

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Viherlipeäsakan syrjäytyspesu
Kurt Sirén, Oy Sirra Ab
28.12.2015**

Raportti 5/2016

(16A0913-E0167)

YHTEENVETO TULOKSISTA

Tutkittiin viherlipeäsakan pesumenetelmää, jossa viherlipeän selkeytyksestä / suodatuksesta tuleva käsittelemätön sakkaliete pestään pystysuorissa putkissa vastavirtaperiaatteella (syrjäytyspesu). Syrjäytyspesumenetelmä erottaa lipeän, muiden komponenttien jäädessä pestyyn sakkaan ja tarkoituksena pitkällä tähtäimellä on erottaa myös muut komponentit toisistaan. Työn tässä vaiheessa keskityttiin itse pesumenetelmän kehittämiseen, muiden komponenttien erottamisen toisistaan jäädessä myöhempisiin vaiheisiin.

Projektia varten hankittiin käsittelemätöntä viherlipeäsakkalietettä tehtaalta jossa on käytössä viherlipeänselkeytys. Sakan pesussa/käsittelyssä tehtaalla on perinteinen precoat-rumpusuodin. Tulokset osoittivat että menetelmä on toimiva ja käyttökelpoinen.

Menetelmällä voidaan pestä viherlipeäsakka siten, että natriumsuolat saadaan talteen, ja liukenemattomat aineet saadaan ulos siten, että niiden määrä on merkittävästi pienempi kuin pre-coat-suotimella. Menetelmä luo myös hyvän lähtökohdan mahdolliselle jatkokäsittelylle, kuten happoliuotukselle tai vaahdotukselle.

Merkittävin tekijä selkeytyksessä on sakeus, eikä kuten odotettua, tiheys. Tästä seuraa se, että on edullista käyttää verraten korkeita putkia, ja käyttää selkeytykseen vain ylintä osaa. Silloin sakkakerroksen sakeus ei kasva yhtä nopeasti, ja laskeutumisnopeus pysyy kauemmin suurena.

Tarkkoja laskelmia siitä, miten paljon kaatopaikalle menevän jätteen määrää voitaisiin vähentää, on hyvin vaikeaa tehdä. Laskelmien mukaan projektissa mukana olleessa tehtaassa olisi mahdollista vähentää sakan määrää lähes 60 %. Tehtaalla on sakan pesussa/käsittelyssä perinteinen rumpusuodin, jossa käytetään precoat -meesaa. Jäljellä oleva virta on mahdollista käsitellä edelleen pidemmälle, mutta siihen on kehitettävä uusia prosesseja.

Laitteisto olisi teknisesti yksinkertainen ja siinä olisi hyvän vähän liikkuvia osia, lukuun ottamatta pumppuja ja venttiilejä. Tilankäyttö pysyisi kohtuullisissa rajoissa.

Jatkohankkeessa olisi keskityttävä kemiallisiin kysymyksiin ja analyysihin, ja tutkittava erityisesti raskasmetallien käyttäytymistä.

Sisällysluettelo

YHTEENVETO TULOKSISTA.....	2
1 PROJEKTI JA LAITTEISTO	4
1.1 Tavoite	4
1.2 Tausta	4
1.3 Syrjäytyspesu	4
1.4 Laitteisto	6
2 TEHDYT KOKEET JA TULOKSET.....	8
2.1 Koemateriaali.....	8
2.2 Esikokeita.....	8
2.3 Kokeet putkilaitteessa	10
2.4 Selkeytymisaika ja -nopeus.....	13
2.5 Selkeytyskoe määritellyissä oloissa	15
3 PROSESSIN JA TULOSTEN ARVIOINTI	18
3.1 Happoliuotus	18
3.2 Vaikutus kaatopaikkajätteen määrään.....	19
3.3 Arvioita tehdasmittakaavan laitteistosta	20
4 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	20
4.1 Jatkotutkimustarpeita	20
VIITTEET	21

1 PROJEKTI JA LAITTEISTO

1.1 Tavoite

Projektin tavoitteena oli ensimmäiseksi selvittää toimiiko menetelmä ja toiseksi voidaanko syrjäytyspesulla vähentää kaatopaikalle vietävän viherlipeäsakka-jätteen määrää. Syrjäytyspesu olisi vaihtoehto nykyisten viherlipeäsakan pesu/käsittelytekniikoiden (precoat-suodin, linko, painesuodatus yms.) tilalle.

1.2 Tausta

Jätteiden hyödyntämistä ja tuotteistamista säädellään sekä EU-lainsäädännöllä että kansallisesti. Nykyisellä lainsäädännöllä pyritään ensisijaisesti vähentämään jätteen määrää ja lisäämään jätteen kierrätystä sekä edistämään jätteiden hyötykäyttöä. Arvioiden mukaan Suomessa sellutehtailla syntyy noin 80 000 tonnia viherlipeäsakkaa vuodessa, josta noin 85% loppusijoitetaan kaatopaikoille (1). Viherlipeäsakan osuus kaikesta selluteollisuuden kaatopaikalle päätyvästä kiintojätteestä on noin 44 %, vuonna 2012 sakan määrä oli 64 200 tonnia (kuiva).

Jätevero vuoden 2015 alusta on 55 euroa tonnilta jätettä, joka toimitetaan kaatopaikalle (1). Viherlipeäsakka on tällä hetkellä vapautettu jäteverosta, koska hyötykäytölle ei ole löytynyt toimivaa kustannustehokasta ratkaisua. Sakka määritellään Suomessa jätteeksi joka merkitsee että hyötykäyttöä rajoittavat erilaiset lait ja asetukset, mm. pitoisuusrajat. Sakalle on kuitenkin pyritty löytämään hyötykäyttöratkaisuja useissa projekteissa. Hyötykäyttöä hankaloittaa sakan koostumus ja hallittavuus. Lisäksi koostumus vaihtelee tehtaiden välillä johtuen sellun valmistusprosessin eroista. Näin ollen yhdellä tehtaalla toimiva hyödyntämismenetelmä ei välttämättä sovellu toiselle tehtaalle. Sakkaa on lähinnä hyödynnetty jätevesien neutralointiin sekä kaatopaikkojen pintarakenteissa vettä pidättävässä kerroksessa.

Viherlipeäsakka sisältää erilaisia suoloja kuten natriumkarbonaattia ja sulfidia, ja lisäksi nokea ja muita sellun valmistusprosessin kannalta haitallisia aineita kuten alumiinia, magnesiumia, mangaania, piitä, rautaa, kuparia, kadmiumia ja fosforia.

1.3 Syrjäytyspesu

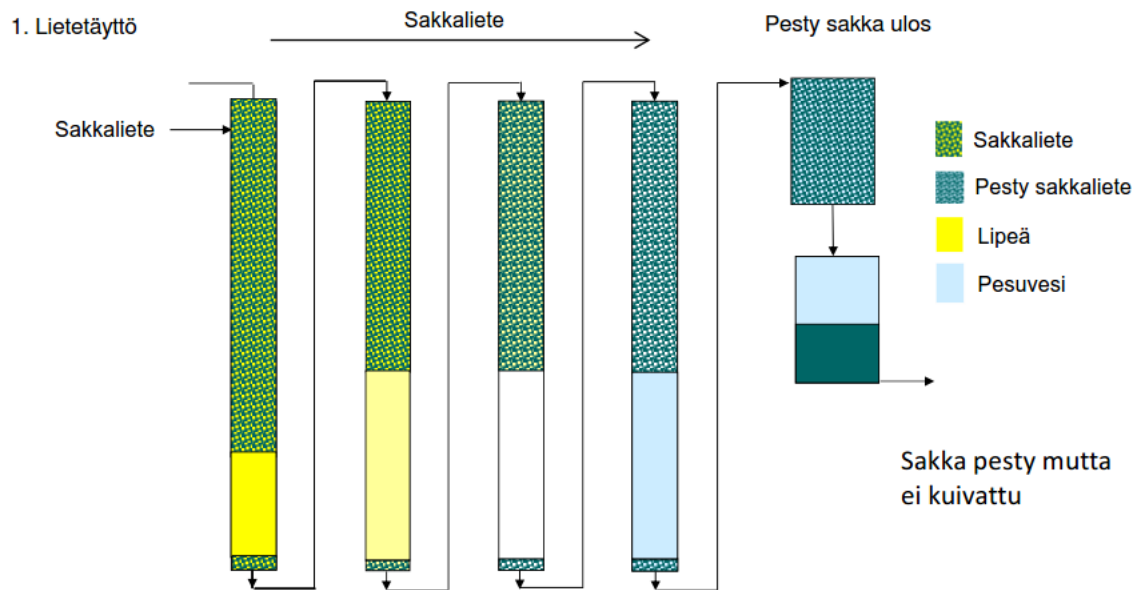
Syrjäytyspesun ajatus on se, että sakka pestään vedellä vastavirtaperiaatteella, ja saadaan natriumsuolat talteen käyttämättä perinteistä suodatusta. Etuna on se, ettei pre-coat – meesaa tarvita, minkä vuoksi jätteen määrä vähenee lähes puoleen verrattuna perinteiseen rumpusuotimeen. Menetelmä perustuu siihen, että sakka vuorotellen sekoitetaan ja laskeutetaan pystysuorissa putkissa, joissa pesu tapahtuu asteittain, ja sopivalla sakan ja veden syötöllä saadaan lipeä ulos putkirivin toisesta päästä ja pesty sakka toisesta päästä. Menetelmä on tarkemmin kuvattu alla.

