

---

RKTL:n työraportteja 28/2013

# Vähäarvoisen kalamateriaalin jalostus lisäarvotuotteiksi – liiketoimintanäkymät

Jouni Vielma, Jari Setälä, Susanna Airaksinen, Markus Kankainen, Ville Tarkki,  
Jukka Kaitaranta, Anne Norström ja Juha Nurmio

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki  
2013

---



Toinen, korjattu painos.



Julkaisija:  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Helsinki 2013

ISBN 978-952-303-110-4 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkkajulkaisu)

RKTL 2013

# Kuvailulehti

<b>Tekijät</b> Jouni Vielma, Jari Setälä, Susanna Airaksinen, Markus Kankainen, Ville Tarkki, Jukka Kaitaranta, Anne Norström ja Juha Nurmio			
<b>Nimeke</b> Vähäarvoisen kalamateriaalin jalostus lisäarvotuotteiksi – liiketoimintanäkymät			
<b>Vuosi</b> 2013	<b>Sivumäärä</b> 62	<b>ISBN</b> 978-952-303-110-4	<b>ISSN</b> ISSN 1799-4756 (PDF)
<b>Yksikkö/tutkimusohjelma</b> Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut			
<b>Hyväksynyt</b> Yksikönjohtaja Riitta Rahkonen			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Kalasta valmistettuihin lisäarvotuotteisiin kohdistuu suuria odotuksia. Tässä hankkeessa arvioitiin lisäarvotuotteiden valmistusmahdollisuuksia Suomessa. Raportissa kartoitettiin kotimaassa syntyviä kalasivuvirtoja ja arvioitiin teknologisia ja taloudellisia mahdollisuuksia jatkojalostaa niitä. Tulosten perusteella nykyiset toimintamallit ovat kannattavia, mutta erityisesti lohikalojen jalostusteollisuuden sivuvirtojen arvoa voidaan lisätä talteenottamalla rasvaisista fileointijäännöksistä kalaöljyä. Tästä tulisi tehdä käytännön jatkotutkimusta yhteistyössä teollisuuden kanssa. Myös fosforin ja kalsiumin erottamista kalan ruodoista tulisi selvittää. Hanke on rahoitettu Tekesin Biorefine-ohjelmasta ja toteuttamiseen on RKTL:n lisäksi osallistunut Turun ammattikorkeakoulu, Biovakka Suomi Oy ja Sybimar Oy.</p>			
<b>Asiasanat</b> kalatalous, sivuvirta, poistokala, särkikala, kirjolohi, lisäarvo, kalaproteiini, kalaöljy, bioenergia			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/lisaarvotuotteet_liiketoimintanakymat.pdf">http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/lisaarvotuotteet_liiketoimintanakymat.pdf</a>			
<b>Yhteydenotot</b> Susanna Airaksinen, susanna.airaksinen@rktl.fi			
<b>Muita tietoja</b> Toinen, korjattu painos			

# Sisällys

<b>Kuvailulehti</b>	<b>3</b>
<b>Esipuhe</b>	<b>6</b>
<b>1. Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2. Kalamateriaalin sijoittuminen ja määrät Suomessa</b>	<b>7</b>
2.1. Vähäarvoinen kala	7
2.2. Kalanjalostuslaitosten sivuvirrat	12
2.3. Kalankasvatuslaitosten sivuvirrat	16
<b>3. Kalan säilöntämenetelmiä</b>	<b>18</b>
3.1. Kalan pakastaminen	18
3.2. Kuivaus kalajauhoksi	19
3.3. Hapossäilöntä	23
3.4. Emässäilöntä	24
<b>4. Kalan prosessointi jakeisiin</b>	<b>25</b>
4.1. Jakeiden valmistus mekaanisilla menetelmillä	25
4.2. Jakeiden valmistus kemiallisilla ja entsyymaattisilla menetelmillä	26
4.3. Pilkkottujen proteiinien eristäminen	29
4.4. Hapotetun kalan proteiinin jatkojalostus	29
<b>5. Kalan käsittely energiaksi ja lannoitevalmisteiksi</b>	<b>31</b>
5.1. Biodieselin valmistus	31
5.2. Biokaasun tuotanto	31
5.2.1. Hapotettu kala yhteismädätyksessä	32
5.2.2. Hapotetun kalan ja jalostuksen sivuvirtojen kaasuntuottopotentiaali	33
5.3. Lannoitevalmisteiden tuotanto	33
<b>6. Sivuvirtojen liiketoimintamallit ja kannattavuus</b>	<b>34</b>
6.1. Lisäarvotuotteiden jalostuksen kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä	34
6.2. Kalasivuvirtojen käsittelyn nykyinen kannattavuus	35
6.2.1. Lohikalojen fileoinnissa syntyvät sivuvirrat	35
6.2.2. Poistokalan hyödyntäminen	39
6.2.3. Silakan fileointijäännös	40
6.2.4. Kasvatetun kalan perkuujäte	40
6.3. Vaihtoehtoiset liiketoimintamallit, kannattavuus ja arvo	42
6.3.1. Proteiinin erottelu poistokalasta	42
6.3.2. Lohikalojen fileointijäännöksestä korkealuokkaista elintarvikeöljyä ja proteiinia	43
<b>7. Johtopäätökset</b>	<b>45</b>
<b>Kirjallisuus</b>	<b>48</b>

