.

Mikäli Flominin kemikaaleja ei syystä tai toisesta saada kokeisiin, on tällöin mahdollista tehdä lisävaahdotuksia jo kokeilluilla kemikaaleilla, esim. eri pH:ssa. Jos kaikki molempien taulukoiden kemikaalit saadaan ja ne koevaahdotetaan, tulee kokeiden lukumääräksi yhteensä 20 kpl.

TAULUKKO 1. Koesarja 1

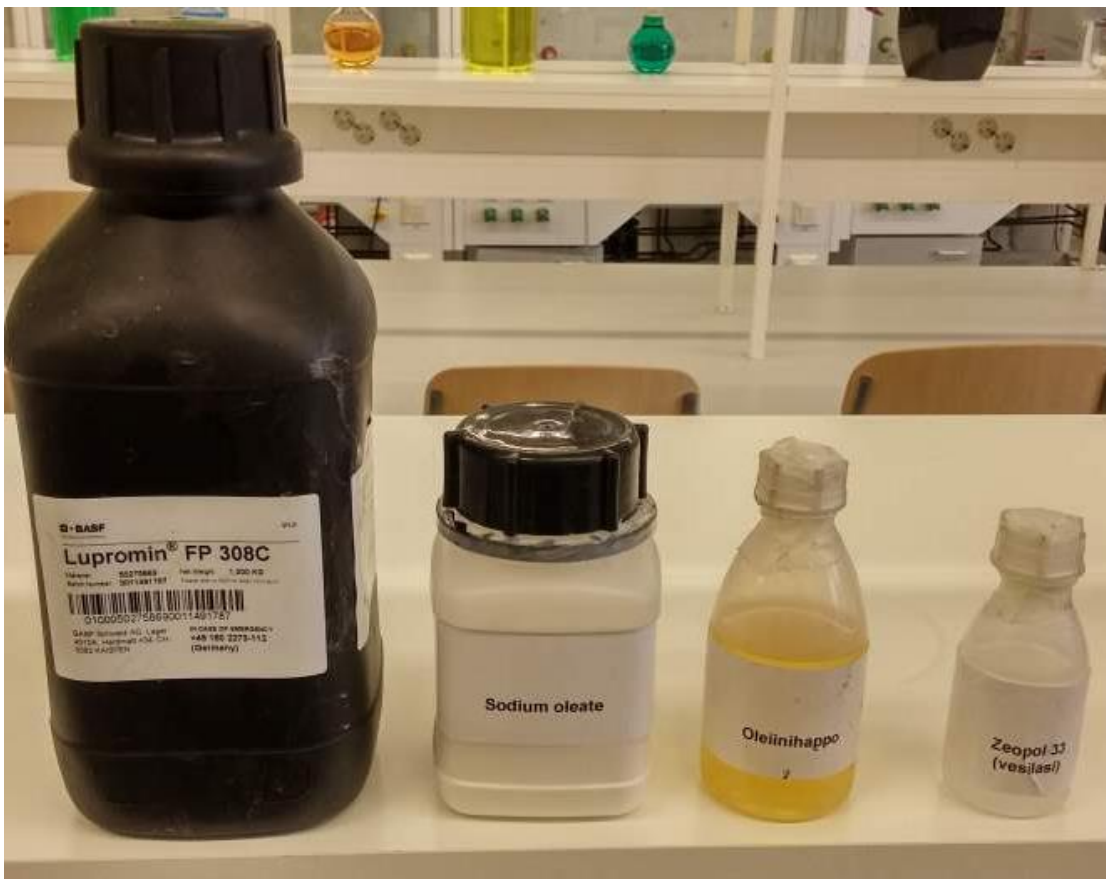
Kokooja	Vaahdotus	Kokooja määrä [g/t]	pH
Lupromin FP 308C	A1	1000	7
	A2	500	7
	A3	2000	7
Oleiinihappo	B1	1000	7
	B2	500	7
	B3	2000	7
Natriumoleaatti	C1	1000	7
	C2	500	7
	C3	2000	7

TAULUKKO 2. Koesarja 2

Kokooja	Vaahdotus	Kokooja määrä [g/t]	pH
C 9854 + C9012	D1	500/500	7
C 9854 + C9606	D2	500/500	7
C 9854 + C9616	D3	500/500	7
C 9854 + C9621	D4	500/500	7
C 9855 + C9012	D5	500/500	7
C 9855 + C9606	D6	500/500	7
C 9855 + C9616	D7	500/500	7
C 9855 + C9621	D8	500/500	7

6.4 Toteutuneet kokeet

Kaikkiaan onnistuneita kokeita suoritettiin 15 kappaletta kuvion 18 kemikaaleilla. Alkuperäinen koesuunnitelma toteutui siten, että ensimmäisen koesarjataulukon mukaan suunnitellut kokeet suoritettiin onnistuneesti kaikki. Toisen taulukon mukaisia kokeita Flominin kemikaaleilla ei tehty, sillä kyseisiä kemikaaleja ei saatu testeihin lainkaan. Suunnitelmien mukaan tehtyjen kokeiden lisäksi esille tuli, että vesilasiliuosta voisi kokeilla natriumoleaatin kanssa. Vesilasiliuoksen toimivuutta testattiin lopulta kaikkien kokoojien kanssa. Näille lisävaahdotuksille tehtiin taulukon 3 mukainen suunnitelma. Kaikista löydetystä kemikaaleista, myös niistä joita ei saatu kokeisiin, on luettelo liitteessä 5.



KUVIO 18. Työssä käytetyt kokoojakemikaalit ja vesilasiliuos

TAULUKKO 3. Lisävaahdotukset

Kokooja	Vaahdotus	Kemikaali määrä [g/t]	pH
Natriumoleaatti + vesilasiliuos	D1	1000 g/t + 200 g/t	7
Natriumoleaatti + vesilasiliuos	D2	500 g/t + 100 g/t	7
Natriumoleaatti + vesilasiliuos	D3	2000 g/t + 400 g/t	7
Oleiinihappo + vesilasiliuos	E1	1000 g/t + 200 g/t	7
Oleiinihappo + vesilasiliuos	E2	500 g/t + 100 g/t	7
Oleiinihappo + vesilasiliuos	E3	2000 g/t + 400 g/t	7
Lupromin FP308C + vesilasiliuos	F1	1000 g/t + 200 g/t	7
Lupromin FP308C + vesilasiliuos	F2	500 g/t + 100 g/t	7
Lupromin FP308C + vesilasiliuos	F3	2000 g/t + 400 g/t	7

Taulukon 3 vaahdotuksista onnistuneesti suoritettiin vaahdotukset natriumoleaatilla ja Lupromin FP308C:llä. Kun vesilasiliuosta kokeiltiin oleiinihapon kanssa, ei vaahtoa muodostunut juuri lainkaan, eli kaikki jäi jätteeseen. Ensimmäisen oleiinihappo + vesilasiliuos vaahdotuksen perusteella tultiin siihen tulokseen, että tällä yhdistelmällä ei kannata kokeita tässä työssä jatkaa.

6.5 Työn suoritus

Työn suoritus aloitettiin vaahdotusten osalta Basf Oy:n toimittamalla Lupromin FP 308C kemikaalilla 27.1. ja tämän kokoojan osalta kokeet olivat valmiina 28.1. Vaahdotukset oleiinihapolla, natriumoleaatilla ja vesilasin kokeilu kaikkiin kokoojiin tehtiin 1.3.–9.3.2016 välisenä aikana. Oleiinihappo, natriumoleaatti ja vesilasiliuos saatiin GTK Minteciltä. Kokoojakemikaalin lisäksi jokaisessa vaahdotuksessa käytettiin pH:n säätämiseen 1 M rikkihappoa, kalkkia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ja vaahdotteena jokaiseen vaahdotukseen 2 tippaa Aerofloat 211 vaahdotusöljyä. pH:n säätöön käytetyt kemikaalit sekä vaahdotusöljy ovat kuviossa 19. Valmennusaika kaikissa vaahdotuksissa oli 10 min. Erinäisiin teorialähteisiin perehtymisen jälkeen tultiin siihen tulokseen, että

hyvä pH lähteä liikkeelle kokeissa on 7. Kokeissa käytettiin pH:n mittaamiseen kuvion 20 mittaria. Nestemäisten kokoojien sekä vesilasiliuoksen annosteluun käytettiin 100–1000 µl:n automaattipipettiä, joka on kuviossa 21. Koska vaahdotettavan panoksen määrä oli aina 750 g, annosteltiin kokoojaa automaattipipetillä siten, että kun kokoojan määrä oli 1000 g/t, lisäys kennoon pipetillä oli 750 µl. Vastaavasti 500 g/t kokoojamäärällä lisäys kennoon oli puolet edellisestä, eli 375 µl ja 2000 g/t kokoojamäärällä lisäys kennoon 2*750 µl.

Vaahdotuksen jälkeen rikaste ja jäte suodatettiin kuvion 22 imusuodatuslaitteistolla. Suodatuksen jälkeen aines kerättiin dekanterilaseihin. Dekanterilasit oli tätä ennen punnittu tyhjänä, jotta vaahdotuksesta saadut massat on helppo punnita. Suodatetut massat kuivattiin kuvion 23 kuivauskaapissa ja punnittiin kuvion 24 vaa'alla. Punnituksen jälkeen kaikkien vaahdotusten rikasteista ja jätteistä otettiin noin 5 gramman näytteet kuviossa 25 näkyviin näytepurkkeihin. Näytteiden punnitsemisessa käytettiin kuvion 26 analyysivaakaa. Kaikista suoritetuista vaahdotuksista on yhteenveto nähtävissä taulukoissa 4 ja 5 tämän osion lopussa.



KUVIO 19. Kalkki, vaahdotusöljy ja rikkihappo



KUVIO 20. pH-
mittari



KUVIO 21. Automaattipipetti



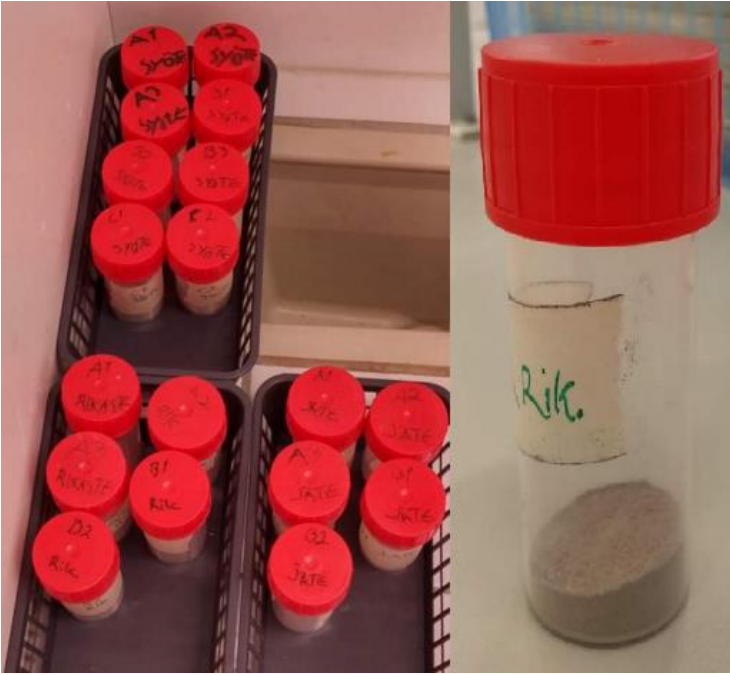
KUVIO 22. Imusuodatuslaitteisto



KUVIO 23. Kuivauskaappi



KUVIO 24. Vaaka



KUVIO 25. 5 gramman näytteet



KUVIO 26. Analyysivaaka

Alun perin suunnitelma oli, että syötteelle tehdään välijauhatus, joka on kestoltaan 5 min. Tämän välijauhauksen tarkoituksena oli, että kun vaahdotukseen menevä syöte on ollut pussissa pitkään, mahdollisesti sulkeutuneet ja hapettuneet mineraalipinnat saadaan auki ja näin paremmin aktiiviseksi kokoojan tarttumiselle. Kun välijauhauksia tehtiin kolmen ensimmäisen vaahdotuksen syötteelle, huomattiin, että jauhautuminen ei tapahdu kunnolla. Ongelmana oli, että kun syöte laitettiin myllyyn kuulien kanssa, jäivät kuulat myllyn pohjalle, eivätkä lähteneet liikkeelle myllyn sisällä ollenkaan. Näin ollen myöskään jauhautumista ei oletettavasti päässyt tapahtumaan. Kuitenkin selvisi, että tällä mineraalilla ei hapettumista tapahdu, joten välijauhauksia ei myös näin ollen tarvittu jatkossa.

Kaikista syöte-eristä otettiin noin 1 gramman näytteet raekokoanalyysiä varten. Liitteessä 1 on raekokoanalyysien tulokset. Analyysien perusteella on nähtävissä, että kaikissa syöte-erissä raekokojakauma on hyvin samanlainen. Pääosin raekoko on tavoiteltua, vaikkakin seassa on myös jonkin verran hieman liian pitkälle jauhautunutta osaa. Mikäli partikkelikoko menee jauhatuksessa kovin pieneksi, lisää se turhaa kokoojan kulutusta vaahdotuksessa.

Ensimmäiset vaahdotukset, eli A1–A3, tehtiin Basf Oy:n toimittamalla Lupromin FP 308C kemikaalilla. Ensin kokeiltiin kokoojamäärällä 1000 g/t. Näissä vaahdotuksissa kuorinta-aika oli 4 min vaahdotuksilla A1 ja A3. Vaahdotuksessa A2:n kuorinta-aika oli 3 min, sillä vaahdon muodostuminen heikentyi niin paljon, että vaahdotus päätettiin lopettaa. Vaahdon muodostuminen oli kuitenkin kaikilla kokoojamäärillä tasaista koko kuorinnan ajan. Kuviossa 27 on vaahdotuksen A1:n suodatettua rikastetta, josta nähdään, että rikasteeseen on noussut väriltään tavoiteltua tummaa osaa, mutta seassa on kuitenkin myös vaaleampaa osaa. Vaahto oli kaikilla kokoojamäärillä koostumukseltaan samanlaista; ruskeaa ja melko isoja kuplia. Seassa oli jonkin verran kirkkaita kuplia.



KUVIO 27. A1 rikastetta suodatuksen jälkeen.

Kokeissa B1–B3 kokeiltiin oleiinihapon toimivuutta kokoojana. Väriltään vaahto oli tummempaa kuin Lupromin FP 308C-vaahdotuksissa. Se vaahto, mitä tällä kokoojalla saatiin aikaan, oli koostumukseltaan sellaista, että kuplat pysyivät hyvin kasassa vaahdotuskennossa, mutta rikastetta keruuastiaan kaavittaessa kuplat hajosivat melko herkästi. Saadun rikasteen määrä oli erittäin vähäinen. Kuivatun rikasteen määrä oli pienimmällä kokoojamäärällä 10,7 g ja isoimmalla kokoojamäärällä 86,2 g. Kuorinta-aika kaikissa oleiinihappovaahdotuksissa oli 3 min. Vaahdotuksessa oli myös tässä vaahdon seassa jonkin verran kirkasta osaa kuplissa kaikilla kokoojamäärillä. Väriltään vaahto oli ruskeaa tai harmahtavan ruskeaa, joka on nähtävissä kuviossa 28.