Pitkällä tähtäimellä pyritään siihen, että sakka voitaisiin käsitellä lähes kokonaan hyötytuotteiksi ja harmittomiksi aineiksi. Esillä olevassa hankkeessa selvitettiin kuitenkin vain menetelmän toimivuutta ja jätemäärän vähentämispotentialiaa. Ainoastaan joitakin perusanalyysyjä voitiin hankkeen puitteissa tehdä.

Syrjäytyspesumenetelmä on havainnollistettu kuvassa 1 a – c.

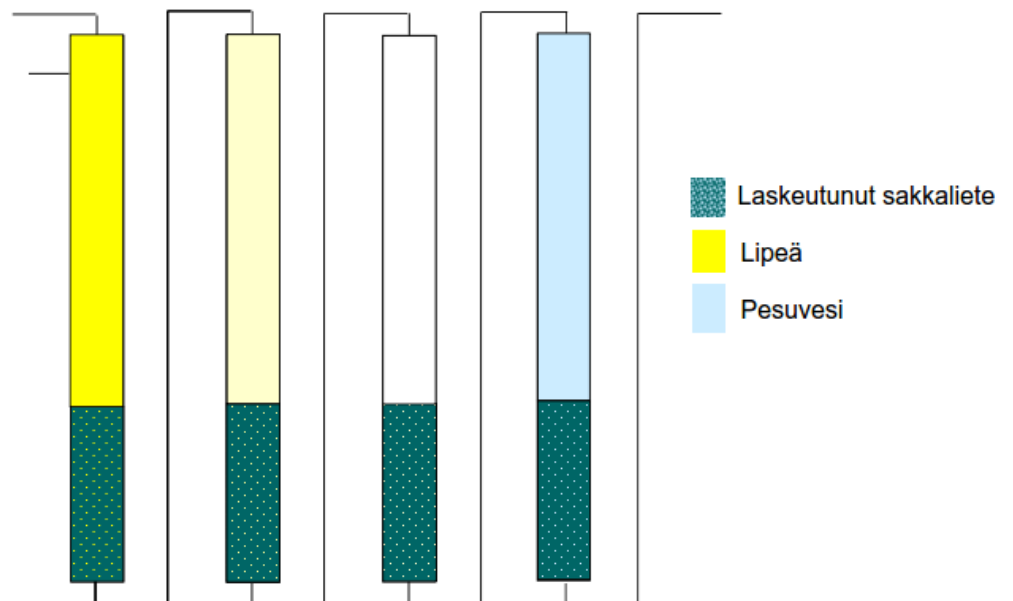
1. Sakkaliete syötetään ensimmäiseen putkeen (kuvassa vasemmalla), ja samalla syrjäytetään edelliset sakkaerät aina seuraavaan putkeen. Viimeisestä putkesta (kuvassa vasemmalla) saadaan ulos valmiiksi pestyä sakkaa. (kuva 1 a)
2. Toisessa vaiheessa annetaan sakan laskeutua, sakeutus (kuva 1 b).
3. Kolmannessa vaiheessa syötetään pesuvettä viimeiseen putkeen (kuvassa oikealla) Samalla syrjäytetään lipeä ulos ensimmäisestä putkesta (kuva 1c).

Käytännössä toinen ja kolmas vaihe on toistettava muutamia kertoja jotta vesitase pysyy kohdallaan, eli veden nettokulku on oikealta vasemmalle. Tämän jälkeen sykli alkaa alusta eli otetaan uutta sakkalietettä ensimmäiseen putkeen.

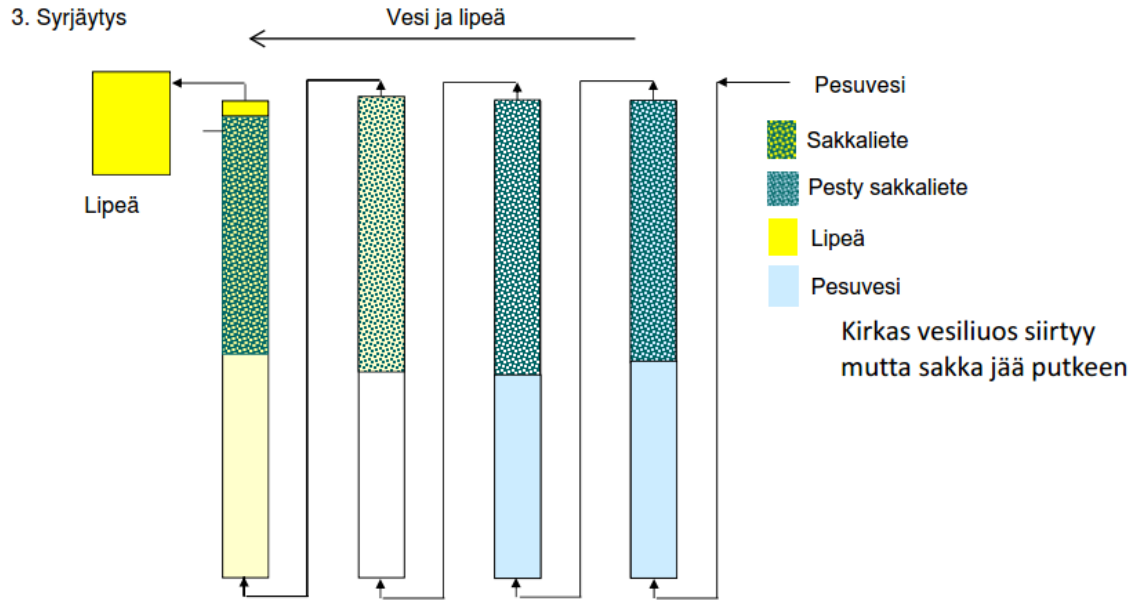


Kuva 1a. Täyttö sakkalietteellä.

2. Sakeutus



Kuva 1b. Sakeutus



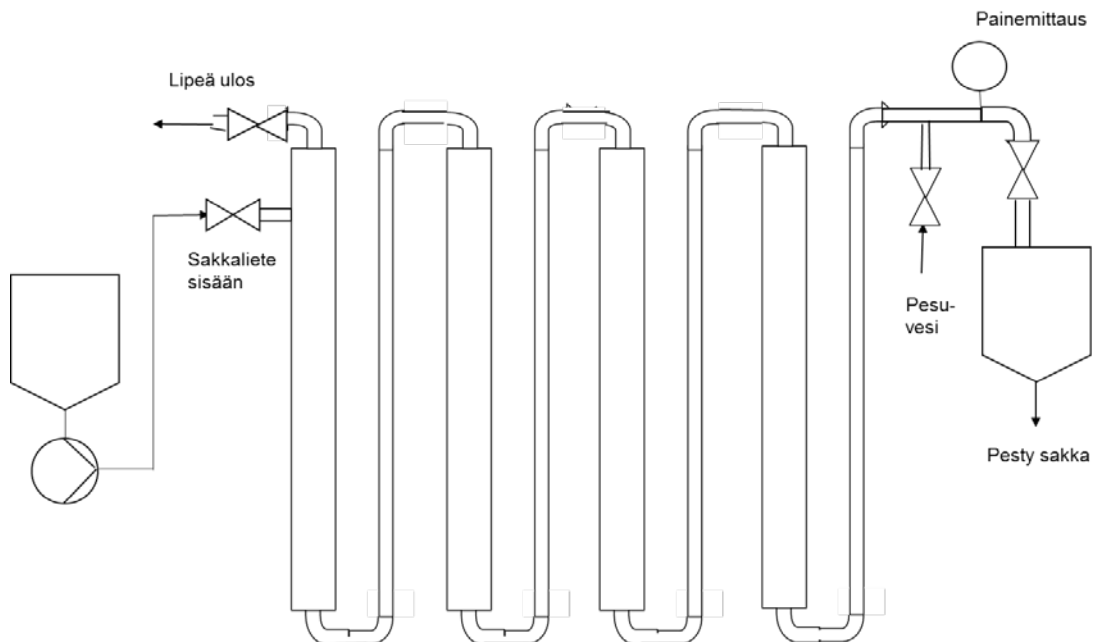
Kuva 1c. Lipeän ulosotto syrjäyttämällä.

Ulos saatava sakka on pesty mutta edelleen melko märkää. Siksi, jos jatkokäsittelyä ei tavoitella vaan tyydytään pelkästään sakan määrän vähentämiseen, jonkinlainen sakeutus ja/tai loppukuivaus lienee tarpeen. Pitkän tähtäimen tavoitteena on kuitenkin jatkokäsittely, jossa pyritään erottamaan haitalliset aineet, kuten kadmium ja lyijy, ja saamaan hyödylliset aineet talteen, kuten muut hivenaineet. Näitä voitaisiin käyttää esim. metsälannoitteena. Hiilen luonnollinen loppusijoitus olisi poltto.

1.4

Laitteisto

Kokeita varten rakennettiin kuvassa 2 oleva laitteisto. Vasemmalla on lietteen syöttösäiliö ja pumppu. Oikealla on pestyn sakan selkeytys- ja sakeutussäiliö. Putkien sisähalkaisija oli 67,2 mm ja korkeus 1,0 m. Pienten siirtoputkien sisähalkaisija oli 36 mm. Kuvissa 3 a ja b on valokuvia laitteistosta.