<b>Liitteet</b>	<b>50</b>
<b>Liite 1. Sivuvirran osuus kalatuotteissa</b>	<b>50</b>
<b>Liite 2 Talouslaskennan oletukset</b>	<b>51</b>
<b>Liite 3 Matkakertomus</b>	<b>53</b>

## Esipuhe

Tämä työraportti on Vähäärvoisten kalamassojen hyödyntäminen elintarvike-, rehu- ja bioenergiatuotantoon – hankkeen loppuraportti. Hankkeessa selvitettiin vajaasti hyödynnettyjen kalojen ja kalateollisuuden sivutuotteiden hyödyntämistä elintarvike-, rehu-, lannoite- ja energiakäyttöön. Kokonaisuuteen kuului raaka-ainevirtojen kartoittamista, lisäarvotuotteiden erottamista ja puhdistamista kalamassasta, sekä biokaasutuotannon mahdollisuuksien arviointia tavoitteena ns. ”nollajätetekijun” muodostaminen. Tulosten perusteella laadittiin arvoketjun kannattavuutta arvioivia malleja sekä suuntaviivat hyödynnettävän mallin jatkotestaamiseksi ja soveltamiseksi teolliseen tuotantoon. Tavoitteena on, että Suomeen syntyisi uutta poistokalastuksen saaliiseen ja kalateollisuuden sivuvirtoihin perustuvaa kannattavaa liiketoimintaa.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) koordinoima työ toteutettiin osana Tekesin Biorefine-ohjelmaa aikavälillä 1.6.2011-31.12.2013 yhteistyössä Turun ammattikorkeakoulun (Bioalat ja liiketalous – yksikkö), Sybimar Oy:n ja Biovakka Suomi Oy:n kanssa.

## 1. Johdanto

Vesistöjen rehevöityminen ja ilmaston lämpeneminen ovat sekä Itämeren rannikolla että sisävesissä johtaneet särkikalojen runsastumiseen. Särkikaloilla ei ole enää kymmeneen vuosiin ollut merkittäviä markkinoita kotimaassa. Särkikalojen runsastumisen myötä niiden saalis on lisääntynyt ja nostaa ammattikalastuksen kustannuksia. Etelä-Suomen rannikolla särkikalojen osuus on jo puolet rannikkokalastajien saaliista. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) koordinoimassa pilottihankkeessa tutkittiin edellytyksiä laajamittaisen poistokalastusjärjestelmän toteuttamiseksi (Setälä ym. 2012). Pilottihankkeen perusteella särkikalojen biomassaa on rannikolla hyvin paljon ja kalastajat olivat yhteiskunnan tukemana valmiita ottamaan talteen muun pyynnin sivusaaliina saatavan särkikalan ja myös kohdistamaan pyyntiä entistä enemmän särkikaloihin. Pynnin avulla rannikkovesistä poistetaan kalaan ravintoketjun kautta sitoutunutta fosforia ja typpeä (Mäkinen ym. 2008).

Pilottihankkeessa pyydetyille särkikaloille alkoi löytyä kaupallisia markkinoita. Suuremmat kalat voitiin viedä tuoreena tai pakastettuna Baltian maihin elintarvikkeeksi. Pienempi kala sopi turkiseläinten rehujen raaka-aineeksi. Pilottihankkeesta saatujen myönteisten kokemusten perusteella eduskunta myönsi poistokalastusta varten varoja. Sen avulla perustettiin poistokalastusjärjestelmä, johon hyväksytyt ammattikalastajat poistavat ravinteita rehevistä rannikkovesistä.