KUVIO 28. B1 vaahdotus

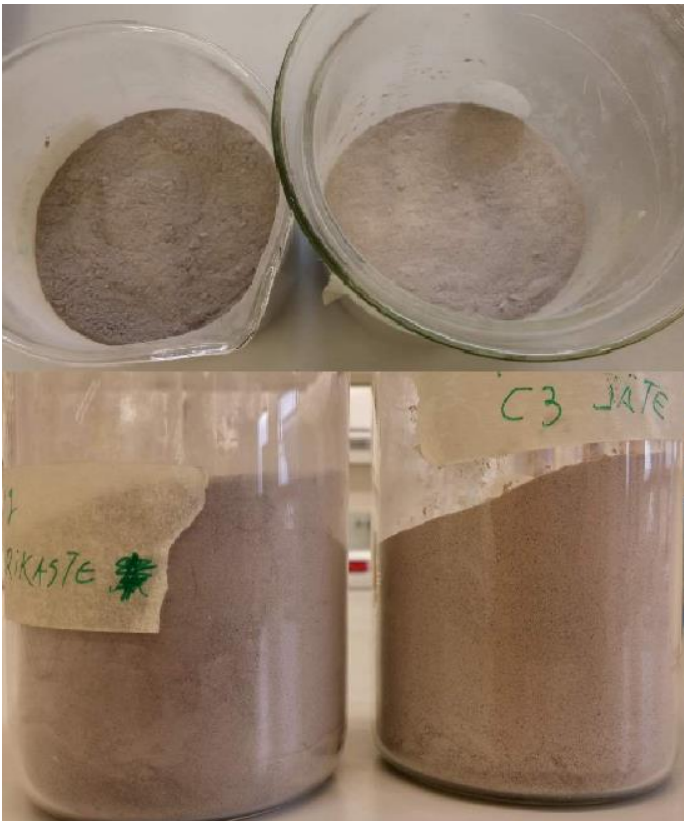
C1–C3 vaahdotuksissa kokeiltiin natriumoleaatin toimivuutta. Natriumoleaatti oli kiinteä aine, joten se jouduttiin liuottamaan veteen ennen vaahdotusta. Liuottaminen tehtiin siten, että jokaiselle natriumoleaattivaahdotukselle tehtiin valmis annos, joka voitiin kaataa suoraan kennoon. Liuokset tehtiin siten, että C1-vaahdotukseen, jossa siis kokoojamäärä oli 1000 g/t, punnittiin 0,7535 g natriumoleaattia ja liuotettiin se veteen kuvion 29 mukaisesti. Liuosta lämmitettiin ja sekoitettiin dekanterilasissa, kunnes natriumoleaatti oli täysin liennut. C2-vaahdotuksessa natriumoleaattia punnittiin 0,3756 g ja C3-vaahdotusta varten vastaavasti 1,5043 g. Vaahtoaminen oli tällä kokoojalla erittäin runsasta ja kaikilla kokoojamäärillä saadun rikasteen määrä oli suurin tässä työssä testatuista kokoojakemikaaleista (KUVIO 30). Väriltään vaahto oli jonkun verran vaaleampaa kuin Lupromin FP 308C tai oleiinihappokokoojilla. Vaahdon seassa oli myös kirkkaita kuplia. Suurin osa vaahdosta tuli 2,5 min aikana kaikilla kokoojamäärillä, jonka jälkeen vaahdon muodostuminen hidastui. C1- ja C3-vaahdotuksissa kuorinta-aika oli 4 min. C2-vaahdotuksessa, eli pienimmällä kokoojamäärällä kuorinta-aika oli 3 min, ja tämän jälkeen vaahdon tulo loppui. Suodatettujen ja kuivattujen rikasteiden ja jätteiden välillä oli tällä kokoojalla suurin väriero (KUVIO 31).



KUVIO 29. Natriumoleaatin liuos veteen



KUVIO 30. C1 vaahdotuksen jäte ja rikaste



KUVIO 31. Natriumoleaattirikastetta ja -jätettä

D1–D3 vaahdotuksessa kokeiltiin natriumoleaatin ja vesilasiliuoksen yhteistoimivuutta. Vesilasiliuosta otettiin automaattipipetillä D1-vaahdotuksessa 200 g/t, eli 150 µl. D2-vaahdotuksessa otettiin 100 g/t, eli 75 µl, ja D3-vaahdotuksessa otettiin vastaavasti 400 g/t, eli 300 µl. Pienin määrä, joka automaattipipetillä pystyttiin mittaamaan, oli 100 µl, joten D2-vaahdotusta varten vesilasiliuosta laimennettiin puolella. Tätä 50 %:sta liuosta lisättiin 150 µl. Tätä samaa valmistettua 50 %:sta liuosta käytettiin myös muissa myöhemmissä vaahdotuksissa, joissa lisäys kennoon oli 75 µl.

Kuorinta-aika jakautui siten, että D1- ja D3-vaahdotuksissa vaahtoa kuorittiin 4 min ja D2-vaahdotuksessa 3 min, jonka jälkeen vaahton tulo loppui. Vaahtoaminen oli myös tässä runsasta, mutta vaahto oli huomattavasti vaaleampaa ja sisälsi melko runsaasti kirkkaita kuplia (KUVIO 32). Jätteeseen jäi sellaista hienojakoista osaa, joka muodostui hieman ongelmalliseksi suodatusvaiheessa, sillä se tukki suodatinpaperia jatkuvasti ja suodatus oli varsin työlästä ja aikaa vievää. Tämä aines ei aiemmin ollut kasaantunut samalla tavalla kuin se nyt teki. Väritään tämä oli kuvion 33 mukaista vaaleanruskeaa ainesta.



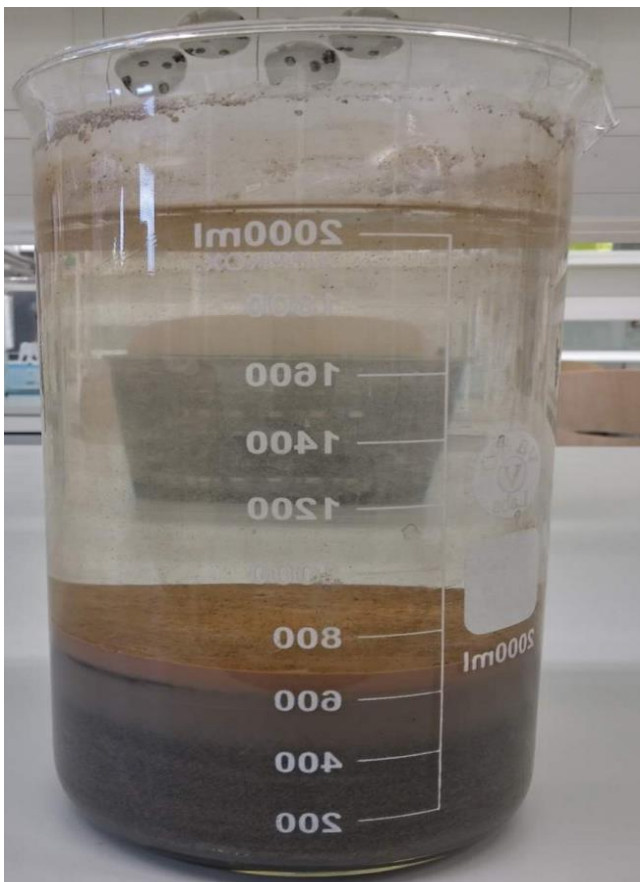
KUVIO 32. D1 vaahdotus



KUVIO 33. D1 jätteen suodatus

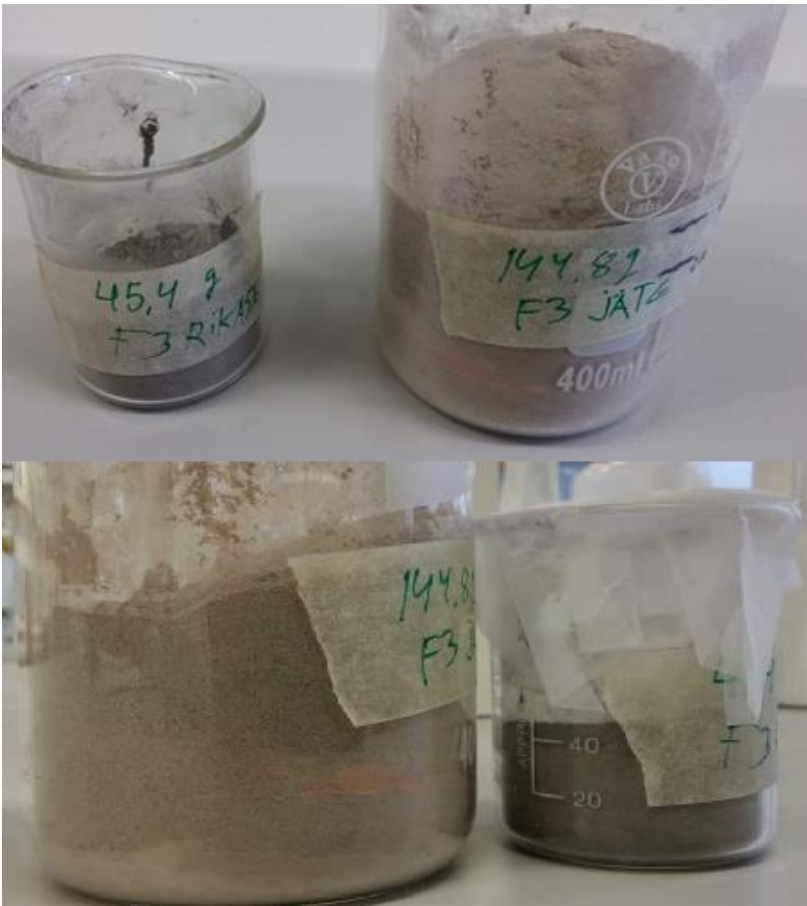
Toisena kokeiltiin vesilasiliuoksen vaikutusta oleiinihappovaahdotukseen. Ensimmäinen vaahdotus tehtiin jälleen siten, että automaattipipetillä mitattiin 750 μ l oleiinihappoa ja 150 μ l vesilasiliuosta. Kun vaahdotuskennon ilmahana avattiin valmennuksen jälkeen, oli vaahdon muodostuminen lähes olematonta. Hetken odottelun jälkeen voitiin todeta, että tällä yhdistelmällä ei saada aikaan lainkaan rikastetta. Seuraavaksi lisättiin vielä kokeeksi toinen 750 μ l oleiini-

happoa vaahdotuskennoon. Tällä ei kuitenkaan ollut vaikutusta, eikä rikastetta saatu vielä, vaan kaikki aines jäi jätteeseen. Tästä tehtiin se johtopäätös, että näitä kemikaaleja yhdistelemällä eri määrillä ei kannata kokeita jatkaa. Niinpä E2- ja E3-kokeita ei suoritettu. Tällä kokeella tehtiin kuitenkin se havainto, että jälleen aineksesta oli erottunut kuvion 34 mukaisesti jäteastiassa muun aineksen päälle punertavan ruskeaa osaa, joka edellisessä kokeissa tukki suodatusta.



KUVIO 34. E1 jäte

Viimeisenä vesilasiliuoksen vaikutusta kokeiltiin Lupromin FP 308C kokoojan kanssa. Vaahdon kuorinta-aika oli kaikissa kolmessa vaahdotuksessa 4 min, ja vaahdon tulo oli melko tasaista. Väriltään vaahto oli ruskeaa ja seassa oli myös jonkin verran kirkkaita kuplia. Rikastetta saatiin vähemmän tällä yhdistelmällä kuin pelkällä kokoojalla. Tulokset olivat kaikilla kokoojamäärillä silmämääräisesti hyvin samansuuntaiset. Suodatettujen ja kuivattujen jätteen ja rikasteen välillä on nähtävissä väriero (KUVIO 35).



KUVIO 35. F3 jäte ja rikaste

TAULUKKO 4. Vaahdotukset A1–C3.

Tunnus	Kemikaalit	Määrä	Huomioita
A1	Lupromin FP308C	1000 g/t	Kuurinta-aika 1000g/t ja 2000g/t määrillä oli 4 min ja 500 g/t määrällä 3 min. Vaahdon muodostuminen oli tasaista. Väriltään ruskeaa.
A2		500 g/t	
A3		2000 g/t	
B1	Oleiinihappo	1000 g/t	Kaikilla kokoojamäärillä vaahdon määrä oli vähäisintä. Vaahto oli väriltään ruskeaa tai harmahtavan ruskeaa. Seassa oli jonkin verran kirkkaita kuplia. Kuorinta-aika kaikilla määrillä 3 min.
B2		500 g/t	
B3		2000 g/t	
C1	Natriumoleaatti	1000 g/t	Vaahtoaminen oli erittäin runsasta kaikilla kokooja määrillä. Suurin osa vaahdosta oli tullut noin 2,5 min aikana. Tällä kemikaalilla saatiin eniten rikastetta. Vaahto oli sitkeää ja vaaleanruskeaa. Kuorinta-aika C1 ja C3 kokeissa 4 min. C2 kokeessa 3 min.
C2		500 g/t	
C3		2000 g/t	

TAULUKKO 5. Vaahdotukset D1–F3.

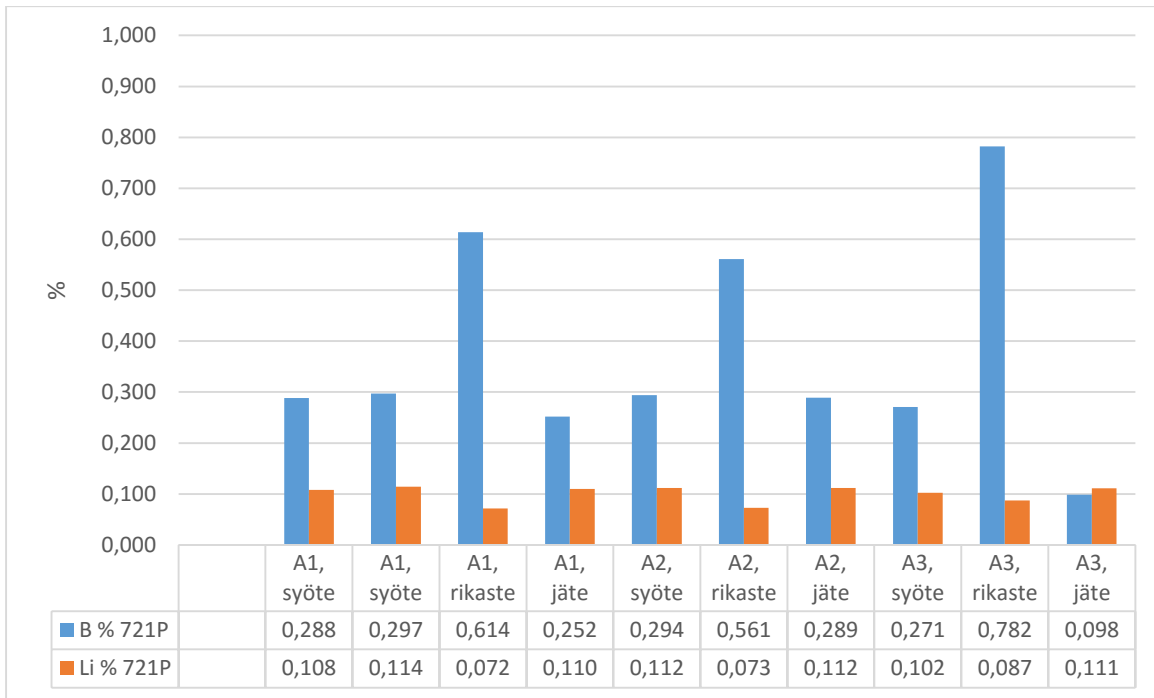
Tunnus	Kemikaalit	Määrä	Huomioita
D1	Natriumoleaatti + vesilasi	1000 g/t + 200 g/t	Vaahdon määrä pienempi kuin pelkällä natriumoleaattilla, mutta hieman paksumpaa. Varsinkin jätteen suodatus oli hidasta. Vaahto oli väriltään vaaleanruskeaa ja seassa oli melko paljon kirkkaita kuplia. D1 ja D2 kuorinta-aika 4 min ja D2 kuorinta-aika 3 min.
D2		500 g/t + 100 g/t	
D3		2000 g/t + 400 g/t	
E1	Oleiinihappo + vesilasi	1000 g/t + 200 g/t	E1 vaahdotuksessa vaahtoa oli erittäin vähän. Ei noussut lainkaan rikasteeseen saakka. Kun todettiin, että tämä ei toimi, tuplattiin vielä kokoojan määrä. Tällä ei kuitenkaan ollut nähtävää vaikutusta. Tämän perusteella tätä yhdistelmää ei testattu enempää.
E2		500 g/t + 100 g/t	
E3		2000 g/t + 400 g/t	
F1	Lupromin FP308C + vesilasi	1000 g/t + 200 g/t	Tasainen vaahdon muodostuminen 4 min ajan kaikilla kemikaali määrillä. Vaahto oli väriltään ruskeaa. Seassa oli myös kirkkaita kuplia. Rikasteen määrä pieni.
F2		500 g/t + 100 g/t	
F3		2000 g/t + 400 g/t	