Kuva 2. Koelaitteisto.



Kuva 3a. Koelaitteistoa (vasemmalla sakkalietteen syöttösäiliö)



Kuva 3b. Koelaitteistoa

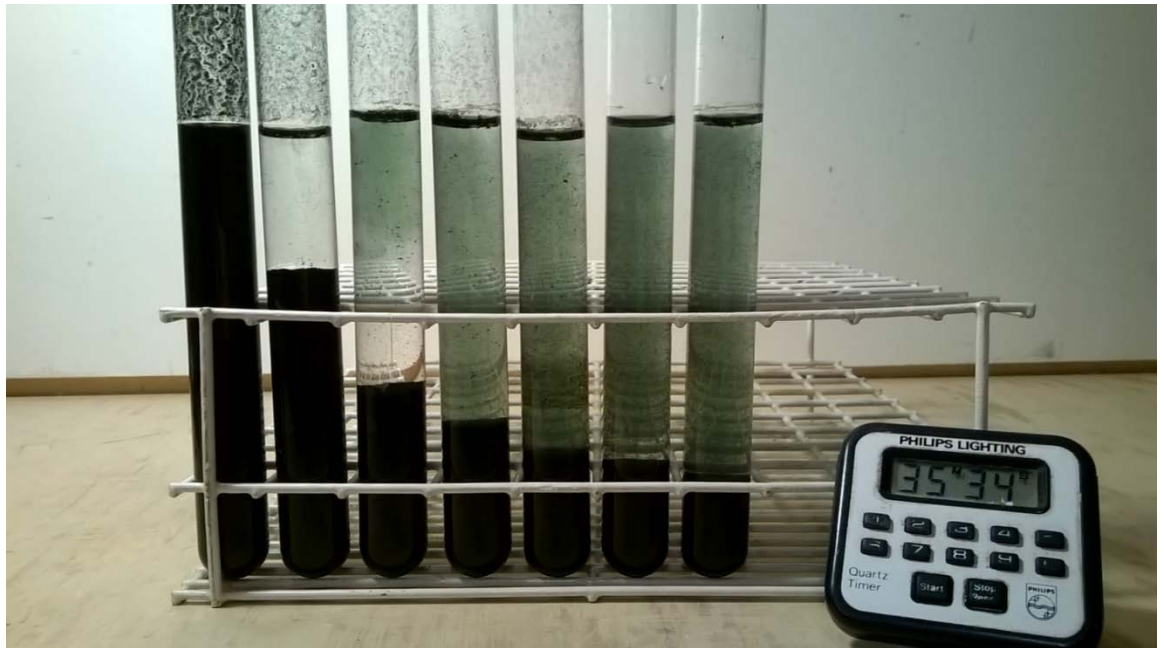
2 TEHDYT KOKEET JA TULOKSET

2.1 Koemateriaali

Hankittiin viherlipeäselkeyttimen alitetta tehtaalta. Tehtaan valinta perustui ensisijaisesti siihen, että juuri siltä tehtaalta oli tehty opinnäytetyö, minkä vuoksi oli olemassa paljon analyysidataa sakasta (2). Lisäksi, kun menetelmänä käytettiin perinteistä viherlipeän selkeytintä, sakka oli verraten konsentroituja, kuiva-ainepitoisuuden ollessa normaalisti noin 25 %.

2.2 Esikokeita

Ennen laitekokeita tehtiin muutamia tunnustelevia kokeita, joissa pyrittiin selvittämään miten viherlipeäsakka käyttäytyy laskeutusta silmälläpitäen. Seitsemään koeputkeen laitettiin sakkalietettä eri laimennoksina, ja seurattiin selkeän kerroksen muodostumista, ks. kuva 4. Ensimmäisessä putkessa oli laimentamaton liete, seuraavissa laimennoksia suhteissa 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 ja 6:1.



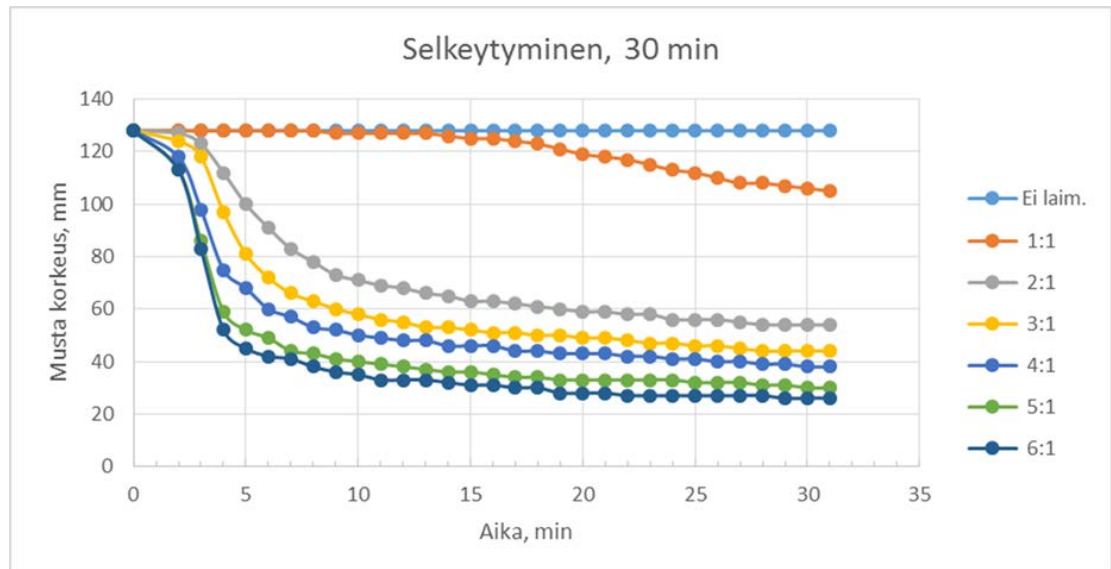
Kuva 4. Laskeutus koeputkissa eri laimennoksina.

Kokeesta kävi varsin selvästi ilmi, että laimentamaton sakka laskeutuu äärimmäisen hitaasti. Kuvassa 5 a - c on esitetty kirkkaan kerroksen korkeus ajan funktiona.

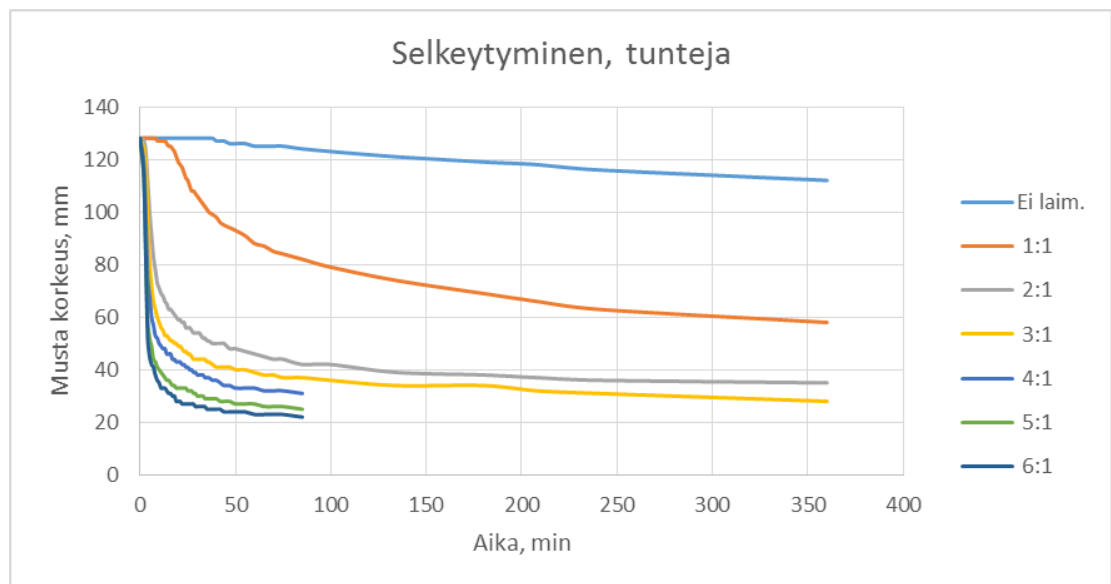
Kuten kuvasta käy ilmi, laimentamaton sakka ei kirkastunut lainkaan puolessa tunnissa. Kaikista käyristä käy alussa ilmi selittämätön viive. Seossuhteessa 1:1 tämä viive oli noin 15 min, minkä jälkeen alkoi näkyä selvä kirkas kerros. Suuremmissa seossuhteissa, eli laimeammissa liuoksissa, viive lyheni ja selkeytyminen nopeutui. Nopean laskuvaiheen jälkeen selkeytymisnopeus tasaantui. Kokeen tuloksena voidaan todeta että sakeus on ratkaiseva tekijä syrjäytyspesun kannalta. Jos käytetään tehtaan alitetta sellaisenaan (25 % ka), se johtaa kestävämpään pitkään käsittelyaikaan. Prosessi on sillä tavalla toteutettuna liian hidas ollakseen käytännössä käyttökelpoinen. Kuvasta 5b käy ilmi, että edes kuuden tunnin jälkeen riittävää kirkastunutta kerrosta ei ole syntynyt. Jotta käyttökelpoinen laskeutusnopeus olisi saavutettavissa, laimennussuhteen on kuvasta päätellen oltava vähintään 3:1, eli kolme osaa vettä ja yksi osa alitetta, tai vielä laimeampi. Vielä suuremmalla

laimennussuhteella saavutetaan hyvin nopea selkeytyminen ensimmäisen viiden minuutin aikana.