Maailmalla tutkitaan intensiivisesti kalankasvatuksen ja kalanjalostusteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä lisäarvotuotteina. Suomessa kalateollisuuden sivuvirrat on perinteisesti toimitettu turkiseläinten rehujen raaka-aineeksi ja lisäarvotuotteiden tutkimus on ollut vähäistä. Osasta kalankasvatuksen rasvaisia perkuujäännöksiä on tosin viimeisen kymmenen vuoden aikana otettu bioöljyjä talteen ja osasta on tehty biodieselä.

Kalan kysyntä on Suomessa kasvanut. Kasvu kohdistuu ensisijaisesti tuotuihin lohikaloihin, joiden jalostus keskittyy muutamaaan isoon kalateollisuuden laitokseen. Näissä kalanjalostusyriyksissä sivuvirrat kasvavat ja saattavat antaa mahdollisuuden sivuvirtojen taloudelliseen hyödyntämiseen. Myös poistokalastusjärjestelmä synnyttää kalatalouteen uutta raaka-ainevirtaa, jonka taloudellisesti

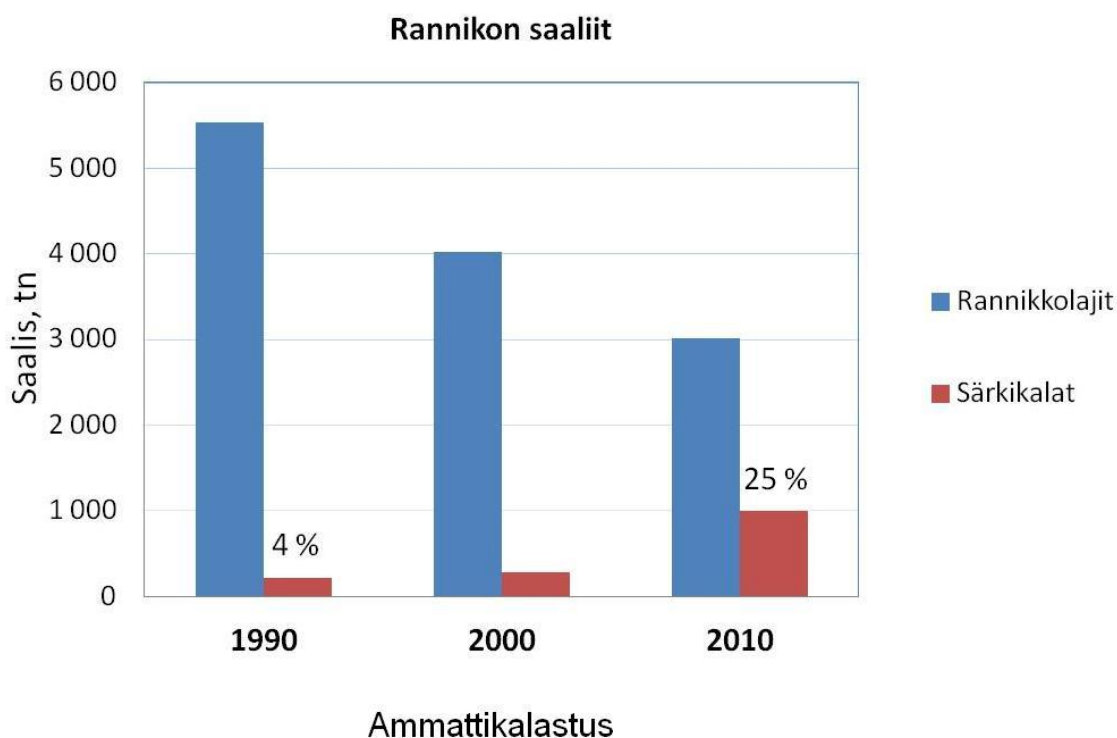
tehokas käsittely edellyttää uusien toimintatapojen kehittämistä (Setälä ym. 2011). Monissa järvissä on hoitokalastushankkeita, joiden saalis on saatettu viedä kaatopaikoille. Osalle saaliista on muodostumassa pyynnin ja jatkokäsittelyn mahdollistava markkinahinta, mutta elintarvikkeeksi tai rehuksi kelpaamattomien jätevirtojen jatkokäsittelystä joudutaan nykyisin maksamaan. Suurien kertaluonteisten ja kausittaisten saaliiden hyödyntämiseen tarvitaan sopivia säilöntämenetelmiä ja mahdollisesti myös uusia prosessointitapoja, joilla kalasta saadaan erotettua jakeita erilaisiin käyttökohteisiin.