7 TULOKSET

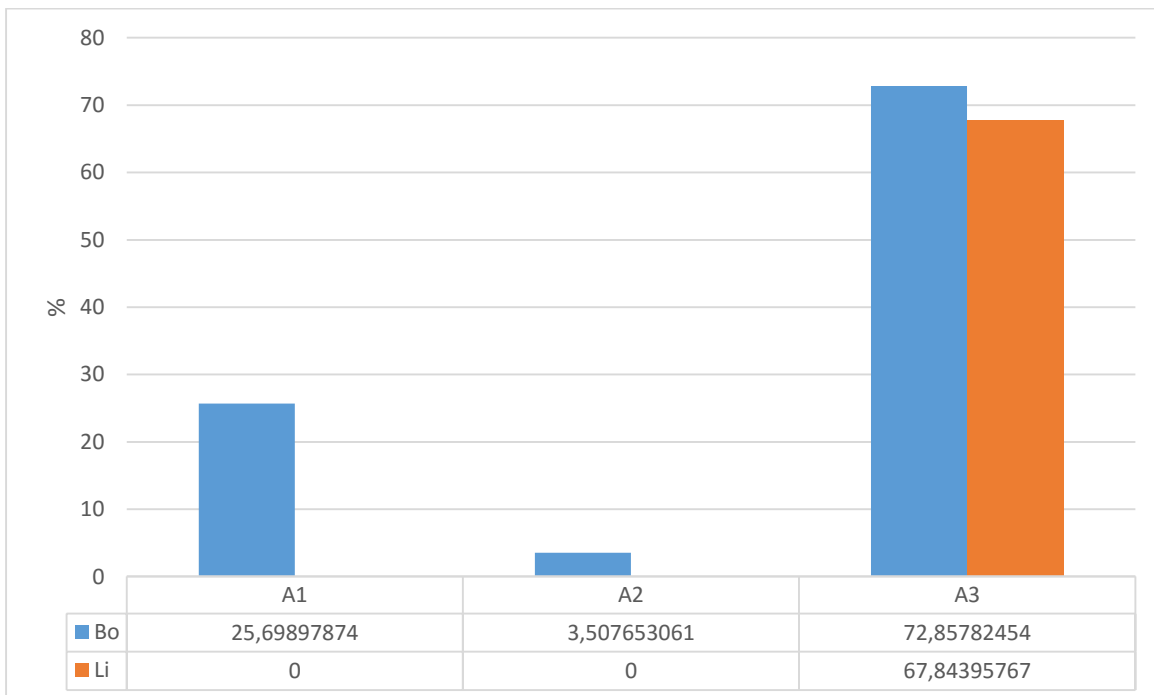
Vaahdotuskokeista saadut näytteet analysoitiin Labtium Oy:n toimesta Kuopiossa 14.3.–24.3.2016. Näytteiden analyseistä saatiin raportti 29.3.2016, joka on liitteessä 2. Syöte-, rikaste- ja jätenäytteistä analysoitiin boori- ja litiumpitoisuudet. Tulosten perusteella tehtiin ensin liitteen 3 mukainen kokonaistaulukko kaikista vaahdotuksista, josta voitiin havaita, että booria on noussut rikasteeseen kaikilla kokeilluilla kemikaaleilla, mutta korkeimmat booripitoisuudet on saatu B1–B3 vaahdotuksissa, kun käytettiin pelkästään oleiinihappoa. Toinen asia, mikä tuloksista voitiin heti havaita, oli se, että myös litiumia on noussut pieniä määriä rikasteeseen kaikissa vaahdotuksissa. E1–E3 vaahdotuksia ei tehty, muuten kuin ensimmäisen kemikaalimäärän osalta. Tällä tehtiin se havainto, että kyseinen kemikaalijohdistelmä ei yksinkertaisesti toimi lainkaan, joten sitä ei testattu enempää.

7.1 Lupromin FP 308C

Ensimmäisenä testatulla Lupromin FP 308C-kokoojakemikaalilla saatiin suurin booripitoisuus A3-vaahdotuksessa, kun kemikaalimäärä oli 2000 g/t. Kokoojamäärillä 1000 g/t ja 500 g/t booripitoisuuksien erot rikasteessa olivat melko pienet, kun verrataan siihen, että A1:n vaahdotuksessa annostelumäärä oli kaksinkertainen A2-vaahdotukseen nähden. (KUVIO 36.) Saantojen osalta A2:n saanti jäi melko vaatimattomaksi, sen ollessa vain 3,5 %. Myös A1:n saanti oli melko huono ja paras myös saannin osalta oli A3-vaahdotus. A3:n saanti oli myös kokonaisuutta tarkasteltaessa kohtalaisen hyvä, kun se oli 72,8 %. (LIITE 4.) A1 ja A2 vaahdotusten litiumsaanneista piirretyt kuvaajat näyttivät joko negatiivista tai 100 % ja yli saantia. Litiummäärät ovat vaahdotuksissa olleet pieniä, joten pääteltiin, että tämän takia kuvaajista tuli litiumin osalta sellaisia, että niitä ei voitu määrittää piirtämällä. A3-vaahdotuksessa myös litiumsaanto jätteessä oli korkein. (KUVIO 37.)



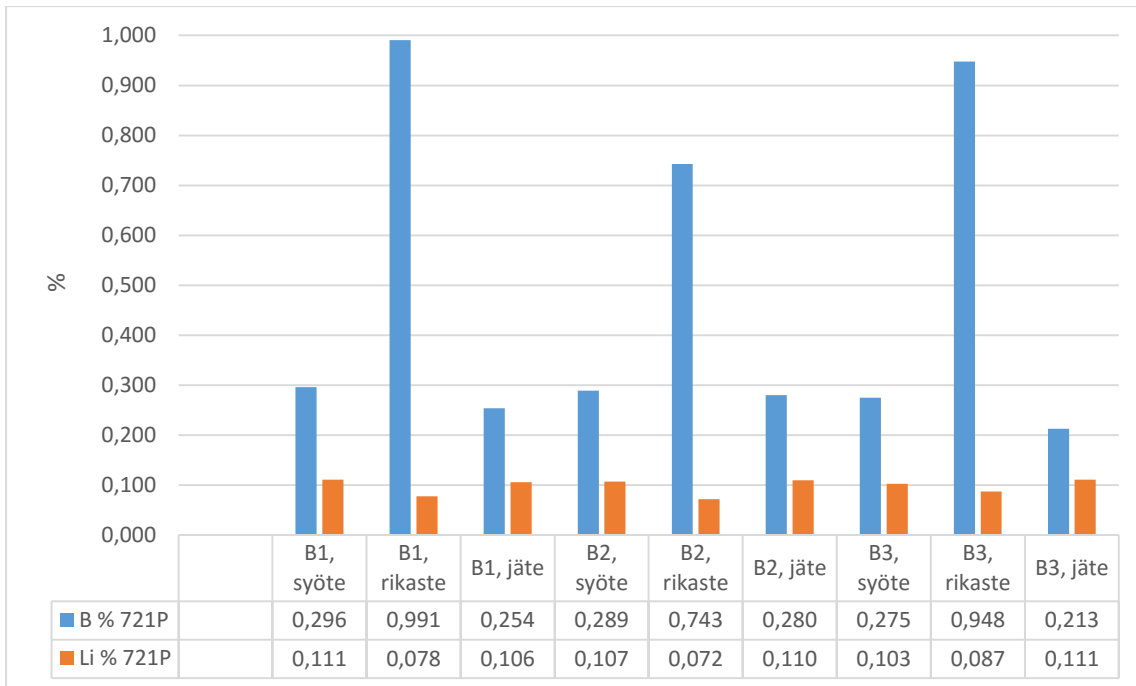
KUVIO 36. Pitoisuudet Lupromin FP 308C:llä



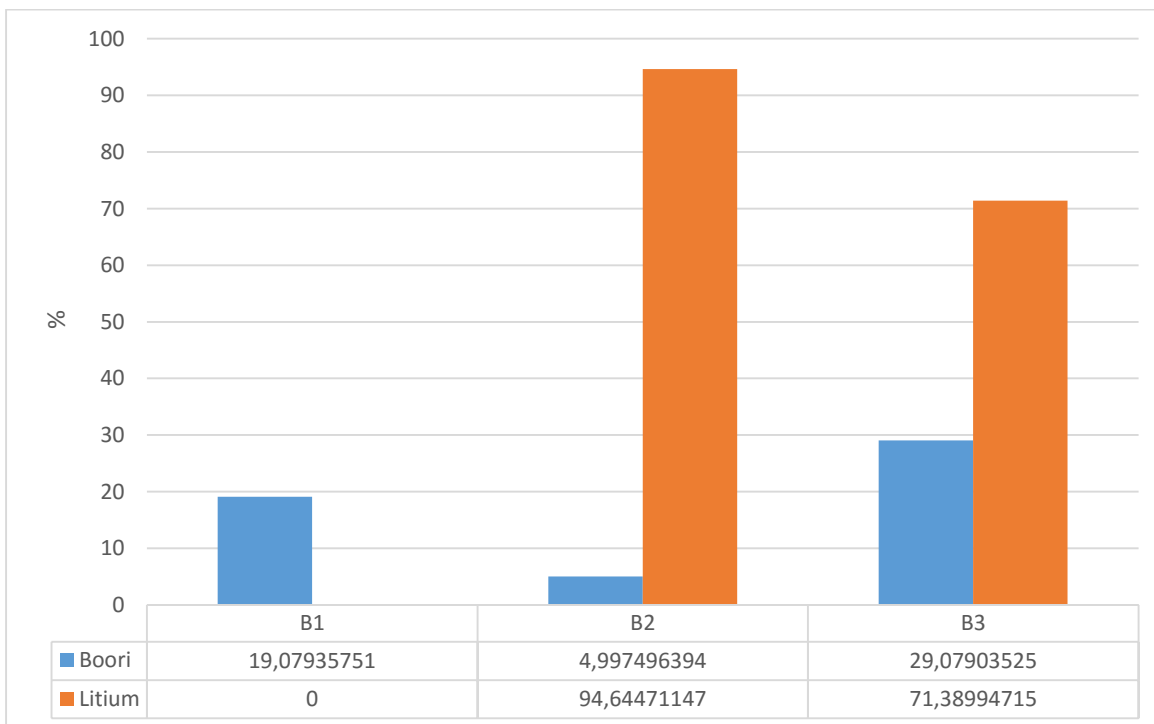
KUVIO 37. Saannot Lupromin FP 308C:llä

7.2 Oleiinihappo

Oleiinihapolla tehdyissä vaahdotuksissa saatiin keskimäärin korkeimmat booripitoisuudet kuin muilla kemikaaleilla. B1-vaahdotuksen booripitoisuus oli puolestaan korkein tällä kemikaalilla tehdyistä kokeista. Myös B3-vaahdotuksessa saatiin hyvä pitoisuus, mutta pitoisuusero B1 ja B2-vaahdotuksen välillä oli näissä suhteellisen pieni. Varsinkin jos verrataan näitä pitoisuuksia siihen, että B3:n kokoojakemikaaliannostelu oli kaksinkertainen B1-kokeeseen nähden. Myös B2-vaahdotuksesta saadun rikasteen booripitoisuus oli kokoojakemikaalimäärään nähden melko hyvä (KUVIO 38). B2-vaahdotuksen booripitoisuus oli myös hieman A2-vaahdotuksen booripitoisuutta korkeampi. Litiumpitoisuudet olivat näissäkin kaikissa melko pienet alimman Li-pitoisuuden ollessa B2-rikasteessa 0,072 % ja korkeimman B3-rikasteessa 0,087 %. Booripitoisuuksien ollessa kaikissa oleiinihapolla tehdyissä vaahdotuksissa hyvät, olivat saannot vastaavasti keskimäärin heikoimpia. Alimmillaan boorin saanti oli ainoastaan 4,9 % B2-kokeessa ja korkeimmillaankin B3-kokeessa ainoastaan 29 %. B1-kokeen Li-saannista ei voitu piirtää kuvaajaa samasta syystä, kuin aiemminkin A1–A3 vaahdotuksissa. B2- ja B3-vaahdotuksista kuvaajat saatiin piirrettyä ja niistä voidaan havaita, että B2-vaahdotuksessa litiumin saanto jätteessä on ollut korkein sen ollessa yli 94 %. Myös B3-vaahdotuksessa Li-saanti on ollut melko hyvä, hieman yli 71 %. (KUVIO 39.)



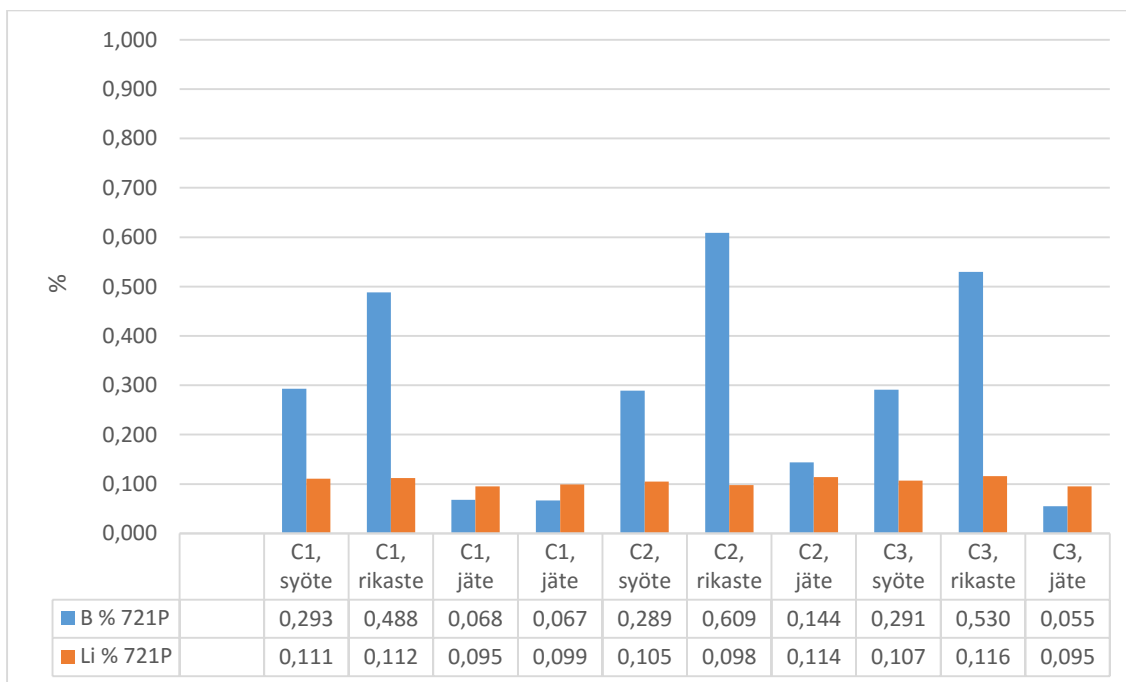
KUVIO 38. Pitoisuudet oleiinihapolla



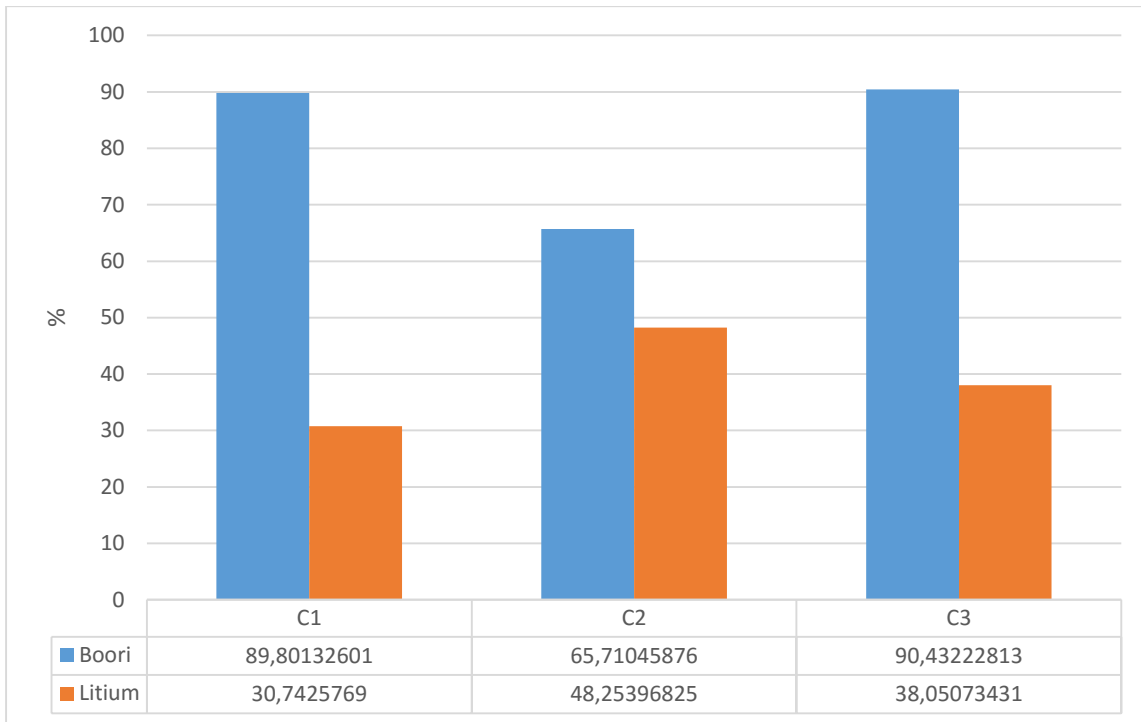
KUVIO 39. Saannot oleiinihapolla

7.3 Natriumoleaatti

Natriumoleaatilla tehdyissä vaahdotuskokeissa boorisaannot olivat keskimäärin kaikista suurimmat C1- ja C3-kokeiden boorisaantojen ollessa yhdeksänkymmenen prosentin luokkaa. Kuitenkin C1- ja C3-kokeiden saannot olivat näin ollen lähes samat, joten C3-kokeen kaksinkertaisella kokoojakemikaalimäärällä C1-kokeeseen verrattaessa ei saatu kemikaalin lisäyksestä sitä vastaavaa hyötyä. C2-kokeessa saanto oli hieman pienempi sen ollessa noin 65 %. Litiumsaannot olivat puolestaan keskimäärin pienemmät kuin aiemmillä kemikaaleilla. Litiumsaannot natriumoleaatilla vaahdotettaessa olivat välillä 30 % – 48 %. (KUVIO 41.) Pitoisuudet boorin osalta näissä kokeissa olivat kaikilla kemikaalimäärillä melko samaa suuruusluokkaa. Suurimmillaan kuitenkin C2-rikasteessa ja pienimmillään C1-rikasteessa. (KUVIO 40.) Litiumpitoisuudet puolestaan olivat hivenen korkeammat rikasteissa tällä kemikaalilla kuin muilla aiemmin testatuilla. Erot ovat kuitenkin hyvin pieniä kaikissa kokeissa.