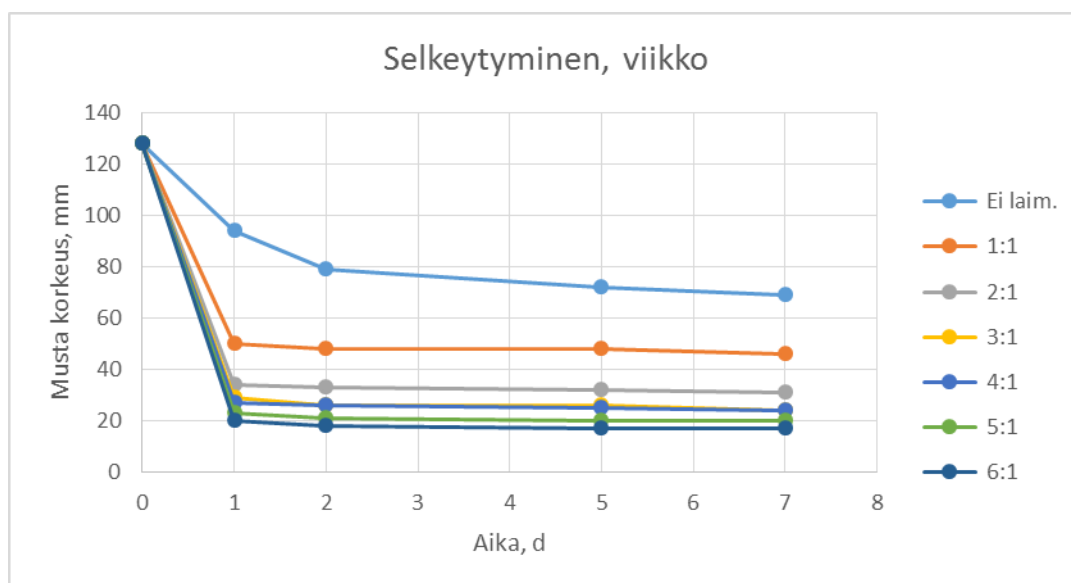
Kuvasta 5c nähdään että laimentamaton alite oli viikon jälkeen vielä muutostilassa, muiden seosten ollessa jo kohtuullisen hyvin stabiloituneet. Koe antoi osviittaa siihen, miten syrjäytyspesuprosessia kannattaa ajaa.



Kuva 5a. Selkeytyminen noin puolesta tunnissa eri laimennussuhteilla.



Kuva 5b. Selkeytyminen pidemmällä aikavälillä, 6 h.



Kuva 5c. Selkeytyminen pitkän ajan kuluessa.

2.3

Kokeet putkilaitteessa

On periaatteessa kaksi eri tapaa toteuttaa syrjäytyspesu. Toisessa tavassa sakka pysyy paikallaan, ja vesifaasi liikkuu sen läpi ylöspäin. Toisessa tavassa koko sakkakerros liikkuu ylöspäin alhaalta syötetyn veden mukana, minkä jälkeen sakka laskeutuu vesifaasin läpi, ja tulee siten pestyksi. Molempia kokeiltiin, mutta todettiin pian että ensimmäinen tapa ei ole toimiva. Vaikka kuinka hitaasti yritettiin syöttää vesi, sakkakerros pöllähti ylös, ja sekoittui veden kanssa. Toinen tapa taas toimi hyvin. Sopivalla vedensyöttönopeudella sakkakerros liikkui tulppana ylös putkessa, ja selvä rajapinta kirkkaan osan ja mustan sakkakerroksen välillä säilyi. Kirkas lipeä saatiin syrjäytettyä ulos putkesta. Jälkimmäinen tapa siten oli käytössä jatkossa.

Periaate, jossa sakka pyritään pitämään paikalla, ja vesi liikkuu sen läpi, on myös sillä tavalla epäedullinen, että vesi pyrkii kanavoitumaan joitakin reittejä pitkin. Silloin kakun muut osat jäävät pesemättä. Käytetyssä tavassa taas sakka hajoa kokonaisuudessaan, ja kun se laskeutuu veden läpi, hiukkaset tulevat yksittäisinä partikkeleina pestyiksi.

Laitteistoa ajettiin siten, että sakkaseosta, ensin seossuhteessa 3:1 ja myöhemmin 4:1, syötettiin syöttösäiliön kautta yhdellä kerralla. Kerta-annos oli 3,6 l, joka oli yhtä kuin yhden putken tilavuus. Joka syötössä yhden putken sisältö siirtyi yhden putken verran eteenpäin (oikealle). Syötön jälkeen sakka-annos sekoittui edellisen putken pesuveden kanssa, ks. kuva 6. Kun liete oli syötetty, annettiin sakan laskeutua putkissa.

Kun sakka oli laskeutunut, syötettiin pesuvettä putkirivin toisesta päästä (kuviissa oikealta). Kuvasarjasta 7a - d käy ilmi lipeän syrjäytyminen. Prosessia ohjattiin ensimmäisen putken mukaan, siten että tämän kirkas kerros nousi ulostuloputkeen saakka, minkä jälkeen veden syöttö katkaistiin. Muiden putkien rajapinnat olivat silloin hieman alempana.

Kuvasarjasta 8a - c käy tarkemmin ilmi miten rajapinta siirtyy ehjänä ylöspäin veden syötön aikana. Veden nousunopeus oli 700 mm/min, mikä vastaa tässä laitteistossa 2,5 l/min.



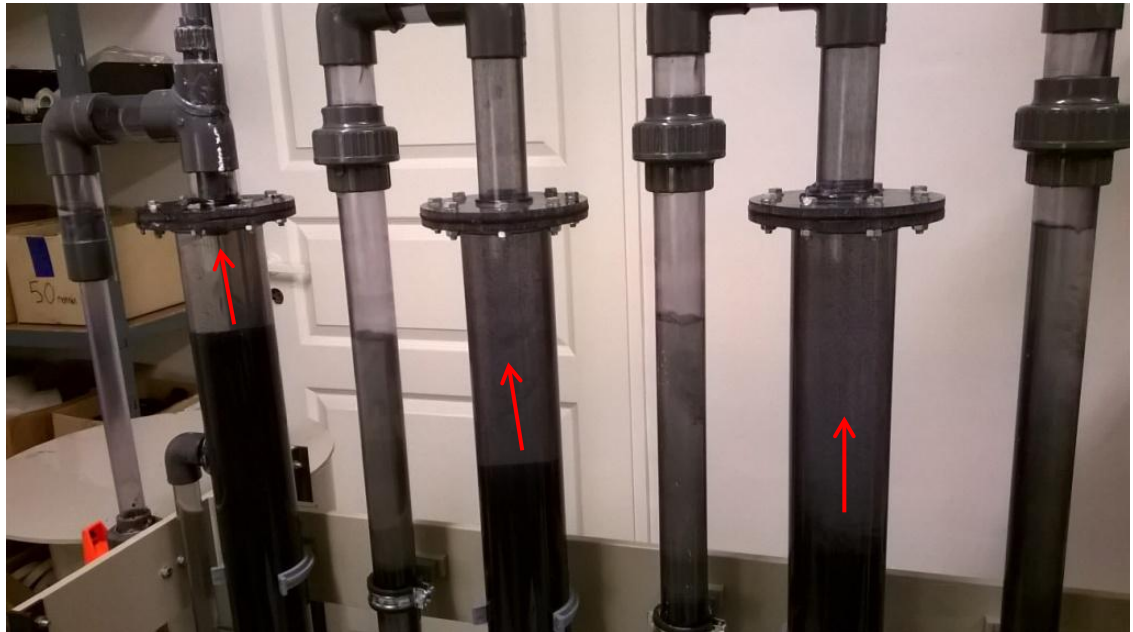
Kuva 6. Tilanne sakkalietteen syötön jälkeen.

Syrjäytys tehtiin aina kun kirkas korkeus oli noin 0,5 m. Jotta veden nettovirtaus kulkisi oikealta vasemmalle, oli tehtävä useampi laskeutus ja syrjäytys joka sakkalietetäyttöä kohti (1 m per täyttö).

Sakkalietteen laimennustarve aiheuttaa sen, että tuotelipeä on laimeampi kuin normaali viherlipeä. Myös edellisistä pesuvaiheista tuleva vesi laimentaa tuotelipeää. Koska jo koeputkikokeessa kävi ilmi, että ratkaisevin tekijä laskeutumisnopeudelle on sakeus, eikä suinkaan kuten odotettua vesifaasin tiheys, olisi mahdollista kierrättää tuotelipeä, ja siten kasvattaa sen konsentraatiota. On kuitenkin kyseenalaista onko siitä hyötyä, sillä lipeä on joka tapauksessa vietävä sulaliuottajaan, ja periaatteessa voidaan yksinkertaisesti ohjata suurempi osa sinne menevistä vesistä syrjäytyspesun kautta.