Tässä raportissa arvioidaan vajaasti hyödynnettyjen kalavirtojen määriä ja käyttömahdollisuuksia. Raportissa luodaan myös katsaus menetelmiin, joilla elintarvikkeeksi päätyvät kalaa voidaan säilöä ja prosessoida. Työssä on käytetty hyväksi lähinnä kansainvälistä kirjallisuutta sekä kahden Norjaan suuntautuneen matkan aikana hankittua tietoa.

## 2. Kalamateriaalin sijoittuminen ja määrät Suomessa

### 2.1. Vähäarvoinen kala

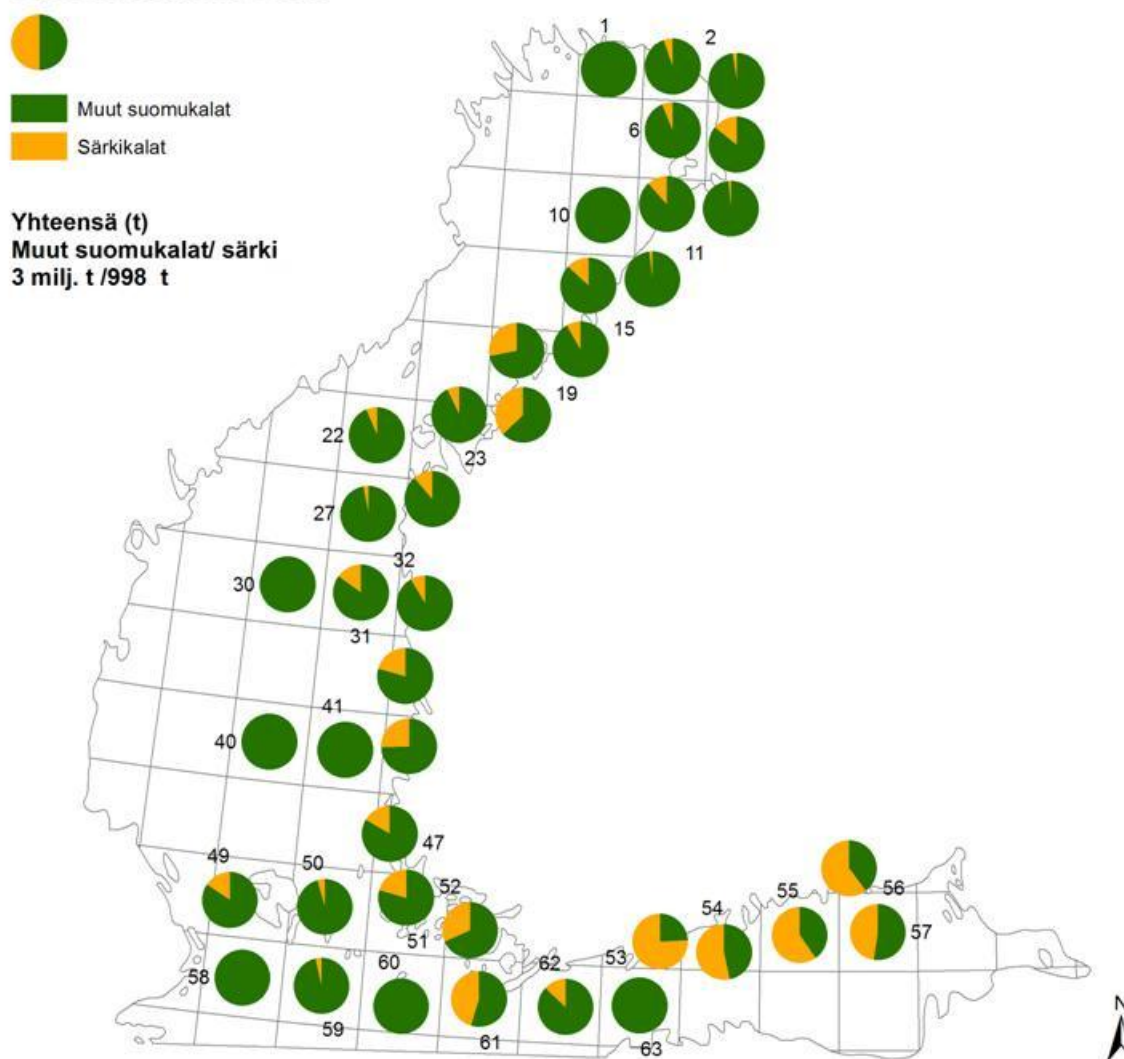
Särkikalojen määrä on rannikolla rehevöitymisen myötä lisääntynyt. RKTL:n pilottihankkeessa rannikon särkikalojen biomassan arvioitiin kaikuluotausten ja kalanäytteenoton perusteella olevan karkeasti 50-60 miljoonaa kiloa. Vuonna 1990 särkikalojen osuus rannikon ammattikalastajien saaliista (ilman silakkaa) oli vielä hyvin vähäinen, mutta vuonna 2010 niiden osuus oli jo neljännes saaliista (Kuva 1).