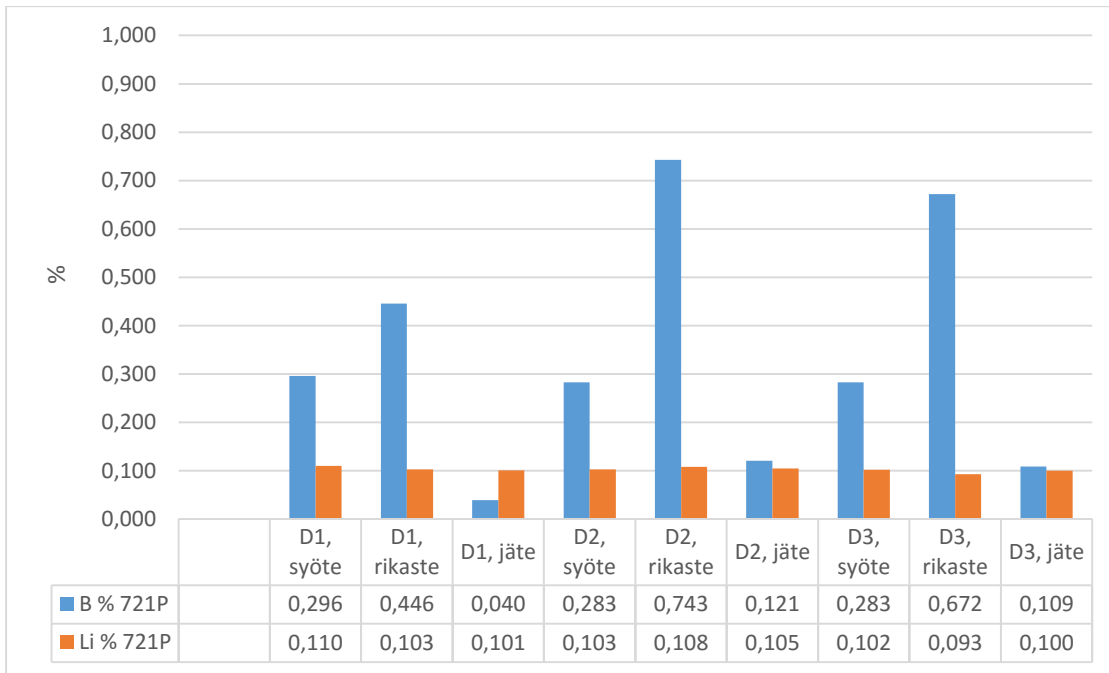
KUVIO 40. Pitoisuudet natriumoleaatilla



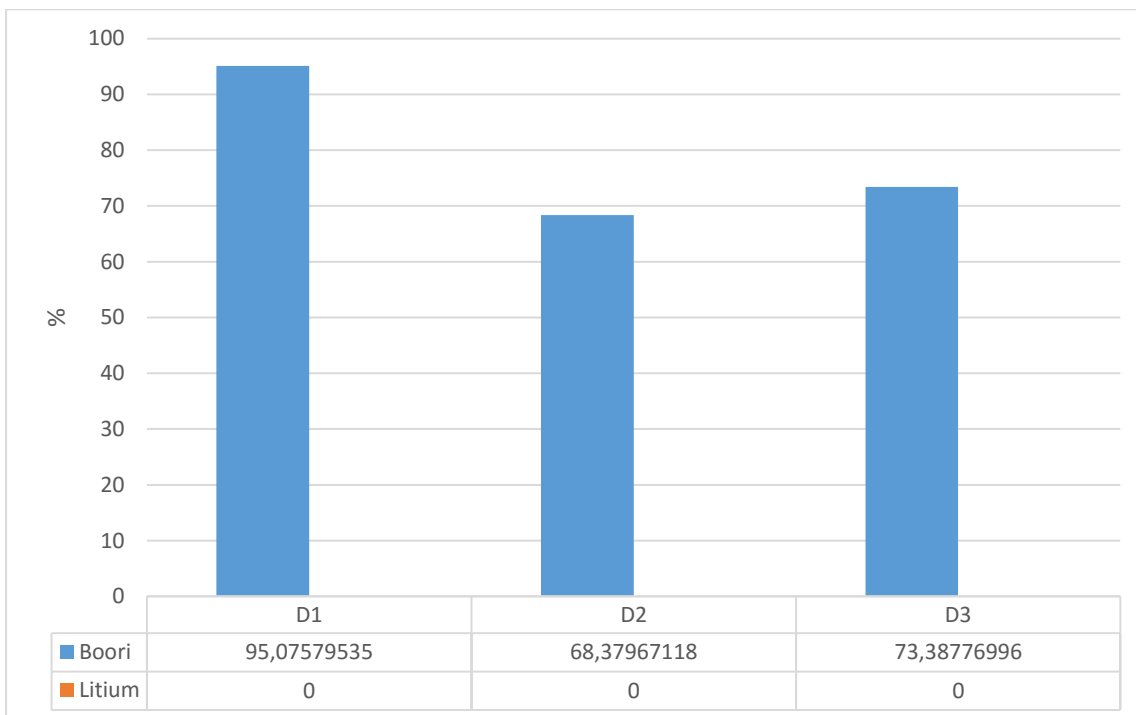
KUVIO 41. Saannot natriumoleaatilla

7.4 Natriumoleaatti + vesilasi

Natriumoleaatin ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä paras booripitoisuus saatiin D2-vaahdotuskokeessa, jossa käytetty kemikaalimäärä oli pienin, 500 g/t + 100 g/t. Pienin pitoisuus puolestaan boorin osalta tuli D1-kokeessa, jossa kemikaalimäärät olivat 1000 g/t + 200 g/t. Litiumpitoisuuksissa ei ollut suuria eroja, vaan pitoisuudet olivat kaikissa rikasteissa 0,1 % luokkaa. (KUVIO 42.) Boorisaannot olivat kaikilla vaahdotuksilla melko hyvät. D1-vaahdotuksessa boorin saanto saatiin vesilasiliuoksen avulla vielä hieman nostettua siitä, mitä saannot olivat pelkkää natriumoleaattia käytettäessä. Nyt tällä yhdistelmällä saatu korkein boorisaanto oli 95 %. D2- ja D3-vaahdotuksissa ei saatu aikaan vastaavaa hyötyä vesilasiliuoksesta ja niiden saannot jäivät selvästi matalammalle tasolle verrattaessa D1-kokeeseen (KUVIO 43). Litiumsaantoja ei voitu piirtää kuvaajiin, sillä niistä tuli jälleen negatiivisia tai 100 % ja yli.



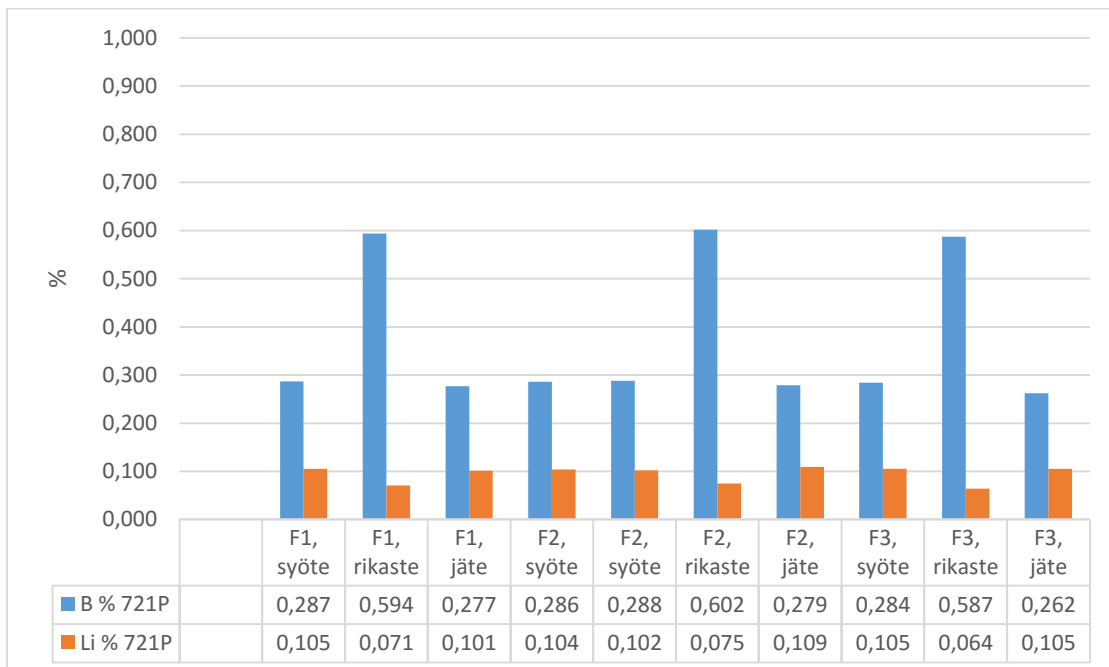
KUVIO 42. Pitoisuudet natriumoleaatin ja vesilasiliuksen yhdistelmällä



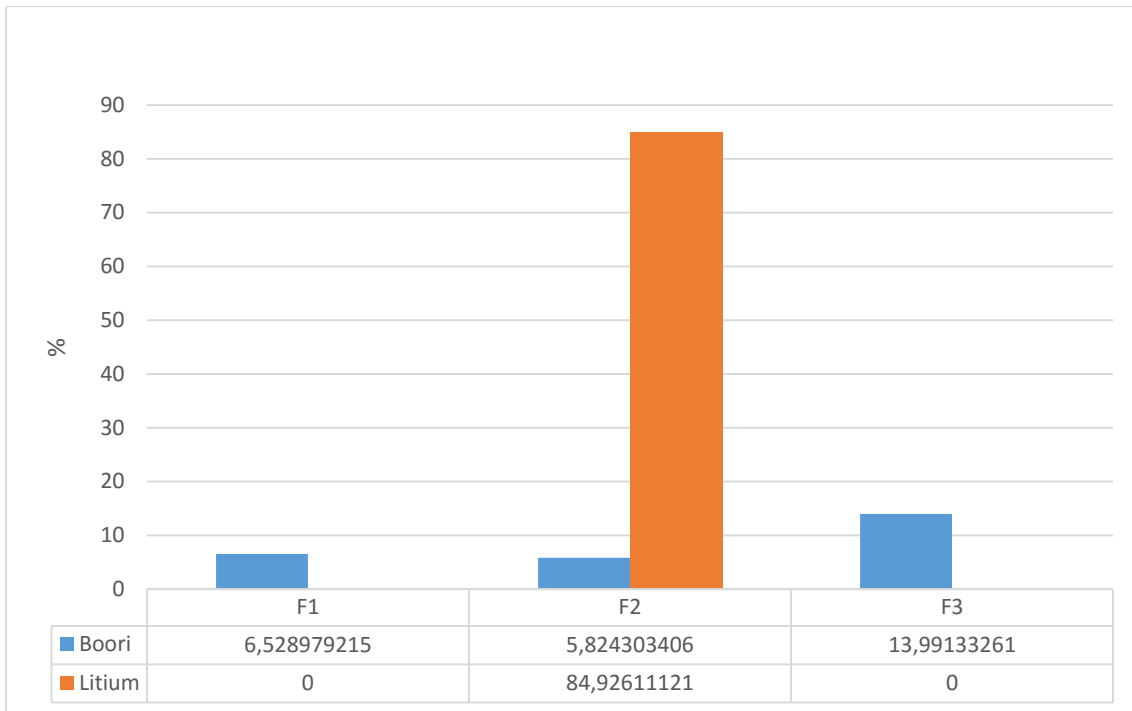
KUVIO 43. Saannot natriumoleaatin ja vesilasiliuksen yhdistelmällä

7.5 Lupromin FP 308C + vesilasi

Viimeisenä testattiin vesilasiliuoksen toimivuutta Lupromin FP 308C:n kanssa. Tällä kemikaaliyhdistelmällä kuitenkin boorisaannot jäivät varsin vaatimattomiksi. Korkeimmillaankin boorisaanto oli F3-vaahdotuksessa vain noin 14 %. F1-vaahdotuksessa 6,5 % ja F2-vaahdotuksessa 5,8 %. Litiumsaantoja ei näissäkään voitu piirtää F1- ja F3-vaahdotuksista. F2-vaahdotuksessa Li-saanto oli noin 85 %. (KUVIO 45.) Pitoisuudet olivat litiumin osalta pienimmät, mutta myös booripitoisuudet olivat matalat. Lisäksi kaikilla kemikaalimäärillä booripitoisuus oli hyvin samaa tasoa, noin 0,6 %. (KUVIO 44.)



KUVIO 44. Pitoisuudet Lupromin FP 308C:n ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä



KUVIO 45. Saannot Lupromin FP 308C:n ja vesilasiliuoksen yhdistelmällä

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Työssä kokeilluista kemikaaleista kaikilla muilla, paitsi oleiinihapon ja vesilasin yhdistelmällä saatiin aikaan turmaliinipitoista vaahtoa. Kuitenkin vesilasiliuoksen toimivuus myös Lupromin FP 308C:n kanssa osoittautui tulosten perusteella huonoksi ja käytännössä toimimattomaksi huonojen boorisaantojen takia. Korkeimmat booripitoisuudet kokeissa saatiin oleiinihappoa käyttämällä, mutta vastaavasti saanto ei ollut paras mahdollinen tällä kokoojalla. Parhaimmat saannot puolestaan saatiin aikaan natriumoleaattia käyttämällä. Saantojen osalta natriumoleaatti toimi sekä yksinään, että vesilasiliuoksen kanssa. Pelkällä natriumoleaatilla saatiin jo noin 90 %:n saannot kahdessa eri kokeessa. Vesilasiliuosta käyttämällä saantoa saatiin edelleen nostettua 95 %:iin kokeessa, jossa kokoojakemikaalin määrä oli 1000 g/t ja vesilasiliuoksen määrä 200 g/t. Booripitoisuudet natriumoleaatilla tehdyissä kokeissa olivat selvästi pienemmät, kuin oleiinihapolla. Tulee kuitenkin muistaa, että mikäli vaahdotuksen tuloksena saadaan korkea pitoisuus, yleensä tällöin saanti kärsii ja päinvastoin. Myös Lupromin FP 308C:llä saatiin viimeisessä vaahdotuksessa aikaan kohtalaisia tuloksia, mutta tässä kokoojakemikaalin lisäys oli jo melko runsas, 2000 g/t.

Litiumia nousi pieniä määriä myös rikasteeseen kaikilla vaahdotuksilla, joten lisävaahdotukset ovat tarpeen litiumhävikin pienentämiseksi. Korkeimmat litiumsaannot jätteessä olivat Lupromin FP 308C kokoojalla tehdyissä vaahdotuksissa. Natriumoleaattivaahdotuksissa, joissa oli siis korkeimmat boorisaannot, olivat litiumsaannot selvästi pienemmät. Kuitenkin näillä kemikaaleilla tullaan tekemään vielä jatkotutkimuksia, joissa pyritään löytämään optimaaliset kemikaalisuhteet turmaliinin poistamiseksi. Tämän työn tarkoituksena olikin löytää kokoojakemikaali tai -kemikaalit, joilla booripitoinen turmaliini saadaan ylipäätään erotettua litiumista ja työssä onnistuttiinkin löytämään kemikaalit, jolla tämä saatiin aikaan. Lisäksi tuloksista saadaan hyvä lähtökohta jatkotutkimuksille.