Kuva 7a. Lipeän syrjäytyminen. Kirkas kerros otetaan ulos putkesta no 1. (nuoli). Kirkastunut pesuvesi putkissa 2 - 4 siirtyy samalla aina seuraavaan putkeen vasemmalle.



Kuva 7b. Lipeän syrjäytyminen. Musta kerros liikkuu ylöspäin kaikissa putkissa.



Kuva 7c. Lipeän syrjäytyminen (nuoli). Rajapinta pysyy selvänä myös muissa putkissa.



Kuva 7d. Syrjäytys pysäytetään kun rajapinta on saavuttanut ulostuloputken suun.

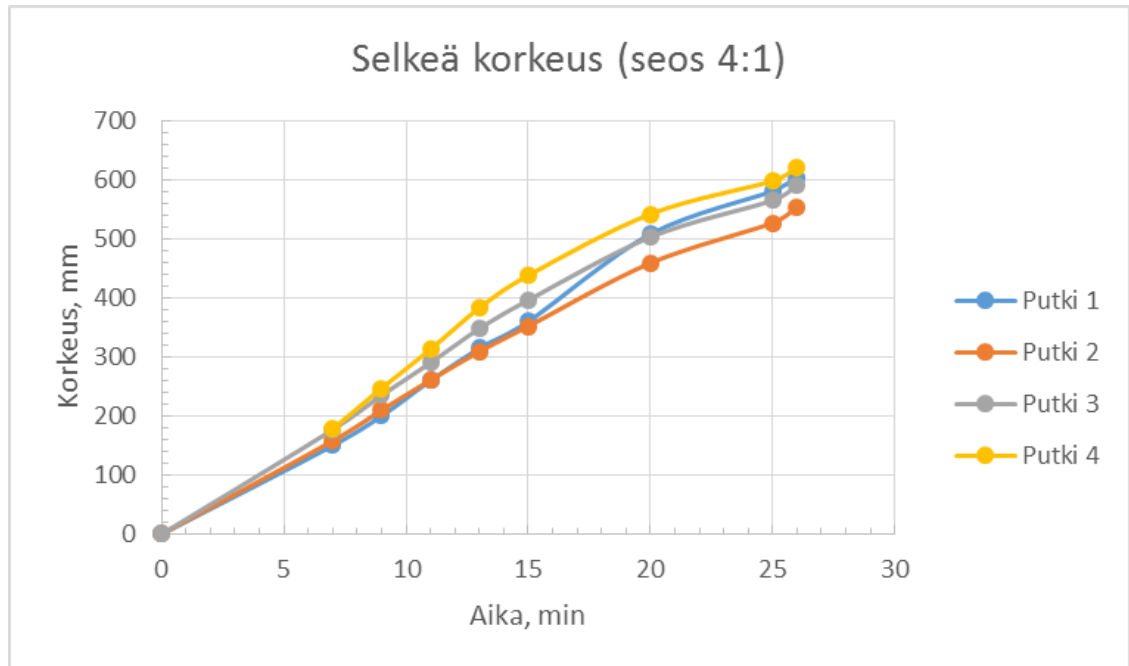


Kuva 8. Lipeän syrjäytys: rajapinta säilyy selvänä ja ehjänä syrjäytyksen edetessä.

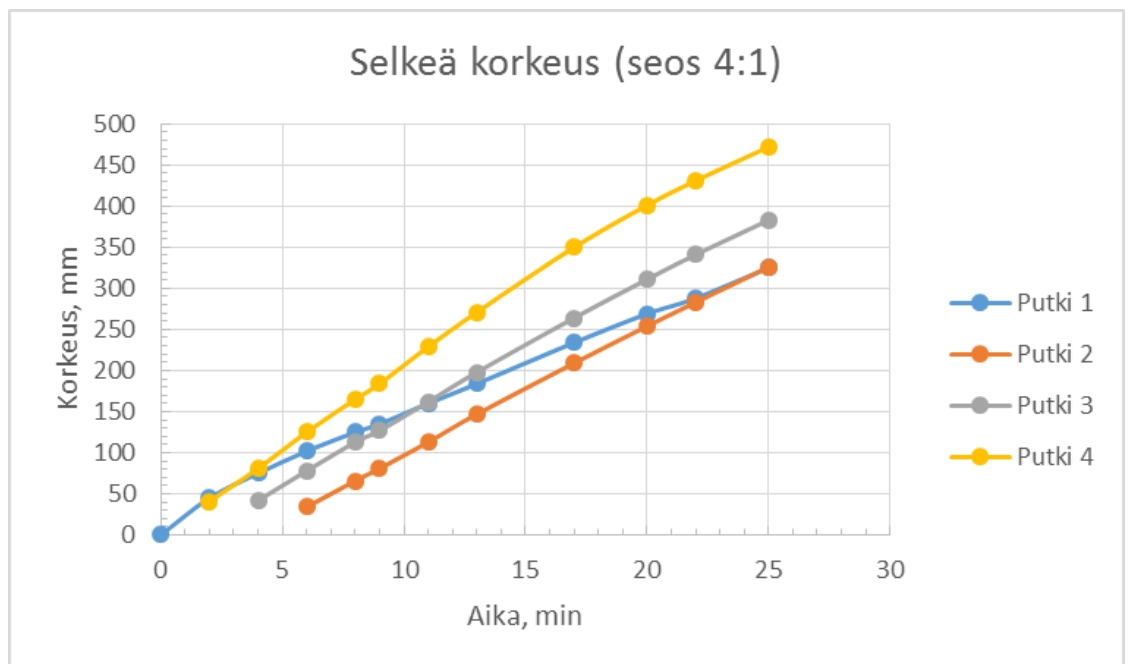
2.4

Selkeytymisaika ja -nopeus

Toimivalle tehdasprosessille on olennaista se, että laskeutussykli pysyy järkevissä aikapuitteissa, eli että prosessin kapasiteetti on riittävä. Siksi haettiin ensin käyttökelpoista seossuhdetta, eli sopivaa laimennosta. Päädyttiin suhteeseen 4:1, eli neljä osaa vettä ja yksi osa sakkalietettä. Mitattiin kirkkaan kerroksen korkeus ajan funktiona. Prosessia ajettiin toistuvasti monta kertaa kunnes se oli saatu stabiiliksi ennen lopullisia mittauksia. Ensimmäisen laskeutuksen aikariippuvuus eri putkissa käy ilmi kuvasta 9. Noin 25 minuutissa saatiin yli 0,5 m kirkas nestekerros.



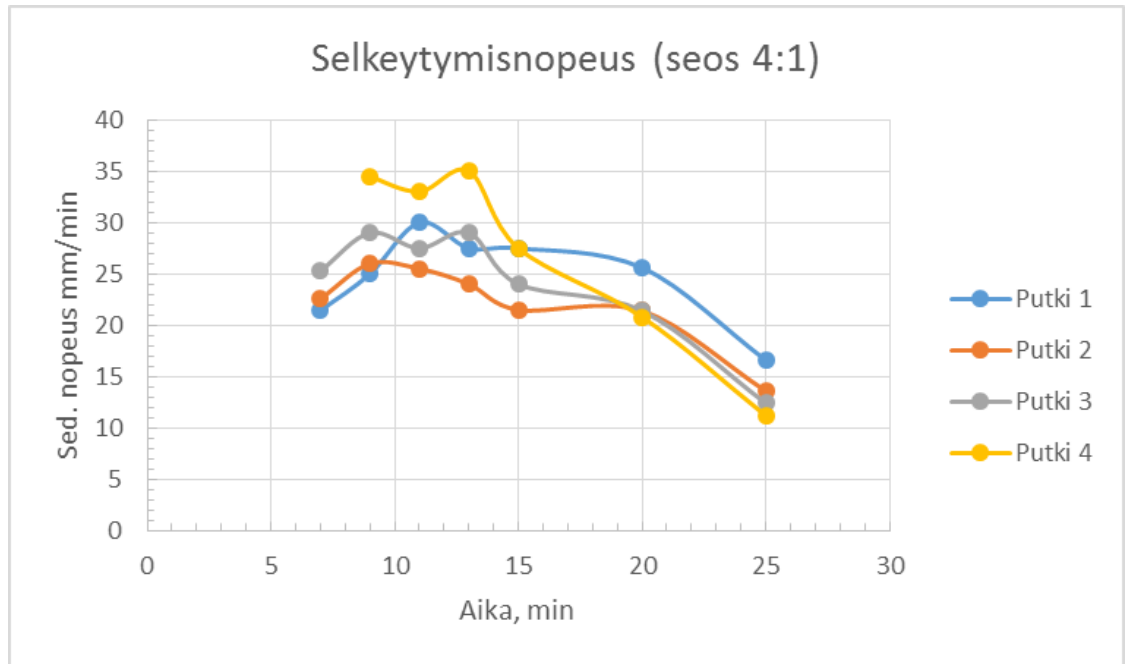
Kuva 9. Ensimmäinen selkeytyminen sakkalietetäytön jälkeen.