**Kuva 1.** Ammattikalastajien särkikalojen ja muiden rannikkolajien (muut kuin silakka, kilohaili ja turska) saaliit vuosina 1990, 2000 ja 2010 (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1991, 2001, 2011).

Vuoden 2010 aikana Suomen ammattikalastajat saivat saaliikseen rannikolta lähes miljoona kiloa särkikaloja. Tästä noin 450 tonnia pyytivät ammattikalastajat, jotka toimittivat kalaa vajaasti hyödynnetyn kalan edistämiseen tähtäävään pilottihankkeeseen (Setälä ym. 2012). Kalaa hankkeeseen toimitettiin pohjoiselta Saaristomereltä ja Insoon Pikkalanlahdelta. Muita tärkeitä pyyntialueita olivat muualla Suomenlahden rannikolla erityisesti Kotkan edusta sekä Pohjanmaalla Maksamaan ja Uudenkaarlepyyn saaristo. Särkikaloja saatiin rannikkokalastuksen sivusaaliina koko rannikon alueella (Kuva 2).

### Särki sivusaalina v.2010



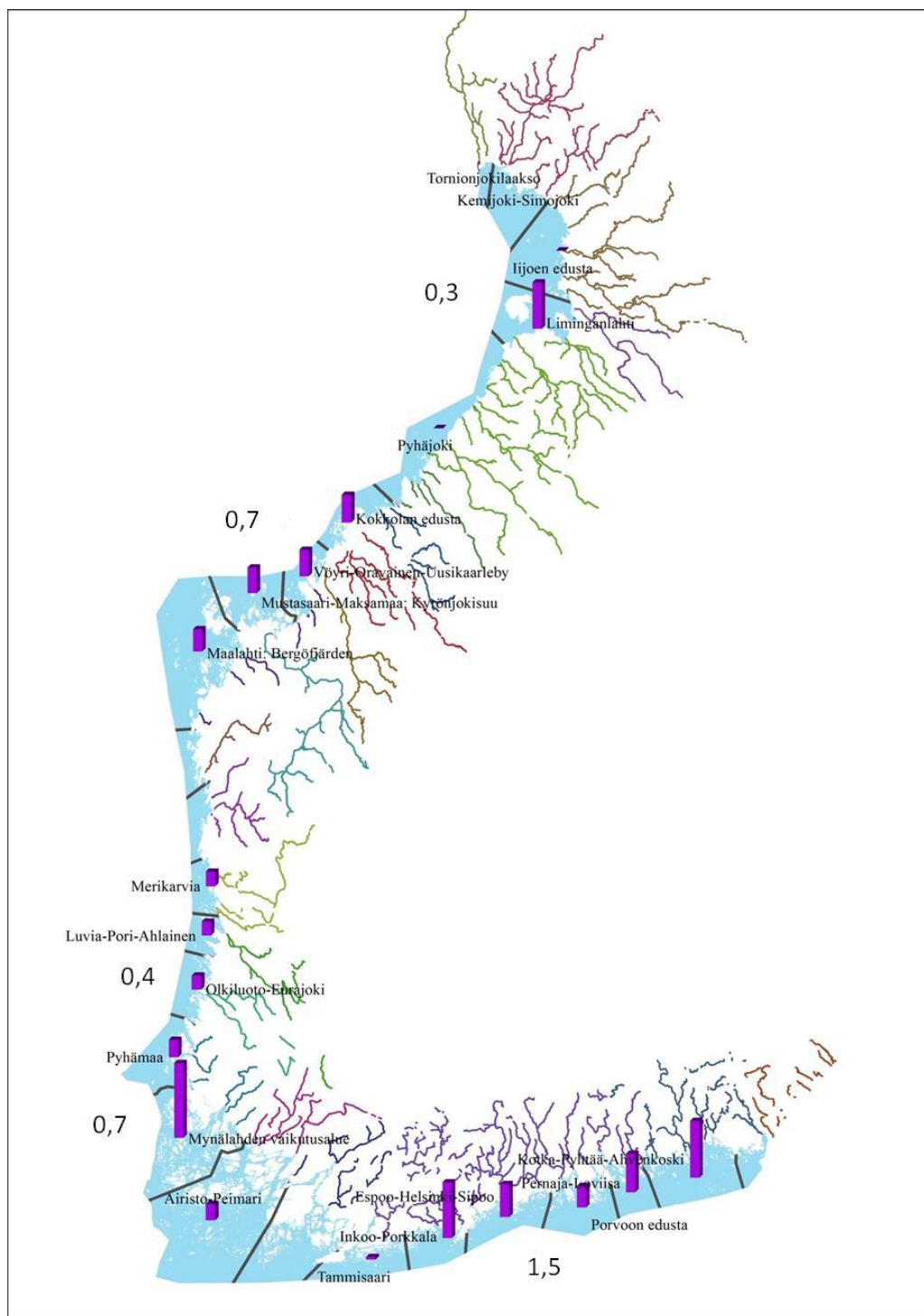
**Kuva 2.** Särkikalojen osuus rannikkokalastajien saaliista vuonna 2010. Mereiset lajit silakka, kilohaili, turska ja kampela eivät ole tarkastelussa mukana.