LÄHTEET

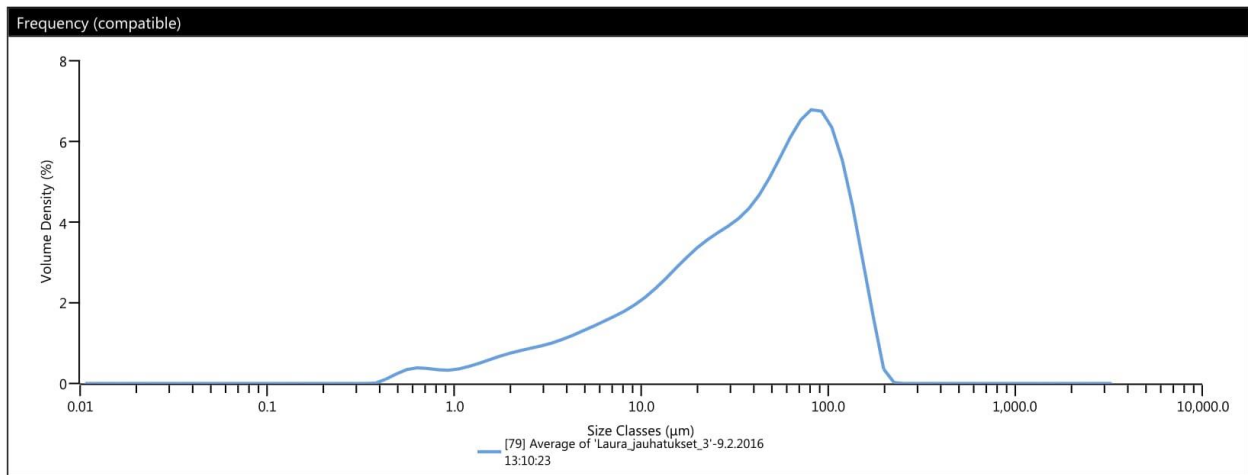
- Bulatovic, S. 2007. Handbook of flotation reagents. Elsevier Science & Technology Books.
- Chemical Geology. 2015. Chemical and boron isotopic compositions of tourmaline from the Nyalam leucogranites, South Tibetan Himalaya: Implication for their formation from B-rich melt to hydrothermal fluids. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.centria.fi/science/article/pii/S0009254115300735?np=y>. Viitattu: 16.2.2016.
- Fuerstenau, M.C, Jameson, G., Yoon, R. 2007. Froth Flotation: A Century of Innovation. Society for Mining Metallurgy and Exploration.
- Gemselect. 2015. Tourmaline gemstone information. Saatavissa: <http://www.gemselect.com/gem-info/tourmaline/tourmaline-info.php>. Viitattu: 12.1.2016.
- Geologia. 2016. Turmaliini. Saatavissa: <http://www.geologia.fi/index.php/2011-12-21-12-30-30/2011-12-21-12-40-07/mineraalit-a-oe/153-turmaliini>. Viitattu: 14.1.2016.
- GeoScienceWorld. 2011. Tourmaline: A Geologic DVD. Saatavissa: <http://elements.geoscienceworld.org/content/7/5/301.short>. Viitattu 18.2.2016.
- Grönholm, S., Alviola, R., Kinnunen, K., Kojonen, K., Kärkkäinen, N., & Mäkitie, H. 2009. Retkeilijän Kiviopas. Geologian tutkimuskeskus. 2.painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Keliber. 2013a. Yritys. Saatavissa: <http://keliber.fi/yritys>. Viitattu: 8.1.2016.
- Keliber. 2013b. Länttä. Saatavissa: <http://keliber.fi/lanтта>. Viitattu 24.2.2016.
- Lukkarinen, T. 1987. Mineraalitekniikka Osa 2 Mineraalien rikastus. Helsinki: Insinööritieto Oy.
- Siren, O. 2015. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköpostikeskustelu. 27.1.2016.
- Wills', B & Napier-Munn, T. 1979. Mineral Processing Technology. 7. painos. Iso-Britannia: Butterworth-Heinemann
- Zhifeng, L., Ye, G., & Shujuan, D. 2013. Research on tourmaline of huapi ditch, yichun city, helongjiang province. Advanced Materials Research Vol. 826 (2013). 237–243.

Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_3' SOP File Name Laura_jauhatusket.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 13:10:23 Measurement Date Time 9.2.2016 13:10:23 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 1.38 % Laser Obscuration 3.68 %	Result Concentration 0.0054 % Span 2.628 Uniformity 0.829 Specific Surface Area 570.1 m ² /kg D [3;2] 10.5 µm D [4;3] 53.7 µm Dv (10) 4.89 µm Dv (50) 43.5 µm Dv (90) 119 µm



Result															
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.68	12.7	2.17	76.0	5.68	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.09	2.42	0.73	14.5	2.39	86.4	5.65	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.20	2.75	0.78	16.4	2.61	98.1	5.32	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.29	3.12	0.84	18.7	2.80	111	4.64	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.33	3.55	0.91	21.2	2.97	127	3.67	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.31	4.03	0.99	24.1	3.12	144	2.52	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.28	4.58	1.09	27.4	3.25	163	1.37	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.27	5.21	1.18	31.1	3.40	186	0.22	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.30	5.92	1.28	35.3	3.61	211	0.00	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.35	6.72	1.38	40.1	3.89	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.42	7.64	1.49	45.6	4.25	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.49	8.68	1.63	51.8	4.67	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.56	9.86	1.78	58.9	5.09	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.63	11.2	1.96	66.9	5.46	400	0.00	2390	0.00		



Analysis

Malvern Instruments

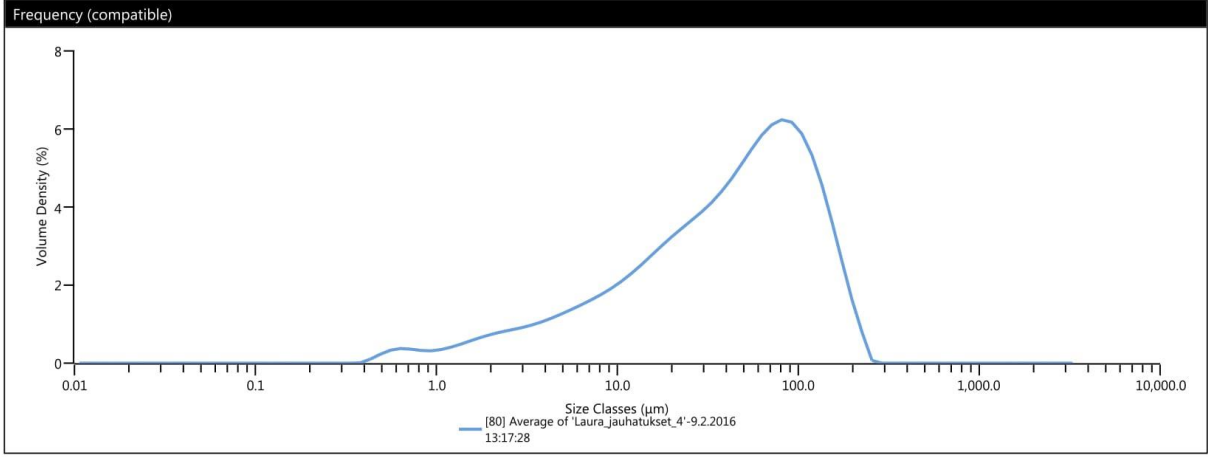


Measurement Details	
Operator Name	Malvern
Sample Name	Average of 'Laura_jauhatukset_4'
SOP File Name	Laura_jauhatukset.msop

Measurement Details	
Analysis Date Time	9.2.2016 13:17:28
Measurement Date Time	9.2.2016 13:17:28
Result Source	Averaged

Analysis	
Particle Name	Kaolinite (RI 1.533)
Particle Refractive Index	1.533
Particle Absorption Index	0.100
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Mie
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0.78 %
Laser Obscuration	4.64 %

Result	
Concentration	0.0071 %
Span	2.799
Uniformity	0.877
Specific Surface Area	554.1 m ² /kg
D [3;2]	10.8 µm
D [4;3]	57.8 µm
Dv (10)	5.09 µm
Dv (50)	45.0 µm
Dv (90)	131 µm



Result															
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.67	12.7	2.10	76.0	5.21	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.09	2.42	0.71	14.5	2.30	86.4	5.16	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.50	98.1	4.92	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.81	18.7	2.69	111	4.47	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.32	3.55	0.87	21.2	2.87	127	3.82	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.95	24.1	3.05	144	3.03	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.05	27.4	3.23	163	2.17	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.14	31.1	3.43	186	1.35	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.29	5.92	1.24	35.3	3.66	211	0.66	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.34	6.72	1.35	40.1	3.94	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.46	45.6	4.25	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.48	8.68	1.59	51.8	4.57	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.55	9.86	1.74	58.9	4.87	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.61	11.2	1.91	66.9	5.10	400	0.00	2390	0.00		



Analysis

Malvern Instruments

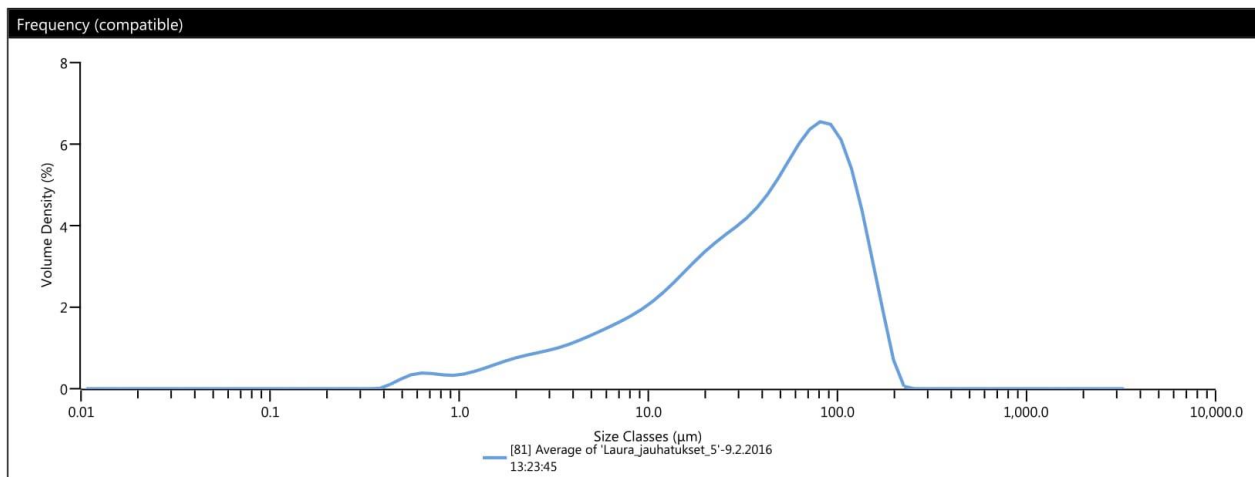


Measurement Details	
Operator Name	Malvern
Sample Name	Average of 'Laura_jauhatukset_5'
SOP File Name	Laura_jauhatukset.msop

Measurement Details	
Analysis Date Time	9.2.2016 13:23:45
Measurement Date Time	9.2.2016 13:23:45
Result Source	Averaged

Analysis	
Particle Name	Kaolinite (RI 1.533)
Particle Refractive Index	1.533
Particle Absorption Index	0.100
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Mie
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	1.19 %
Laser Obscuration	3.22 %

Result	
Concentration	0.0047 %
Span	2.695
Uniformity	0.847
Specific Surface Area	570.2 m ² /kg
D [3;2]	10.5 μm
D [4;3]	54.1 μm
Dv (10)	4.89 μm
Dv (50)	43.1 μm
Dv (90)	121 μm



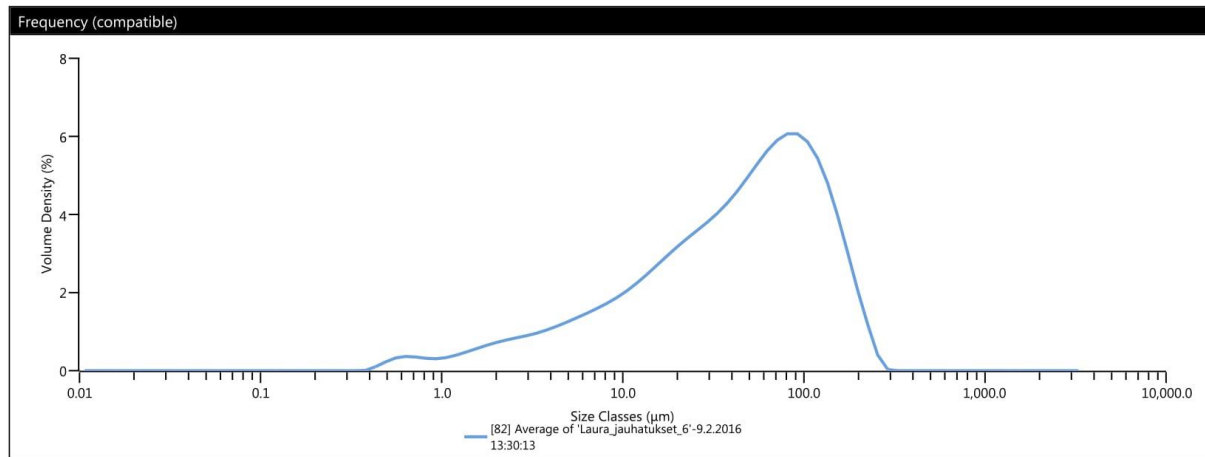
Result															
Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.69	12.7	2.16	76.0	5.48	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.00	2.42	0.73	14.5	2.38	86.4	5.43	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.20	2.75	0.78	16.4	2.60	98.1	5.12	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.29	3.12	0.83	18.7	2.80	111	4.51	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.33	3.55	0.90	21.2	2.99	127	3.65	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.31	4.03	0.99	24.1	3.15	144	2.61	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.28	4.58	1.08	27.4	3.31	163	1.58	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.27	5.21	1.18	31.1	3.49	186	0.55	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.30	5.92	1.27	35.3	3.70	211	0.00	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.35	6.72	1.38	40.1	3.97	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.42	7.64	1.49	45.6	4.30	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.49	8.68	1.62	51.8	4.66	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.57	9.86	1.78	58.9	5.02	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.63	11.2	1.96	66.9	5.32	400	0.00	2390	0.00		



Analysis



Measurement Details		Measurement Details	
Operator Name	Malvern	Analysis Date Time	9.2.2016 13:30:13
Sample Name	Average of 'Laura_jauhatusket_6'	Measurement Date Time	9.2.2016 13:30:13
SOP File Name	Laura_jauhatusket.msop	Result Source	Averaged
Analysis		Result	
Particle Name	Kaolinite (RI 1.533)	Concentration	0.0082 %
Particle Refractive Index	1.533	Span	2.871
Particle Absorption Index	0.100	Uniformity	0.898
Dispersant Name	Water	Specific Surface Area	544.0 m ² /kg
Dispersant Refractive Index	1.330	D [3:2]	11.0 µm
Scattering Model	Mie	D [4:3]	60.7 µm
Analysis Model	General Purpose	Dv (10)	5.19 µm
Weighted Residual	0.58 %	Dv (50)	46.5 µm
Laser Obscuration	5.28 %	Dv (90)	139 µm



Result															
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.66	12.7	2.05	76.0	5.07	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.09	2.42	0.70	14.5	2.25	86.4	5.07	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.45	98.1	4.91	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.80	18.7	2.64	111	4.55	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.87	21.2	2.82	127	4.02	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.29	4.03	0.94	24.1	2.99	144	3.32	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.26	4.58	1.03	27.4	3.16	163	2.52	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.25	5.21	1.13	31.1	3.35	186	1.71	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.22	35.3	3.57	211	0.98	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.32	40.1	3.83	240	0.30	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.43	45.6	4.12	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.56	51.8	4.42	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.70	58.9	4.70	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.60	11.2	1.87	66.9	4.93	400	0.00	2390	0.00		

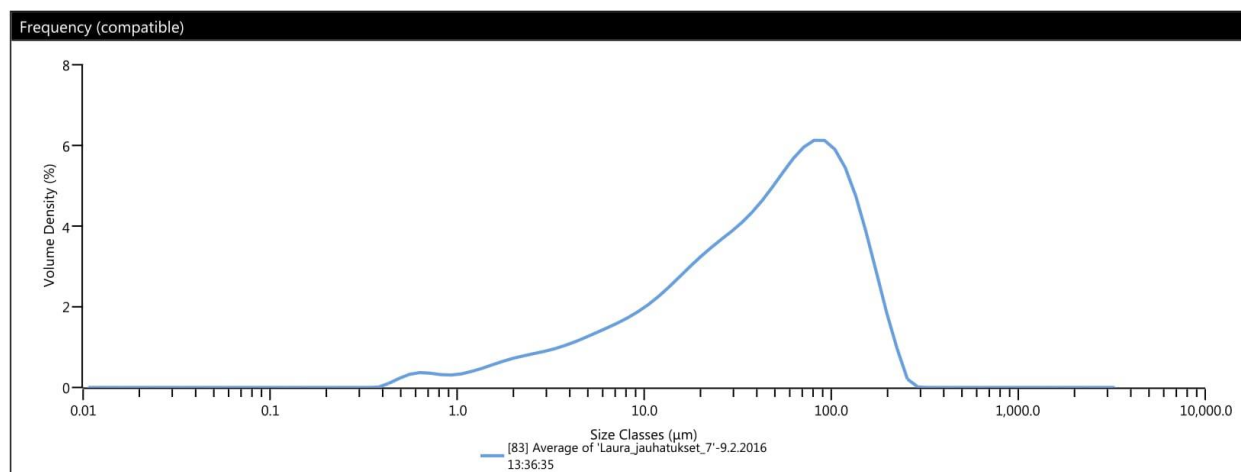


Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_7' SOP File Name Laura_jauhatusket.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 13:36:35 Measurement Date Time 9.2.2016 13:36:35 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0.74 % Laser Obscuration 4.05 %	Result Concentration 0.0062 % Span 2.844 Uniformity 0.890 Specific Surface Area 546.6 m ² /kg D [3;2] 11.0 µm D [4;3] 59.3 µm Dv (10) 5.17 µm Dv (50) 45.7 µm Dv (90) 135 µm