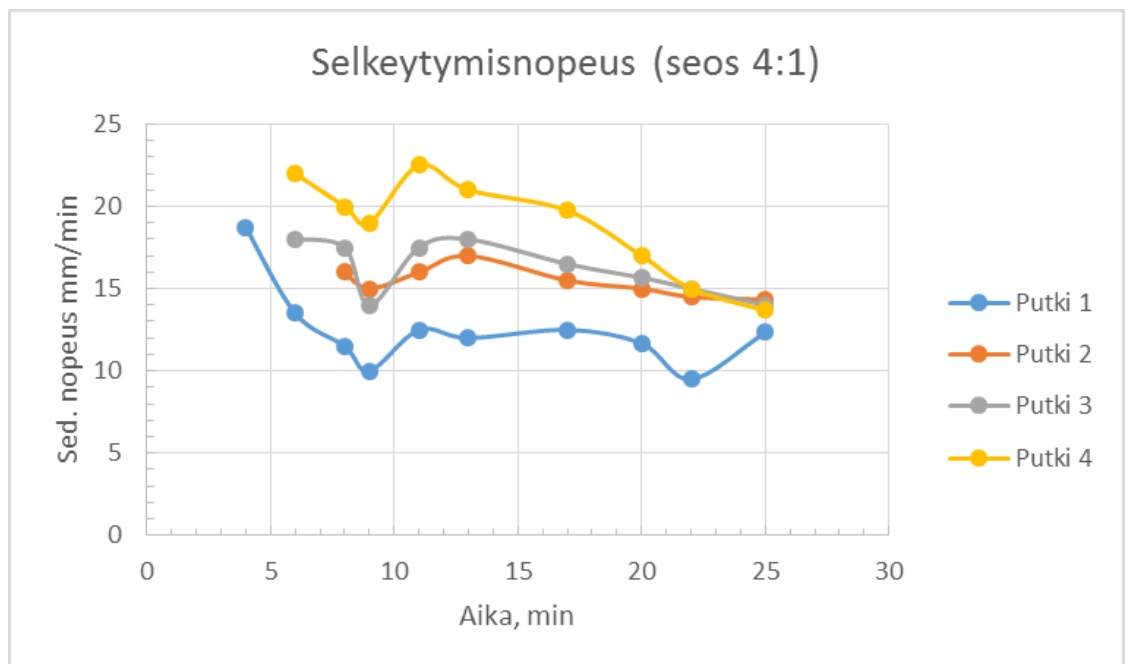
Kuva 10. Toinen selkeytys.

Kuvasta 10 käy ilmi toinen selkeytys. Hieman vaikeaselkoisena ilmiönä todettiin että seuraava laskeutus oli aina hieman hitaampi. Tämä toistui kaikissa putkissa ja kaikissa selkeytyksissä. Ilmiölle ei nähty selitystä, minkä vuoksi tehtiin myöhemmin selkeytyskoe paremmin määritellyissä oloissa, koe on kuvattu tarkemmin myöhempanä.

Selkeytysnopeus on esitetty kuvissa 11 ja 12. Kuten kuvasta käy ilmi, nopeus oli alussa pääasiassa alueella 25 – 30 mm/min, mutta laski loppua kohti. Syynä laskuun on ilmeisesti sakeuden kohoaminen sakkakerroksessa. Mahdollinen tiheyden vaikutus näkyy putkissa 2 – 4, joissa nopeus kohoaa tiheyden järjestyksessä, eli putki 4 on laimein.



Kuva 11. Nopeus ensimmäisessä selkeytyksessä sakkasyötön jälkeen.



Kuva 12. Nopeus toisessa selkeytyksessä syötön jälkeen.

Toisessa laskeutuksessa sakkasyötön jälkeen nopeus jäi alemmalle tasolle. Myös tässä on mahdollisesti tiheyden mukainen järjestys, kuitenkin täytyy ottaa huomioon myös mahdolliset tekniset syyt.

2.5

Selkeytyskoe määritellyissä oloissa

Yllä kuvattu koe putkilaitteistossa suuntautui prosessin toimivuuden selvittämiseen. Ollessaan jatkuvakäyttöinen (lukuun ottamatta syklin eri vaiheet), kuten tehdasprosessi, siihen vaikuttavat tekniset seikat, kuten paikallinen sakeus ja tiheys, syöttökohdan korkeus ym. Todellinen selkeytysnopeus, ns. luonnontieteellisessä mielessä, ei tule yksiselitteisesti esille kyseisessä laitteistossa. Se seikka, että nopeus oli suurempi ensimmäisessä

selkeytyksessä, oli hämmentävä. Avoimeksi kysymykseksi jäi myös selkeytysnopeus kun putken korkeus lähestyy tehdassovellusta, eli useampi metri. Todellisen selkeytymisnopeuden selvittämiseksi tehtiin koe, jossa sakan annettiin laskeutua tarkoin määritellyissä oloissa eri korkeuksissa. Tätä tarkoitusta varten tehtiin 2 m korkea ”mittalasi”, jonka sisähalkaisija oli kuten aikaisemmassa kokeessa 67,2 mm. Kuvassa 13 on valokuva mittalasista.

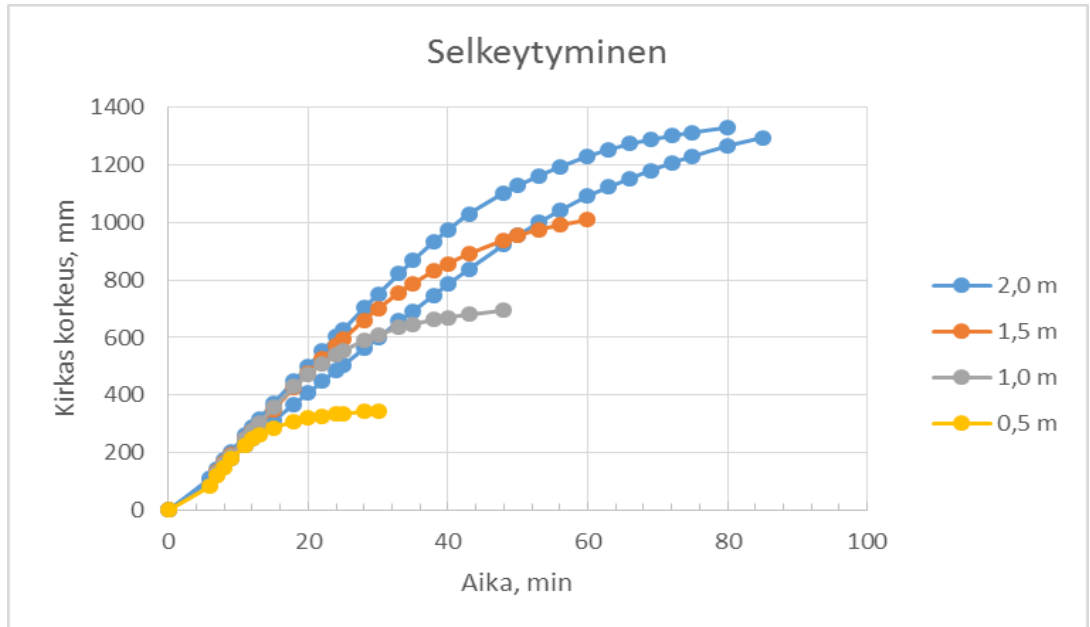
Kokeessa putki täytettiin eri korkeuksiin sakkalietteellä seossuhteessa 4:1. Korkeudet olivat 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m ja 2,0 m. Kirkas korkeus mitattiin ajan funktiona. Tulokset on esitetty kuvassa 14 selkeän kerroksen korkeutena ja kuvassa 15 selkeytymisnopeutena.

Korkeus 2 m, mitattiin kaksi kertaa, ensimmäisenä ja viimeisenä. Syynä oli se, että kun mitattiin muut korkeudet, havaittiin että niissä oli suurempi alkuvaiheen nopeus. Uusi mittaus antoi myös 2,0 m korkeudelle nopeampi selkeytyminen. On mahdollista että syynä tähän on se, että jotkin pienet hiukkaset liukenivat.

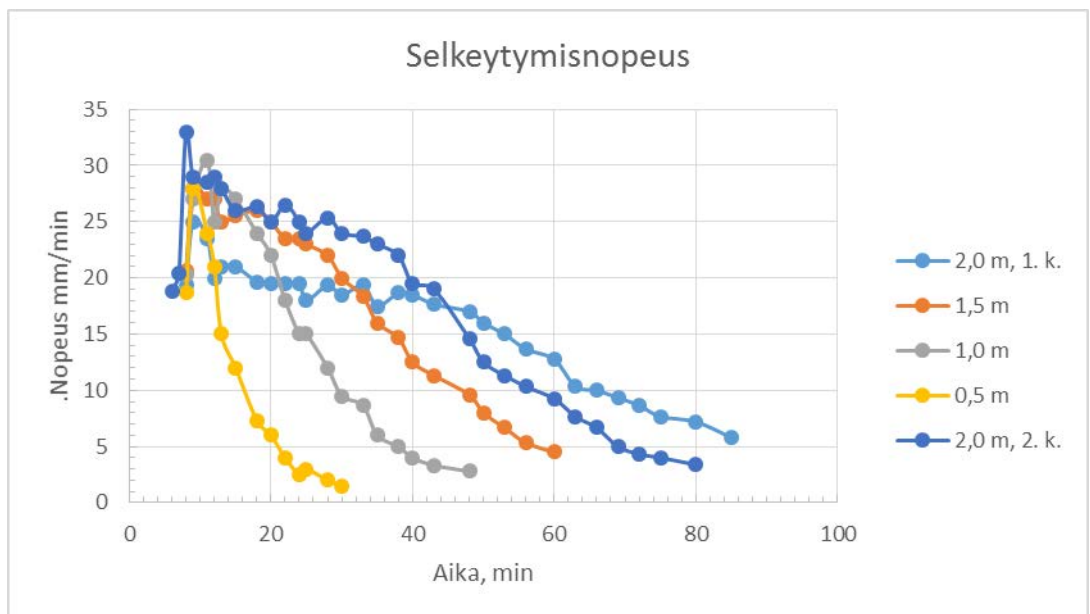
Paremmiin määritellyissä oloissa saatiin erilaisia tuloksia kuin putkirivilaitteistossa, jossa ilmeisesti vaikuttivat myös muut seikat kuin pelkkä laskeutuminen.