Merialueen poistokalastusjärjestelmä perustettiin vuonna 2011. Eduskunta myönsi Suomenlahden ja Saaristomeren poistokalastukseen miljoona euroa ja kolmen sisävesijärven (Lokka, Säkylän Pyhäjärvi



ja Onkamojärvi) hoitokalastukseen 400 000 euroa. Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) varasi tämän lisäksi Pohjanlahden poistokalastukseen 200 000 euroa. MMM suunnitteli poistokalastusjärjestelmää vuoden 2011 alussa ja päätti, että särkikalojen kalastajat voivat saada poistokalastuksen vastineeksi ympäristöpalkkion, joka on arvonlisäverottomana 42 snt/kg rysäkalastuksen ja 38 snt/kg troolikalastuksen saaliista. Palkkion maksaminen edellyttää kalastajalta ympäristöseurantaa ja myynti-ilmoitustietojen toimittamista ELY-keskukseen maksatushakemusten yhteydessä. Aineiston avulla on tarkoitus arvioida poistokalastuksen vaikuttavuutta ja markkinaehtoisen toiminnan syntymistä.

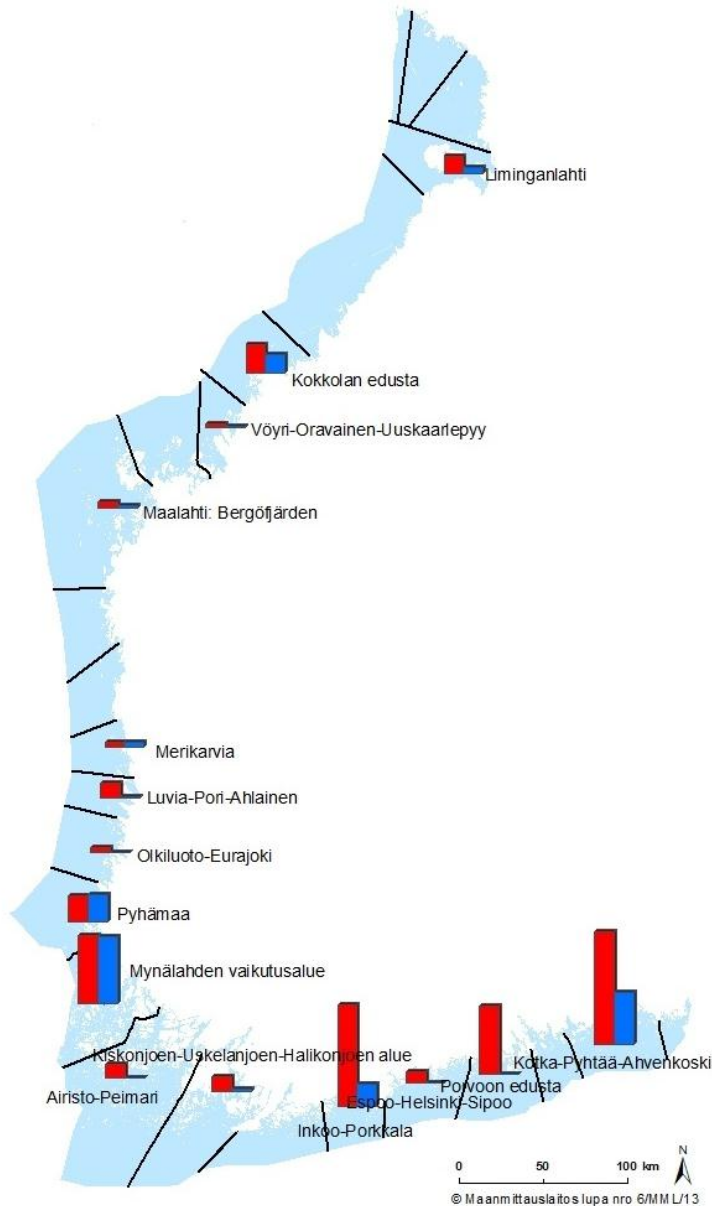