Result															
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.66	12.7	2.07	76.0	5.12	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.70	14.5	2.28	86.4	5.12	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.49	98.1	4.94	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.80	18.7	2.69	111	4.56	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.87	21.2	2.88	127	3.98	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.95	24.1	3.05	144	3.23	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.26	4.58	1.04	27.4	3.22	163	2.38	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.25	5.21	1.13	31.1	3.40	186	1.53	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.23	35.3	3.61	211	0.80	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.33	40.1	3.86	240	0.13	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.44	45.6	4.15	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.56	51.8	4.45	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.71	58.9	4.74	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.60	11.2	1.88	66.9	4.98	400	0.00	2390	0.00		

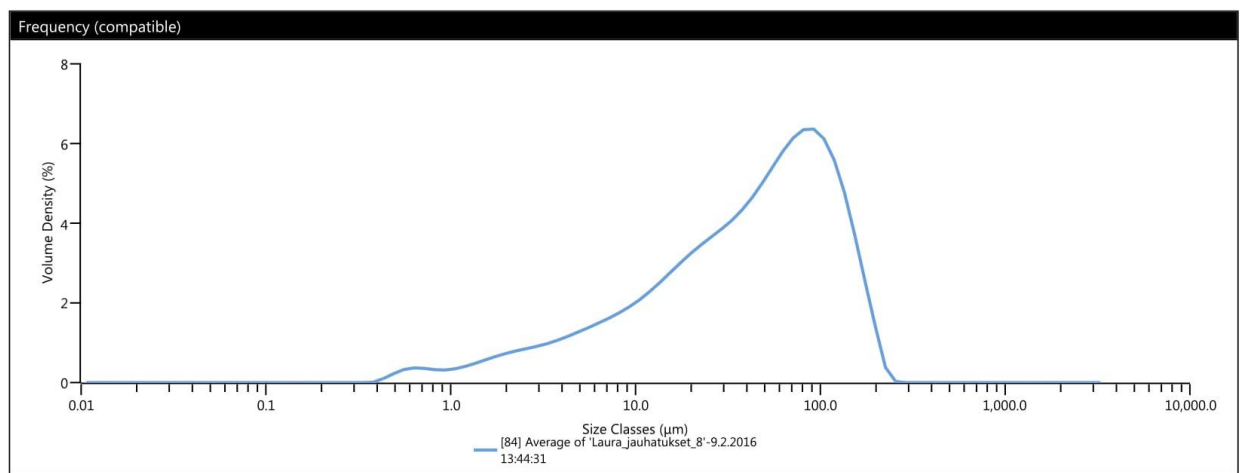


Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhaturkset_8' SOP File Name Laura_jauhaturkset.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 13:44:31 Measurement Date Time 9.2.2016 13:44:31 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 1.01 % Laser Obscuration 3.76 %	Result Concentration 0.0057 % Span 2.747 Uniformity 0.863 Specific Surface Area 552.1 m ² /kg D [3;2] 10.9 μm D [4;3] 57.4 μm Dv (10) 5.08 μm Dv (50) 45.3 μm Dv (90) 129 μm



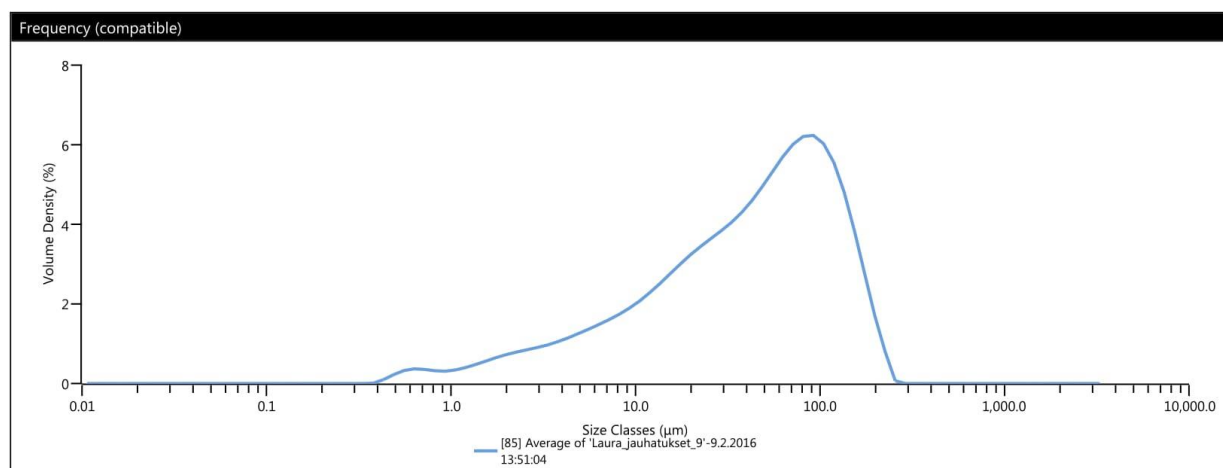
Result															
Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.67	12.7	2.10	76.0	5.31	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.71	14.5	2.30	86.4	5.32	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.76	16.4	2.51	98.1	5.12	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.81	18.7	2.70	111	4.68	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.88	21.2	2.88	127	3.99	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.97	24.1	3.05	144	3.10	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.06	27.4	3.21	163	2.12	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.15	31.1	3.39	186	1.19	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.29	5.92	1.25	35.3	3.61	211	0.26	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.34	6.72	1.35	40.1	3.87	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.41	7.64	1.46	45.6	4.18	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.48	8.68	1.58	51.8	4.52	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.55	9.86	1.73	58.9	4.85	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.61	11.2	1.90	66.9	5.13	400	0.00	2390	0.00		



Analysis



Measurement Details		Measurement Details	
Operator Name Malvern	Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_9'	Analysis Date Time 9.2.2016 13:51:04	Measurement Date Time 9.2.2016 13:51:04
SOP File Name Laura_jauhatusket.msop		Result Source Averaged	
Analysis		Result	
Particle Name Kaolinite (RI 1.533)	Particle Refractive Index 1.533	Concentration 0.0062 %	Span 2.807
Particle Absorption Index 0.100	Dispersant Name Water	Uniformity 0.880	Specific Surface Area 548.4 m ² /kg
Dispersant Refractive Index 1.330	Scattering Model Mie	D [3;2] 10.9 μm	D [4;3] 58.7 μm
Analysis Model General Purpose	Weighted Residual 0.70 %	Dv (10) 5.14 μm	Dv (50) 45.7 μm
Laser Obscuration 4.04 %		Dv (90) 133 μm	



Result																	
Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.66	12.7	2.09	76.0	5.19	454	0.00	2710	0.00		
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.71	14.5	2.30	86.4	5.21	516	0.00	3080	0.00		
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.51	98.1	5.04	586	0.00	3500	0.00		
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.81	18.7	2.70	111	4.65	666	0.00				
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.87	21.2	2.88	127	4.02	756	0.00				
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.95	24.1	3.04	144	3.22	859	0.00				
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.04	27.4	3.20	163	2.30	976	0.00				
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.14	31.1	3.37	186	1.41	1110	0.00				
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.23	35.3	3.58	211	0.66	1260	0.00				
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.33	40.1	3.83	240	0.00	1430	0.00				
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.45	45.6	4.12	272	0.00	1630	0.00				
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.57	51.8	4.44	310	0.00	1850	0.00				
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.73	58.9	4.75	352	0.00	2100	0.00				
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.61	11.2	1.90	66.9	5.02	400	0.00	2390	0.00				

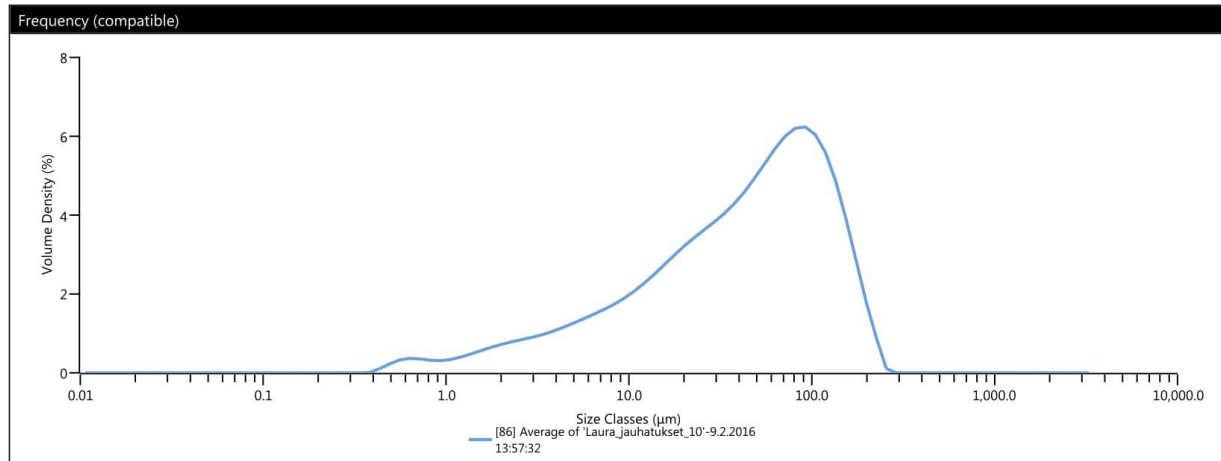


Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_10' SOP File Name Laura_jauhatusket.msop		Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 13:57:32 Measurement Date Time 9.2.2016 13:57:32 Result Source Averaged	
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0.73 % Laser Obscuration 4.37 %		Result Concentration 0.0067 % Span 2.808 Uniformity 0.880 Specific Surface Area 546.0 m ² /kg D [3;2] 11.0 µm D [4;3] 59.4 µm Dv (10) 5.17 µm Dv (50) 46.2 µm Dv (90) 135 µm	



Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.65	12.7	2.06	76.0	5.18	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.70	14.5	2.27	86.4	5.21	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.47	98.1	5.05	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.80	18.7	2.67	111	4.67	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.87	21.2	2.85	127	4.07	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.95	24.1	3.02	144	3.28	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.04	27.4	3.18	163	2.39	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.13	31.1	3.36	186	1.50	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.22	35.3	3.57	211	0.75	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.32	40.1	3.82	240	0.03	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.43	45.6	4.11	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.56	51.8	4.43	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.70	58.9	4.74	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.60	11.2	1.87	66.9	5.01	400	0.00	2390	0.00		

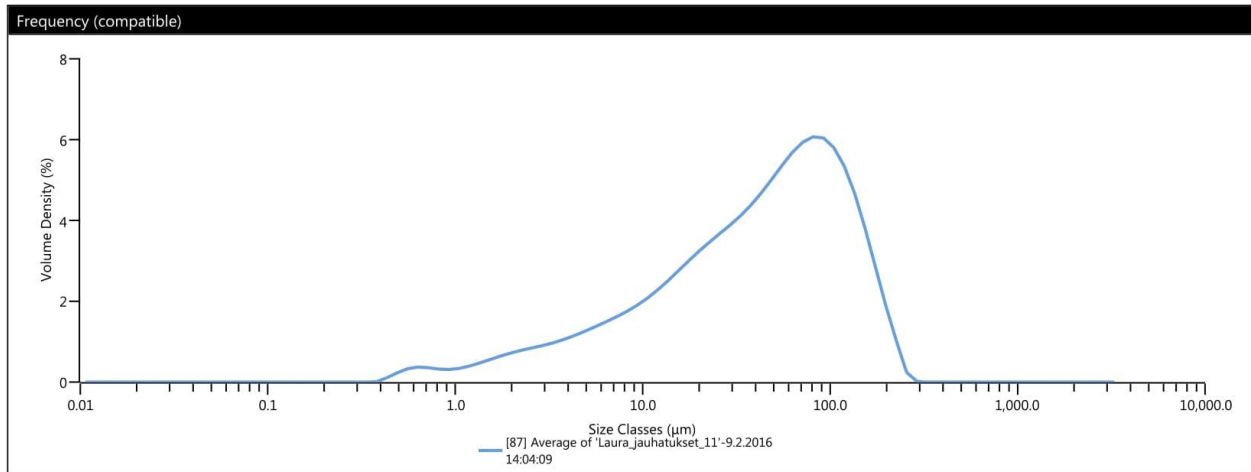


Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusset_11' SOP File Name Laura_jauhatusset.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 14:04:09 Measurement Date Time 9.2.2016 14:04:09 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0.59 % Laser Obscuration 5.12 %	Result Concentration 0.0079 % Span 2.872 Uniformity 0.897 Specific Surface Area 550.0 m ² /kg D [3;2] 10.9 μm D [4;3] 59.2 μm Dv (10) 5.12 μm Dv (50) 45.4 μm Dv (90) 135 μm



Result													
Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.66	12.7	2.08	76.0	5.07	454	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.09	2.42	0.71	14.5	2.29	86.4	5.05	516	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.49	98.1	4.85	586	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.81	18.7	2.69	111	4.47	666	0.00
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.88	21.2	2.88	127	3.90	756	0.00
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.96	24.1	3.06	144	3.18	859	0.00
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.04	27.4	3.24	163	2.37	976	0.00
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.14	31.1	3.43	186	1.57	1110	0.00
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.23	35.3	3.64	211	0.86	1260	0.00
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.34	40.1	3.90	240	0.16	1430	0.00
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.45	45.6	4.18	272	0.00	1630	0.00
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.57	51.8	4.47	310	0.00	1850	0.00
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.72	58.9	4.74	352	0.00	2100	0.00
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.61	11.2	1.89	66.9	4.96	400	0.00	2390	0.00

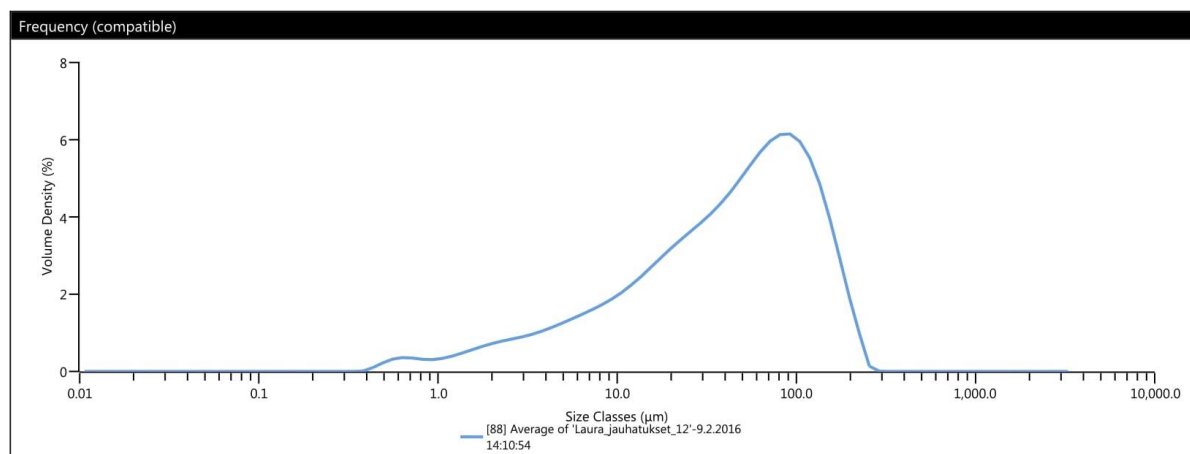


Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_12' SOP File Name Laura_jauhatusket.msop		Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 14:10:54 Measurement Date Time 9.2.2016 14:10:54 Result Source Averaged	
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0.73 % Laser Obscuration 3.49 %		Result Concentration 0.0054 % Span 2.828 Uniformity 0.883 Specific Surface Area 541.5 m ² /kg D [3;2] 11.1 µm D [4;3] 59.7 µm Dv (10) 5.20 µm Dv (50) 46.2 µm Dv (90) 136 µm	