Kuva 13. 2 m korkea ”mittalasi”.



Kuva 14. Selkeän kerroksen korkeus.



Kuva 15. Selkeytymisnopeus.

Kuvasta 14 nähdään että selkeytyminen hidastui jonkin ajan kuluttua. Mitä matalampi kokonaiskorkeus, sitä aikaisemmin hidastuminen alkoi. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että sakeus sakkakerroksessa, eli ns. mustassa kerroksessa, kohosi nopeammin. Korkeudessa 0,5 m sakeus on kaksinkertaistunut kun on muodostunut 25 cm kirkas kerros. Korkeudessa 2 m sen sijaan sakeus on kohonnut vain 8 % kun sama kirkas korkeus on saavutettu.

Ilmiö näkyy selvästi kuvassa 15. Alkunopeus on sama kaikissa korkeuksissa (ensimmäistä 2 m mittausta lukuun ottamatta), mutta mitä matalampi pylväs, sitä aikaisemmin se laskee. Teollisessa prosessissa olisi ilmeisesti tarkoituksenmukaista käyttää korkeata pylvästä, ja käyttää vain ylintä kerrosta kirkastamiseen. Silloin voidaan ylläpitää hyvä nopeus kauemmin. Jos korkeus on 2 m, käyttökelpoinen aika olisi kuvasta päätellen 30 – 40 min.

Syrjäytyspesun ensisijainen tarkoitus on vähentää kaatopaikalle menevän viherlipeäsakan määrää. Tämän arvioimiseksi tehtiin joitakin keskeisiä määrittäviä lähtöaineista ja lopputuotteista. Tämän hankkeen puitteissa ei ollut mahdollista tehdä kattavia analyysejä. Tulokset on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Analyysitulokset

Nro	Näyte	Ca g/kg	Na g/kg	Kuiva-aine %	TTA NaOH g/l	Tiheys g/cm ³
1	Sakka precoat-suotimelta	145	3,80	30,23		
2	Sakkaliete (selkeyttimen alite)	4,0	98,0	23,59	157*	1,1998
3	Lipeätuote syrjäytyspesusta				27,2	1,034
4	Syrjäytyspesty sakka		16,0	6,03		
5	Pestyn sakan vesifaasi		0,3		0,48	0,9996

*) liuosfaasissa (lipeässä)

Analyysituloksien mukaan käsittelemättömän sakkalietteen eli tehtaan selkeyttimen alitteen kalsiumpitoisuus on hyvin paljon pienempi kuin precoat-suotimesta otetussa käsitellyssä viherlipeäsakassa. Natriumsuolojen pitoisuudet ovat luonnollisesti suuret, kun suurin osa aineesta on viherlipeää.

Tuloksissa erityisen merkittävä seikka on se, että natriumsuolojen pitoisuudet syrjäytyspestyn sakan vesifaasissa on niin pieni. Pesu onnistuu siten hyvin putkijärjestelmässä. Koska lipeä liikkuu laitteessa tulppana vastavirtaan, muodostuu pitoisuusgradientti putken pituussuunnassa, ja tällä tavalla saadaan tehokkaampi pesu kuin mixer–settler -periaatteella. Pesusuhde tuotelipeän ja pestyn sakan vesifaasin välillä on TTA-arvojen perusteella 0,48/27,2 eli 1,8 %.

Syrjäytyspestyssä sakassa on edelleen natriumia, huolimatta siitä, että sakkaa ympäröivässä vesifaasissa natriumpitoisuus on hyvin alhainen. Tämä viittaa siihen, että natrium on sidottuna johonkin kiinteään faasiin, kuten pirsoniittiin.

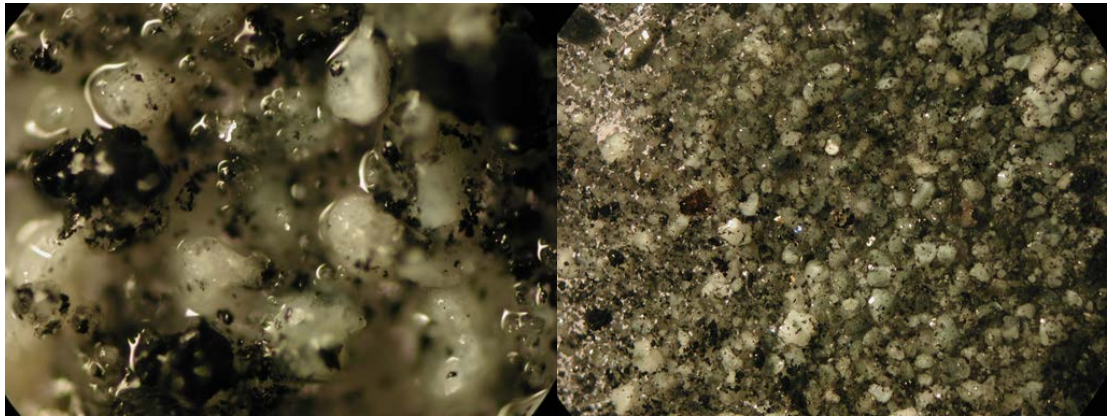
3.1

Happoliuotus

Vaikka syrjäytyspesu sellaisenaan vähentää kaatopaikkajätteen määrää, sen tarkoitus on myös muodostaa hyvä lähtökohta jatkokäsittelylle, millä sakka lopullisesti työstetään hyötyaineiksi ja mahdollisimman pieneen ja harmittomaan virtaan. Mahdollisia käsittelyjä ovat ainakin vaahdotus ja happokäsittely. Vaahdotusta on tutkittu aikaisemmin (2). Tässä työssä tehtiin pienehkö tunnusteleva koe happokäsittelyllä.

Kokeessa käsiteltiin pientä määrää syrjäytyspesulaitteella tuotettua sakkaa noin 5 % rikkihapolla. Hapotuksesta jää karkeata materiaalia, joka voidaan mekaanisesti erottaa muusta sakasta. Kuvissa 16 a ja b on valokuvia erotetusta karkeasta aineksesta. Karkean materiaalin koostumusta ei tutkittu tämän työn puitteissa. Ulkonäöstä on vaikeaa päätellä, ovatko hiukkaset muodostuneet happoliuotuksessa vai jo ennen sitä.

Hapotuksessa kehittyy rikkivetyä, mikä luonnollisesti olisi huomioitava tehdasprosessissa.



Kuva 16a-b. Huuhtomalla erotettu karkea aines. Suurennos a 20 x ja b 100 x.

Vastoin odotuksia happokäsittely ei pienentänyt sakan määrää. Tämä saattoi johtua siitä, että kuiva-aineen määrittämisessä tapahtui hapettumista, mikä lisää aineen painoa, tai siitä, että muodostuneen kalsiumsulfaatin moolipaino on suurempi kuin kalsiumkarbonaatin tai kalsiumhydroksidin. Karkeita hiukkasia oli vain 3–4 % kuiva-aineesta. Kalsiumpitoisuus oli taulukossa 1 esitetyissä analyysituloksissa hyvin pieni, mikä viittaa siihen, että kalsiumkarbonaatin ja kalsiumhydroksidin liuottamiseen ei kulu kovin paljon happoa, eikä synny paljoakaan kalsiumsulfaattia. Haponkulutus liittyy siksi ilmeisesti suurelta osin natriumkarbonaatin hajottamiseen, mikä vuorostaan riippuu pesun tehokkuudesta syrjäytysprosessissa.

3.2 Vaikutus kaatopaikkajätteen määrään

Syrjäytyspesusta hyötyisivät erityisesti ne tehtaat, joilla on nyt sakan pesussa/käsittelyssä perinteinen rumpusuodin, jossa käytetään precoat -meesaa. Syrjäytysprosessin vaikutuksen laskeminen kaatopaikalle menevän viherlipeäsakamäärään on haasteellinen, varsinkin jos se halutaan tehdä tarkasti. Vaikeutena on erityisesti selkeyttimen alitteen ja nykyisen pre-coat-suodatetun sakan suhteuttaminen toisiinsa. Alite koostuu suurelta osin natriumsuoloista, jotka pestään pois pre-coat-suotimessa, mutta taseen laskeminen vaatisi analyyseja ja mittauksia suodoksesta tehtaalla. Kalsiumkarbonaattia tulee sekä soodakattilasta että meesasta, ja lisää vaikeutta syntyy siitä, että kalsium on selkeyttimen alitteessa osittain hydroksidina eikä karbonaattina (2). Yksi keino on laskea suhde hiilen perusteella, eli ei-karbonaattisen hiilen avulla. Palamaton hiili tulee lähes yksinomaan soodakattilasta, eikä käytännössä lainkaan meesauunista. Kun laskelma tehdään hiilivirran perusteella, päädytään aikaisempien analyysituloksien avulla (2) siihen, että pre-coat meesan osuus sakasta oli noin 59 % ja alkuperäisen viherlipeäsakan osuus noin 41 %. Tämä on paras arvio mikä pystyttiin tekemään käytettävissä olevan analyysitiedon perusteella. Laskelma on täysin riippuvainen hiilimäärittelyn tarkkuudesta.