MMM avasi poistokalastusjärjestelmään liittymiseen kohdistuvan haun keväällä 2011. Merialueen ammattikalastajat tekivät ELY-keskuksille hakemuksia poistokalastusjärjestelmään pääsemiseksi. Hakemuksia tuli ensimmäisellä kierroksella 3,6 miljoonan kilon edestä (Kuva 3), kun eduskunnan myöntämä ja ministeriön varaama lisäraha riitti vajaan kolmen miljoonan kilon poistamiseen.



**Kuva 3.** Kalastajien tarjoamien poistokalastusmäärien (yhteensä 3,6 milj. kg) jakautuminen ensimmäisellä hakukierroksella 2011.

ELY-keskukset tekivät kalastajien kanssa ympäristönhoitosopimuksia 2,7 miljoonan kilon edestä. Viimeiset sopimukset tehtiin kesäkuussa 2012. Sopimusten mukaan 59 prosenttia pyydetäisiin Suomenlahdelta, 19 prosenttia Saaristomereltä ja loput 22 prosenttia Selkämereltä, Merenkurkusta ja Perämereltä. Maksatushakemuksia oli tullut ELY-keskuksiin vuoden 2013 helmikuuhun mennessä hieman yli 1,1 miljoonan kilon edestä, mikä oli 42 % myönnetystä määrästä. Kaikesta pyydetystä kalasta ei ollut vielä silloin toimitettu hakemuksia. Pietarsaaren, Pyhämaan, Mynälähdet, Kotkan ja

Merikarvian kalastajat olivat pyytäneet pääosan sovitusta kalamäärästä. Suomenlahdella ja Kainuussa pääosa kalasta oli vielä pyytämättä (Kuva 2).