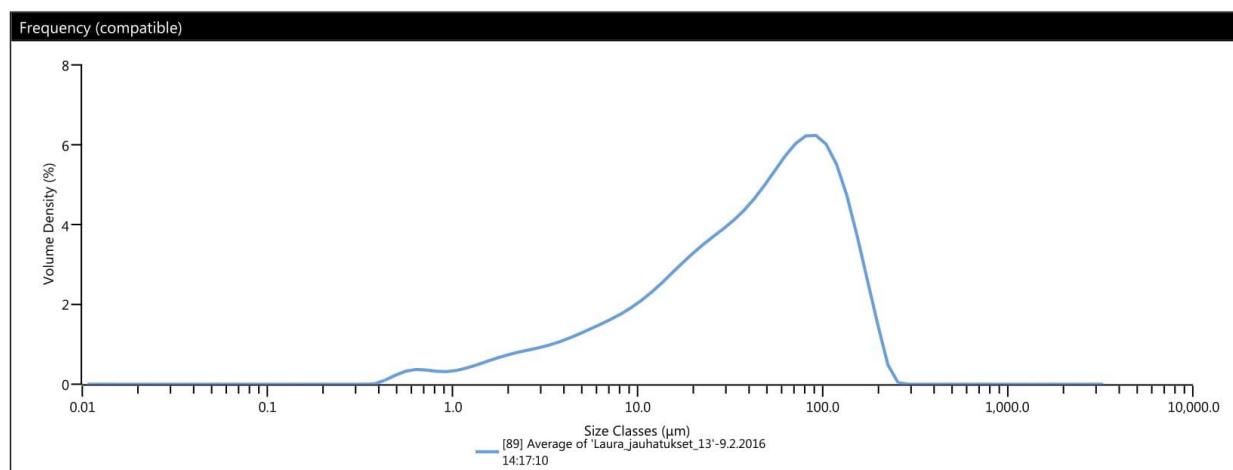
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.65	12.7	2.04	76.0	5.12	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.70	14.5	2.25	86.4	5.14	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.18	2.75	0.74	16.4	2.45	98.1	4.98	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.27	3.12	0.80	18.7	2.65	111	4.62	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.30	3.55	0.87	21.2	2.84	127	4.06	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.29	4.03	0.95	24.1	3.02	144	3.31	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.26	4.58	1.04	27.4	3.20	163	2.45	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.25	5.21	1.13	31.1	3.40	186	1.58	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.22	35.3	3.62	211	0.81	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.32	40.1	3.87	240	0.05	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.43	45.6	4.15	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.55	51.8	4.45	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.69	58.9	4.74	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.60	11.2	1.86	66.9	4.98	400	0.00	2390	0.00		



Analysis



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_13' SOP File Name Laura_jauhatusket.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 14:17:10 Measurement Date Time 9.2.2016 14:17:10 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 0.84 % Laser Obscuration 3.92 %	Result Concentration 0.0059 % Span 2.804 Uniformity 0.879 Specific Surface Area 553.7 m ² /kg D [3;2] 10.8 µm D [4;3] 57.4 µm Dv (10) 5.06 µm Dv (50) 44.6 µm Dv (90) 130 µm



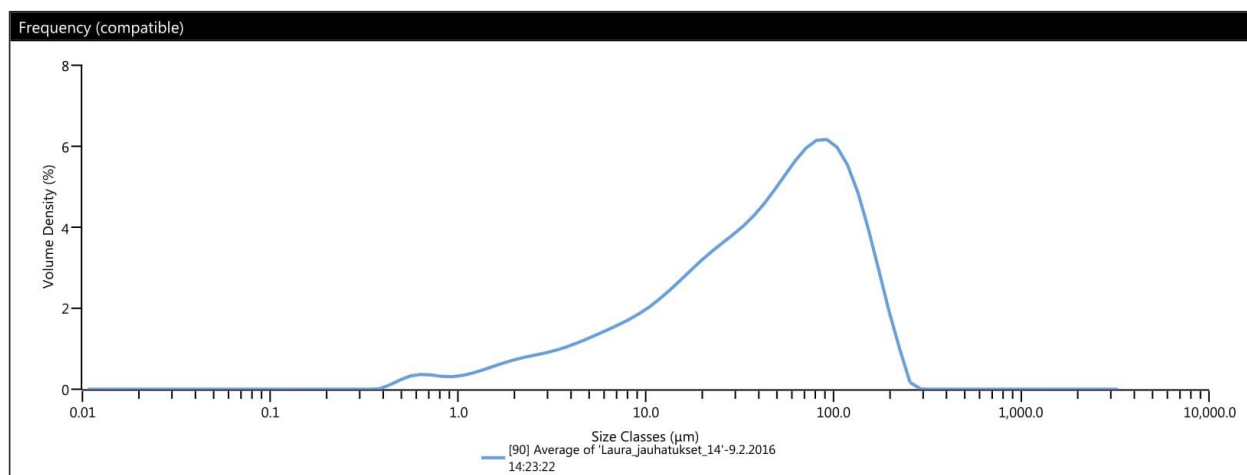
Result													
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.67	12.7	2.12	76.0	5.20	454	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.72	14.5	2.33	86.4	5.21	516	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.76	16.4	2.54	98.1	5.03	586	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.82	18.7	2.74	111	4.61	666	0.00
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.89	21.2	2.92	127	3.96	756	0.00
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.97	24.1	3.09	144	3.11	859	0.00
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.06	27.4	3.25	163	2.17	976	0.00
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.15	31.1	3.43	186	1.26	1110	0.00
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.29	5.92	1.25	35.3	3.63	211	0.36	1260	0.00
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.34	6.72	1.35	40.1	3.88	240	0.00	1430	0.00
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.41	7.64	1.47	45.6	4.16	272	0.00	1630	0.00
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.48	8.68	1.60	51.8	4.47	310	0.00	1850	0.00
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.55	9.86	1.75	58.9	4.77	352	0.00	2100	0.00
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.62	11.2	1.93	66.9	5.03	400	0.00	2390	0.00



Analysis

Measurement Details	Measurement Details
Operator Name Malvern	Analysis Date Time 9.2.2016 14:23:22
Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_14'	Measurement Date Time 9.2.2016 14:23:22
SOP File Name Laura_jauhatusket.msop	Result Source Averaged

Analysis	Result
Particle Name Kaolinite (RI 1.533)	Concentration 0.0073 %
Particle Refractive Index 1.533	Span 2.835
Particle Absorption Index 0.100	Uniformity 0.887
Dispersant Name Water	Specific Surface Area 546.4 m ² /kg
Dispersant Refractive Index 1.330	D [3;2] 11.0 µm
Scattering Model Mie	D [4;3] 59.8 µm
Analysis Model General Purpose	Dv (10) 5.15 µm
Weighted Residual 0.72 %	Dv (50) 46.2 µm
Laser Obscuration 4.75 %	Dv (90) 136 µm



Result													
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.66	12.7	2.05	76.0	5.13	454	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.70	14.5	2.26	86.4	5.16	516	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.19	2.75	0.75	16.4	2.46	98.1	5.00	586	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.28	3.12	0.80	18.7	2.66	111	4.63	666	0.00
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.87	21.2	2.84	127	4.06	756	0.00
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.95	24.1	3.02	144	3.30	859	0.00
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.04	27.4	3.18	163	2.45	976	0.00
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.13	31.1	3.36	186	1.59	1110	0.00
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.23	35.3	3.57	211	0.83	1260	0.00
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.33	40.1	3.82	240	0.09	1430	0.00
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.43	45.6	4.11	272	0.00	1630	0.00
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.56	51.8	4.41	310	0.00	1850	0.00
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.55	9.86	1.70	58.9	4.71	352	0.00	2100	0.00
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.61	11.2	1.87	66.9	4.97	400	0.00	2390	0.00

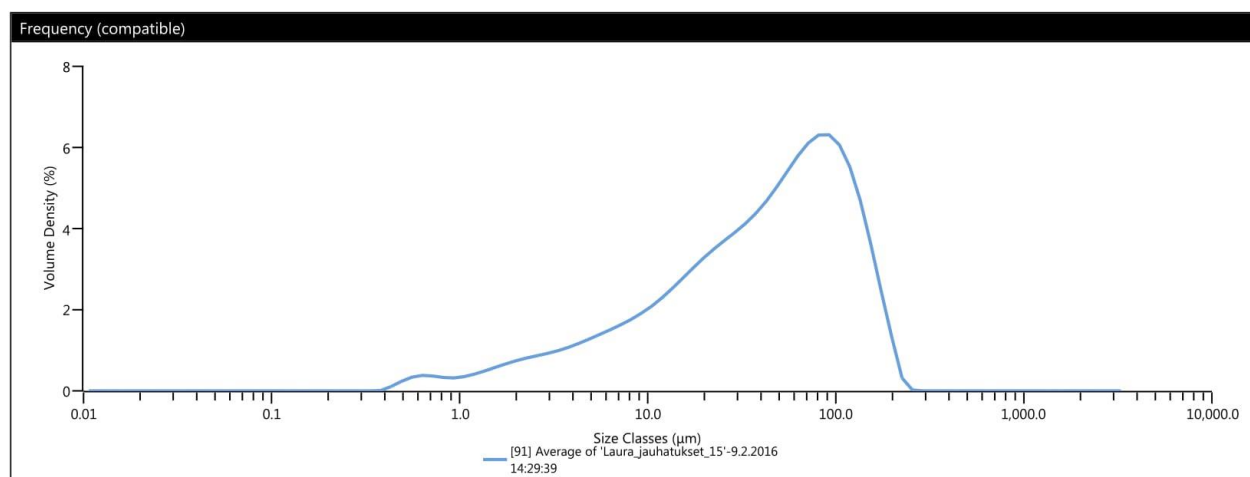
Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details	Measurement Details
Operator Name Malvern	Analysis Date Time 9.2.2016 14:29:39
Sample Name Average of 'Laura_jauhatuset_15'	Measurement Date Time 9.2.2016 14:29:39
SOP File Name Laura_jauhatuset.msop	Result Source Averaged

Analysis	Result
Particle Name Kaolinite (RI 1.533)	Concentration 0.0072 %
Particle Refractive Index 1.533	Span 2.768
Particle Absorption Index 0.100	Uniformity 0.869
Dispersant Name Water	Specific Surface Area 560.9 m ² /kg
Dispersant Refractive Index 1.330	D [3;2] 10.7 μm
Scattering Model Mie	D [4;3] 56.7 μm
Analysis Model General Purpose	Dv (10) 4.99 μm
Weighted Residual 0.96 %	Dv (50) 44.4 μm
Laser Obscuration 4.81 %	Dv (90) 128 μm



Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.67	12.7	2.11	76.0	5.27	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.09	2.42	0.72	14.5	2.32	86.4	5.28	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.20	2.75	0.77	16.4	2.53	98.1	5.07	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.29	3.12	0.82	18.7	2.74	111	4.62	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.32	3.55	0.89	21.2	2.92	127	3.92	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.31	4.03	0.97	24.1	3.09	144	3.02	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.06	27.4	3.26	163	2.04	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.16	31.1	3.44	186	1.12	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.29	5.92	1.25	35.3	3.65	211	0.20	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.34	6.72	1.36	40.1	3.90	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.41	7.64	1.47	45.6	4.19	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.48	8.68	1.59	51.8	4.51	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.56	9.86	1.74	58.9	4.83	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.62	11.2	1.92	66.9	5.10	400	0.00	2390	0.00		

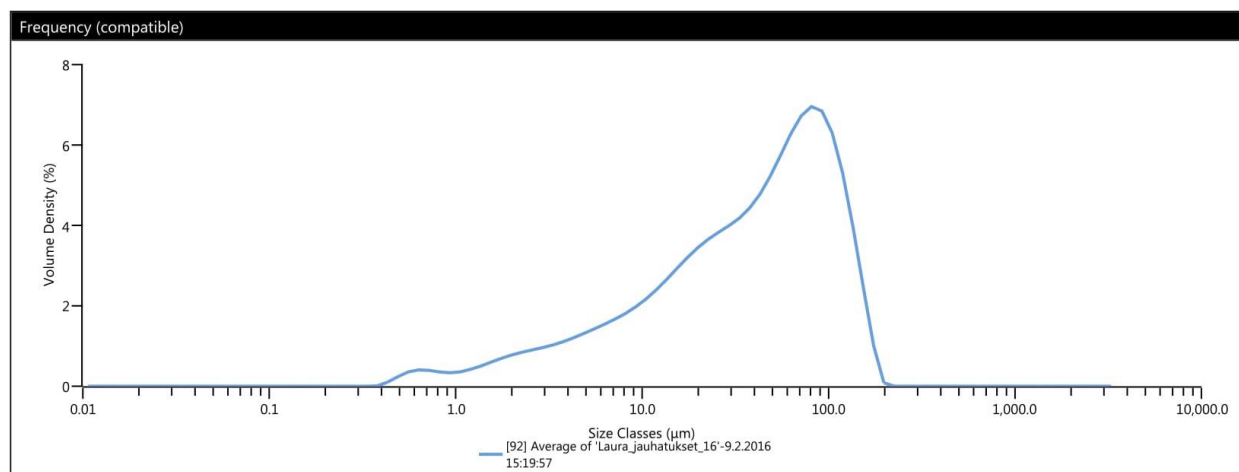


Analysis

Malvern Instruments



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusset_16' SOP File Name Laura_jauhatusset.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 15:19:57 Measurement Date Time 9.2.2016 15:19:57 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorptive Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 1.86 % Laser Obscuration 3.42 %	Result Concentration 0.0049 % Span 2.586 Uniformity 0.818 Specific Surface Area 582.4 m ² /kg D [3;2] 10.3 μm D [4;3] 51.6 μm Dv (10) 4.76 μm Dv (50) 42.1 μm Dv (90) 114 μm



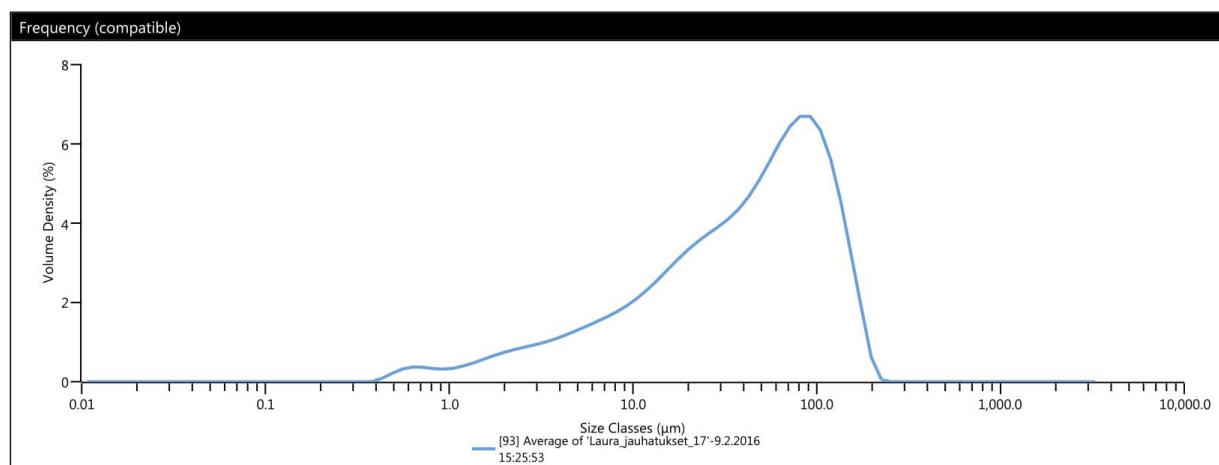
Result															
Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In	Size (μm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.71	12.7	2.22	76.0	5.82	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.08	2.42	0.75	14.5	2.45	86.4	5.74	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.20	2.75	0.80	16.4	2.67	98.1	5.28	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.30	3.12	0.86	18.7	2.88	111	4.45	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.34	3.55	0.92	21.2	3.05	127	3.32	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.33	4.03	1.01	24.1	3.19	144	2.06	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.29	4.58	1.10	27.4	3.33	163	0.81	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.28	5.21	1.19	31.1	3.48	186	0.00	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.30	5.92	1.29	35.3	3.69	211	0.00	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.35	6.72	1.39	40.1	3.97	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.42	7.64	1.51	45.6	4.35	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.50	8.68	1.64	51.8	4.79	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.58	9.86	1.81	58.9	5.24	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.65	11.2	2.00	66.9	5.62	400	0.00	2390	0.00		



Analysis



Measurement Details Operator Name Malvern Sample Name Average of 'Laura_jauhatusket_17' SOP File Name Laura_jauhatusket.msop	Measurement Details Analysis Date Time 9.2.2016 15:25:53 Measurement Date Time 9.2.2016 15:25:53 Result Source Averaged
Analysis Particle Name Kaolinite (RI 1.533) Particle Refractive Index 1.533 Particle Absorption Index 0.100 Dispersant Name Water Dispersant Refractive Index 1.330 Scattering Model Mie Analysis Model General Purpose Weighted Residual 1.27 % Laser Obscuration 4.65 %	Result Concentration 0.0070 % Span 2.641 Uniformity 0.833 Specific Surface Area 554.7 m ² /kg D [3;2] 10.8 µm D [4;3] 54.8 µm Dv (10) 5.02 µm Dv (50) 44.2 µm Dv (90) 122 µm



Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.68	12.7	2.13	76.0	5.60	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.07	2.42	0.73	14.5	2.35	86.4	5.61	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.18	2.75	0.78	16.4	2.57	98.1	5.32	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.27	3.12	0.83	18.7	2.77	111	4.71	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.32	3.55	0.90	21.2	2.95	127	3.81	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.31	4.03	0.98	24.1	3.11	144	2.70	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.28	4.58	1.07	27.4	3.26	163	1.58	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.16	31.1	3.42	186	0.46	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.26	35.3	3.63	211	0.00	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.36	40.1	3.90	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.40	7.64	1.47	45.6	4.23	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.48	8.68	1.60	51.8	4.62	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.55	9.86	1.75	58.9	5.02	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.62	11.2	1.93	66.9	5.38	400	0.00	2390	0.00		



Analysis

Malvern Instruments

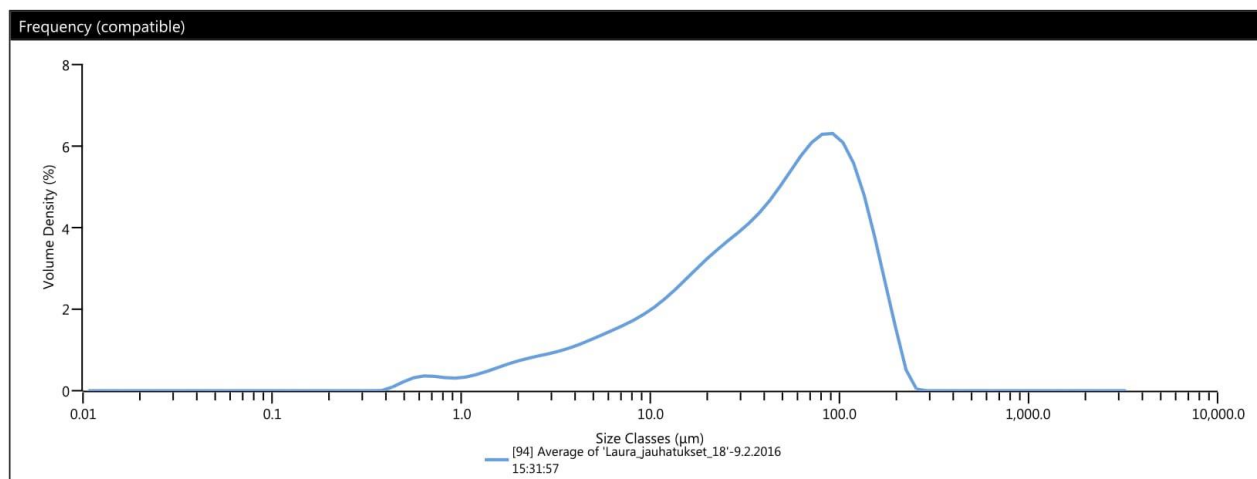


Measurement Details	
Operator Name	Malvern
Sample Name	Average of 'Laura_jauhatusset_18'
SOP File Name	Laura_jauhatusset.msop

Measurement Details	
Analysis Date Time	9.2.2016 15:31:57
Measurement Date Time	9.2.2016 15:31:57
Result Source	Averaged

Analysis	
Particle Name	Kaolinite (RI 1.533)
Particle Refractive Index	1.533
Particle Absorption Index	0.100
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Mie
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0.92 %
Laser Obscuration	5.63 %

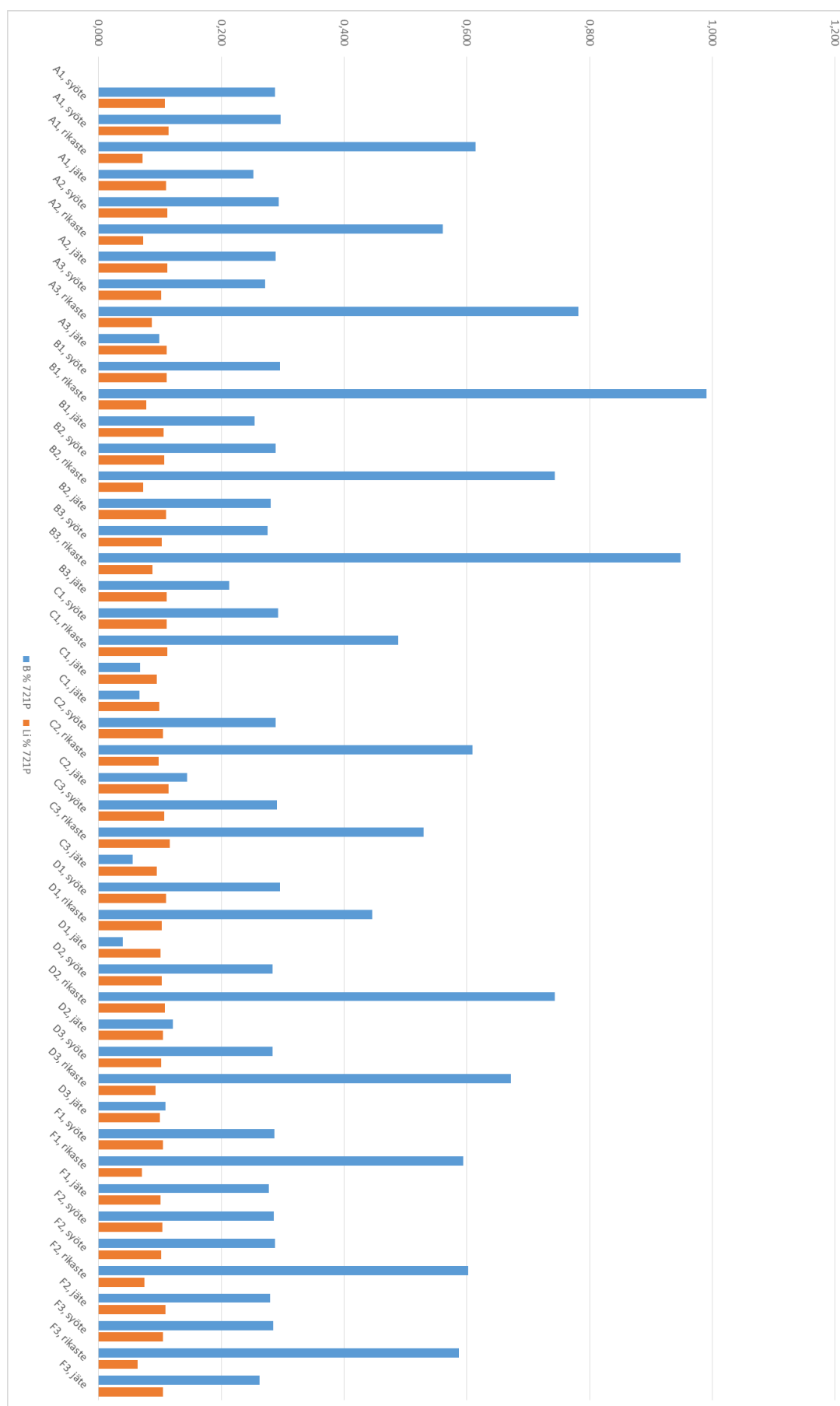
Result	
Concentration	0.0087 %
Span	2.766
Uniformity	0.867
Specific Surface Area	544.1 m ² /kg
D [3;2]	11.0 µm
D [4;3]	58.0 µm
Dv (10)	5.14 µm
Dv (50)	45.5 µm
Dv (90)	131 µm



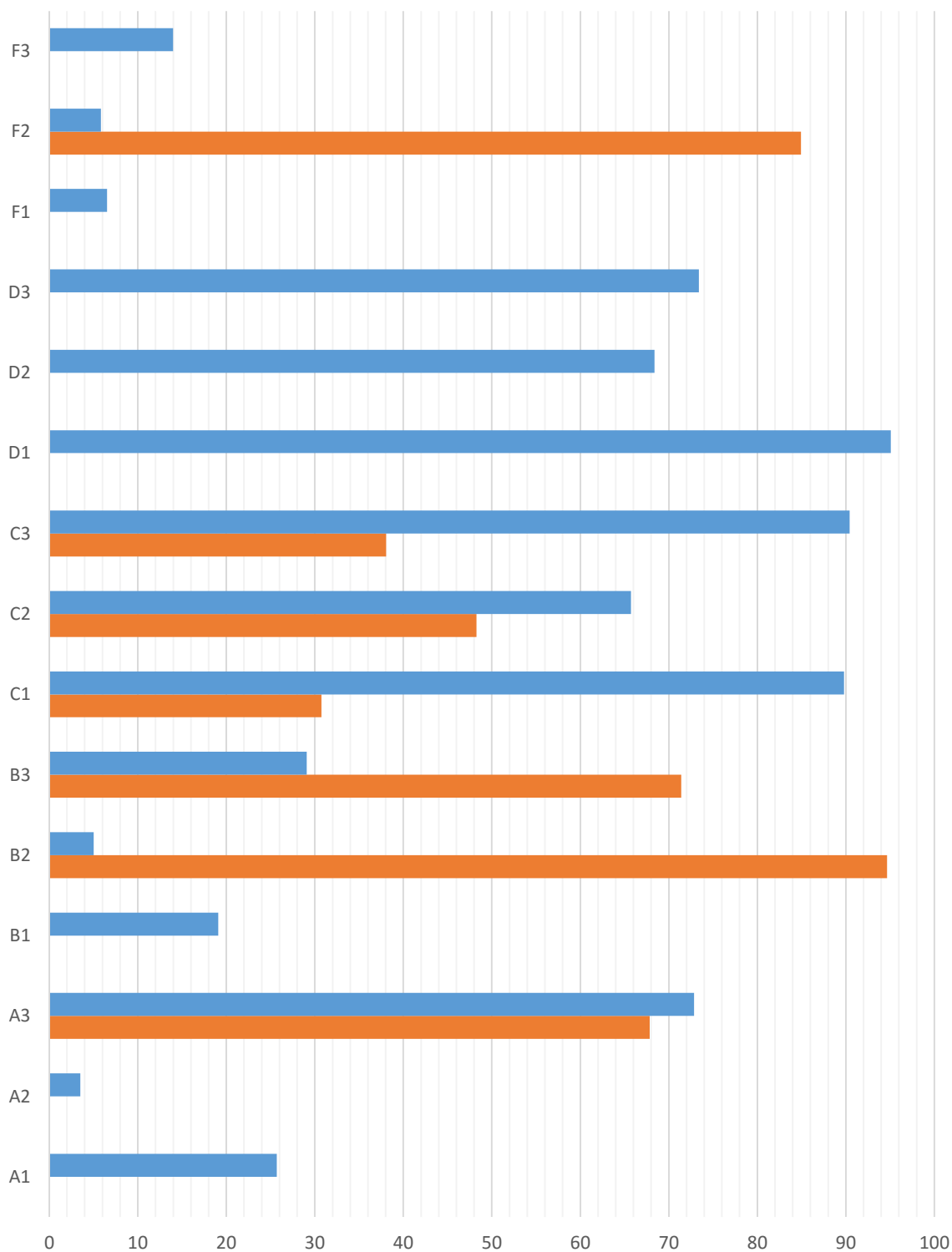
Result															
Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In	Size (µm)	% Volume In
0.0100	0.00	0.0597	0.00	0.357	0.00	2.13	0.67	12.7	2.07	76.0	5.26	454	0.00	2710	0.00
0.0114	0.00	0.0679	0.00	0.405	0.07	2.42	0.71	14.5	2.28	86.4	5.28	516	0.00	3080	0.00
0.0129	0.00	0.0771	0.00	0.460	0.18	2.75	0.76	16.4	2.49	98.1	5.09	586	0.00	3500	0.00
0.0147	0.00	0.0876	0.00	0.523	0.27	3.12	0.81	18.7	2.69	111	4.67	666	0.00		
0.0167	0.00	0.0995	0.00	0.594	0.31	3.55	0.88	21.2	2.89	127	4.01	756	0.00		
0.0189	0.00	0.113	0.00	0.675	0.30	4.03	0.96	24.1	3.06	144	3.16	859	0.00		
0.0215	0.00	0.128	0.00	0.767	0.27	4.58	1.05	27.4	3.23	163	2.21	976	0.00		
0.0244	0.00	0.146	0.00	0.872	0.26	5.21	1.14	31.1	3.42	186	1.30	1110	0.00		
0.0278	0.00	0.166	0.00	0.991	0.28	5.92	1.23	35.3	3.63	211	0.39	1260	0.00		
0.0315	0.00	0.188	0.00	1.13	0.33	6.72	1.33	40.1	3.89	240	0.00	1430	0.00		
0.0358	0.00	0.214	0.00	1.28	0.39	7.64	1.44	45.6	4.18	272	0.00	1630	0.00		
0.0407	0.00	0.243	0.00	1.45	0.47	8.68	1.56	51.8	4.50	310	0.00	1850	0.00		
0.0463	0.00	0.276	0.00	1.65	0.54	9.86	1.71	58.9	4.81	352	0.00	2100	0.00		
0.0526	0.00	0.314	0.00	1.88	0.61	11.2	1.88	66.9	5.08	400	0.00	2390	0.00		



Laboratorion näytetunnus	Tilaajan näytetunnus	B	Li			
		%	%			
		721P	721P			
L16017071	A1, syöte	0,288	0,108			
L16017071U	A1, syöte	0,297	0,114			
L16017072	A1, rikaste	0,614	0,072			
L16017073	A1, jäte	0,252	0,110			
L16017074	A2, syöte	0,294	0,112			
L16017075	A2, rikaste	0,561	0,073			
L16017076	A2, jäte	0,289	0,112			
L16017077	A3, syöte	0,271	0,102			
L16017078	A3, rikaste	0,782	0,087			
L16017079	A3, jäte	0,098	0,111			
L16017080	B1, syöte	0,296	0,111			
L16017081	B1, rikaste	0,991	0,078			
L16017082	B1, jäte	0,254	0,106			
L16017083	B2, syöte	0,289	0,107			
L16017084	B2, rikaste	0,743	0,072			
L16017085	B2, jäte	0,280	0,110			
L16017086	B3, syöte	0,275	0,103			
L16017087	B3, rikaste	0,948	0,087			
L16017088	B3, jäte	0,213	0,111			
L16017089	C1, syöte	0,293	0,111			
L16017090	C1, rikaste	0,488	0,112			
L16017091	C1, jäte	0,068	0,095			
L16017091U	C1, jäte	0,067	0,099			
L16017092	C2, syöte	0,289	0,105			
L16017093	C2, rikaste	0,609	0,098			
L16017094	C2, jäte	0,144	0,114			
L16017095	C3, syöte	0,291	0,107			
L16017096	C3, rikaste	0,530	0,116			
L16017097	C3, jäte	0,055	0,095			
L16017098	D1, syöte	0,296	0,110			
L16017099	D1, rikaste	0,446	0,103			
L16017100	D1, jäte	0,040	0,101			
L16017101	D2, syöte	0,283	0,103			
L16017102	D2, rikaste	0,743	0,108			
L16017103	D2, jäte	0,121	0,105			
L16017104	D3, syöte	0,283	0,102			
L16017105	D3, rikaste	0,672	0,093			
L16017106	D3, jäte	0,109	0,100			
L16017190	F1, syöte	0,287	0,105			
L16017191	F1, rikaste	0,594	0,071			
L16017192	F1, jäte	0,277	0,101			
L16017193	F2, syöte	0,286	0,104			
L16017193U	F2, syöte	0,288	0,102			
L16017194	F2, rikaste	0,602	0,075			
L16017195	F2, jäte	0,279	0,109			
L16017196	F3, syöte	0,284	0,105			
L16017197	F3, rikaste	0,587	0,064			
L16017198	F3, jäte	0,262	0,105			



Saannot



Kemikaali		Lähde
Lupromin FP 308C		Basf Finland
Oleiinihappo		Fuerstenau, M.C, Jameson, G., Yoon, R. 2007. Froth Flotation: A Century of Innovation. Society for Mining Metallurgy and Exploration.
Natriumoleaatti		Zhifeng, L., Ye, G., & Shujuan, D. 2013. Research on tourmaline of huapi ditch, yichun city, helongjiang province. Advanced Materials Research Vol. 826 (2013). 237–243.
Vesilasiliuos		
SNF Flomin, C9621	Rasvahapot	Oy Chemec Ab
SNF Flomin, C9606		
SNF Flomin, C9012		
SNF Flomin, C9616		
SNF Flomin, C9854 SNF Flomin, C9855	Petroleumsulfaatit	