Vaikutus kaatopaikkajätteen määrään on laskelmien perusteella kyseisessä tehtaassa siis noin 59 %. Tämän lisäksi jotkin komponentit voivat liueta syrjäytyspesun aikana, mikä vielä vähentää jätteen määrää. Tätä oli kuitenkin vaikeaa selvittää tarkasti. Tehtaan jätemäärä markäpainona ilmoitettiin olevan 11800 tonnia per vuosi, ja kuiva-aineena 5900 tonnia. Arvion mukaan tämä vähenisi 2400 tonniin. Huomioitavaa on tietenkin, että syrjäytyspesusta ulos tuleva pesty sakka on edelleen hyvin märkää. On arvioitava, voidaanko se läjittää sellaisenaan, vai onko se sakeutettava edelleen, kuivattava tai kuten yllä mainittu vietävä jonkinlaiseen jatkokäsittelyyn.

3.3 Arvioita tehdasmittakaavan laitteistosta

Joitakin arvioita siitä, miltä tehdasmittakaavan laitteisto näyttäisi, on mahdollista tehdä, joskin hyvin karkeasti.

Putkien kokoa lienee mahdollista kasvattaa. Etuna on se, että laitteisto ei vaadi niin monta putkea saavuttaakseen kapasiteetin, joka on tehtaalla riittävä. Jos veden syöttö pohjassa järjestetään siten, että se tapahtuu tasaisesti koko putken poikkipinta-alalla, voi olla että rajapinta saadaan nousemaan ehjänä melko isossakin putkessa, voidaan ajatella esim. 0,5 m tai jopa enemmän. Myös putken korkeuden lisääminen lienee edullista tasaisen ja turbulenssivapaan nousun aikaansaamiseksi.

Täyden mittakaavan laitteiston olisi pystyttävä käsittelemään noin 30 t/d selkeyttimen alitetta kuivaksi laskettuna. Märkäpainona tämä olisi noin 120 t. Nopean selkeyttymisen aikaansaamiseksi alite (25 % k.a.) olisi laimennettava suhteessa 4:1, eli yksi osa alitetta ja neljä osaa vettä tai kierrätettävää lipeää. Vuorokautinen prosessoitava määrä olisi noin 600 tonnia. Yksi selkeytyssykli kestäisi noin 2 h, joten vuorokaudessa olisi tehtävä 12 sykliä. Yhden syklin painomäärä olisi n. 50 tonnia, ja tiheys huomioiden noin 42 m³. Jos putken halkaisija olisi 0,5 m ja korkeus 5 m, ja pesuvaiheita olisi neljä, tarvittaisiin noin 200 putkea. Pinta-alaltaan tämä olisi noin 5 x 10 m. Tämän lisäksi tarvitaan syöttösäiliö ja tuotesäiliö, joiden ei kuitenkaan tarvitsisi olla kovin isoja.

Jos alitteen kuiva-ainepitoisuus on pienempi kuin 25 %, se ei olennaisesti muuta tilannetta, sillä laimennustarve on silloin vastaavasti pienempi.

Yhtenä syrjäytysesun etuna olisi se, että laitteistossa ei ole liikkuvia osia, pumppuja ja venttiilejä lukuun ottamatta. Laitteisto on myös teknisesti äärimmäisen yksinkertainen.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että syrjäytysesu on toimiva menetelmä. Menetelmällä voidaan pestä viherlipeäsakka siten, että natriumsuolat saadaan talteen, ja liukenemattomat aineet saadaan ulos siten, että niiden määrä on merkittävästi pienempi kuin pre-coat-suotimella. Menetelmä luo myös hyvän lähtökohdan mahdolliselle jatkokäsittelylle, kuten happoliuotukselle tai vaahdotukselle.

Merkittävin tekijä selkeytyksessä on sakeus, eitiheys kuten oletettiin ennen kokeita. Tästä seuraa se, että on edullista käyttää verraten korkeita putkia, ja käyttää selkeytykseen vain ylintä osaa. Tällöin sakkakerroksen sakeus ei kasva yhtä nopeasti, ja laskeutumisnopeus pysyy kauemmin suurena.

Tarkkoja laskelmia kaatopaikalle menevän jätteen määrän vähenemisestä on hyvin vaikeaa tehdä. Tämänhetkisten laskelmien mukaan kyseisessä tehtaassa olisi mahdollista vähentää sakan määrää lähes 60 %. Lisäksi jäljellä olevaa virtaa on mahdollista käsitellä edelleen pidemmälle, mutta siihen on kehitettävä uusia prosesseja.

Laitteisto olisi teknisesti yksinkertainen ja siinä olisi hyvän vähän liikkuvia osia. Myös tilankäyttö pysyisi kohtuullisissa rajoissa.

4.1 Jatkotutkimustarpeita

Esillä olevassa hankkeessa keskityttiin prosessin toimivuuden selvittämiseen, eikä kattavia kemiallisia analyyseja ollut mahdollista tehdä. Mahdollisessa jatkohankkeessa olisi keskeyttävä prosessin kemiaan ja tutkittava erityisesti raskasmetallien käyttäytymistä.

Raskasmetallit ym. hivenaineet esiintyvät sulfideina, oksideina, karbonaatteina ja hydroksideina sekä kiinteinä liuoksina muissa mineraaleissa. On todennäköistä että eri yhdistetyypit esiintyvät erikokoisina partikkeleina, ja että eri raskasmetallit siksi liittyvät tiettyihin hiukkaskokoihin. Tämä saattaa tarjota mahdollisuuden erottaa ne toisistaan. Myös happoliuotus antaa mahdollisuuden liuottaa karbonaatteihin sidotut metallit.

Mineraalikoostumusta syrjäytyspesun jälkeen olisi hyvä selvittää. Muun muassa pirssoniitin hajoaminen, jossa muodostuu liuennutta natriumkarbonaattia ja kiinteää kalsiumkarbonaattia, jäi tässä työssä selvittämättä.

VIITTEET

1. Nieminen, M. Suomen Soodakattilayhdistys, henkilökohtainen tiedonanto (2015).
2. Bredenberg, M. Waste to product – improving the utilization potential of green liquor dregs by using froth flotation, Master thesis, Aalto University School of Chemical Technology, 2014.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY RAPORTTISARJA

- 1/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 29.1.2015, esitelmät
Hotelli Cumulus, Rauma, Metsä Fibre Oy, Rauman tehdas
(16A0913-E0154) 29.1.2015
- 2/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Aktiivihiihden mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion
varmistaminen
(16A0913-E0155) 29.1.2015
- 3/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan käynnistys-, pysäytys- ja häiriöjaksojen määrittely
(16A0913-E0156) 14.4.2015
- 4/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion
Markus Engblom ja Nikolai DeMartini, Åbo Akademi
(16A0913-E0157) 14.4.2015
- 5/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Understanding Low Temperature Corrosion in Black Liquor Combustion
Niklas Vähä-Savo, Emil Vainio, Nikolai DeMartini, Patrik Yrjas & Mikko Hupa
Åbo Akademi
(16A0913-E0158) 14.4.2015
- 6/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2014
(16A0913-E0159) 23.4.2015
- 7/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 23.4.2015, Top Lounges, Helsinki
(16A0913-E0160) 23.4.2015
- 8/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Ääninuohouksen mahdollisuudet soodakattiloilla
Santeri Peltola, Tampereen teknillinen yliopisto
(16A0913-E0161) 19.10.2015
- 9/2015 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 29.10.2015
Sokos hotelli Flamingo, Vantaa
(16A0913-E0162) 29.10.2015

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Syöttövesipumppujen optimaalinen valinta
Optimal design of boiler feed water pumping system
Esa Vakkilainen ja Bahnam Zakri , Lappeenrannan teknillinen yliopisto
(16A0913-E0163) 13.1.2016
- 2/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Understanding Low Temperature Corrosion in Black Liquor Combustion, Phase 2
Nikolai DeMartini, Henri Holmblad, Emil Vainio, Patrik Yrjas ja Leena Hupa, Åbo Akademi
(16A0913-E0164) 13.1.2016
- 3/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion, Phase 2
Markus Engblom ja Nikolai DeMartini, Åbo Akademi
(16A0913-E0165) 13.1.2016
- 4/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 28.1.2016, esitelmät
Sokos hotelli Koli, Lieksa, Stora Enso Oyj, Enocellin tehdas
(16A0913-E0166) 28.1.2016
- 5/2016 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Viherlipeäsakan syrjäytyspesu
Kurt Sirén, Oy Sirra Ab
28.1.2016
(16A0913-E0167)