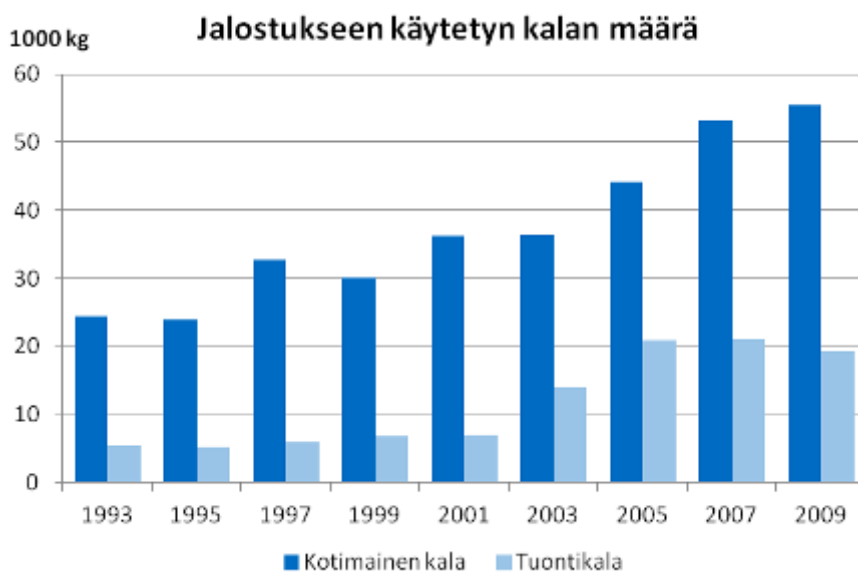


**Kuva 4.** Poistokalastusmäärien toteutuminen helmikuun 2013 loppuun mennessä rannikolla (sininen pylväs) lopullisiin hoitokalastusopimuksiin (punainen pylväs) verrattuna.

Sisävesien särkikalasaalis on pääosin särkeä. Särjen vuotuinen saalis on noin 500 tonnia ja mahdollisuuksia olisi pyytää huomattavasti enemmänkin, jos saaliille syntyisi kannattavia markkinoita. Särkeä saadaan arvokkaampien lajien pyynnin sivusaaliina ja hoitokalastushankkeiden yhteydessä (Setälä ym. 2011). Hoitokalastushankkeiden vuotuiset saaliit saattavat olla yli 300 tonnia, jolloin saaliissa on särjen lisäksi myös muun muassa kiiskiä, pientä ahventa ja muuta alihyödynnettyä kalaa.

## 2.2. Kalanjalostuslaitosten sivuvirrat

Jalostukseen käytetyn kalaraaka-aineen määrä on 2,5-kertaistunut vuodesta 1993 vuoteen 2009 (Kuva 5). Vuonna 2009 kalajalosteisiin käytettiin 75 miljoonaa kiloa kalaa. Siitä 56 miljoonaa kiloa oli kotimaista ja 19 miljoonaa kiloa ulkomailta tuotua kalaa. Vientiin pakastetun elintarvikesilakan ja kilohailin määrä on lisääntynyt ja se muodostaa puolet jalostusteollisuuden käyttämästä kotimaisesta kalasta. Silakkaa ja kilohailia pakastettiin runsas 28 miljoonaa kiloa vuonna 2009. Tuotanto keskittyy muutamaan laitokseen. Pääosa tuotannosta sijaitsee Kaskisissa, Uudessakaupungissa ja Pohjoisella Saaristomerellä. Ulkomaisen raaka-aineen määrän kasvu perustuu lähinnä tuontiloheen.



**Kuva 5.** Kalanjalostukseen käytetyn kotimaisen ja ulkomaisen raaka-aineen määrä 1993-2009 (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2011).

Fileiksi tai muiksi tuorevalmisteiksi jalostettiin 15 miljoonaa kiloa kotimaista kalaa ja 12 miljoonaa kiloa tuontikalaa. Pidemmälle jalostettuihin tuotteisiin käytettiin 15 miljoonaa kiloa kalaa, josta puolet oli kotimaista. Tärkeimmät jalostusteollisuuden käyttämät kalat olivat kirjolohi, lohi, silakka ja silli. Näiden neljän lajin osuus kaikesta kalaraaka-aineesta on yli 90 %. Muita jalostuksen raaka-aineita ovat muun muassa kotimaiset makeanveden kalat kuten muikku, siika, ahven, kuha ja hauki ja tuotu siika, puna-ahven, seiti ja muut turskakalat.

Kalanjalostus on suhteellisen keskittynyttä. Vuonna 2009 kalaa jalostaneita yrityksiä oli 160. Kuusitoista jalostusyriytystä käsitteli yli miljoona kiloa kalaa. Ne jalostivat yli 80 prosenttia kaikesta raaka-aineesta. Kymmenen suurimman jalostusyriytksen liikevaihto oli noin 77 prosenttia koko jalostustoimialan liikevaihdosta (Tikakoski ym. 2012).

Kalanjalostuksen yhteydessä syntyi vuonna 2009 noin 14 miljoonaa kiloa sivutuotevirtaa (Taulukko 1), josta pieni osa käytetään ihmisravinnoksi menevien tuotteiden valmistukseen. Pääosa on fileointijäännöstä eli ruotoja, päitä, nahkoja ja trimmattua rasvaa (Taulukko 2). Perkuujäännöstä syntyy vähän, koska kalojen suolistus ja pesu tapahtuu yleensä alkutuotannon yrityksissä. Kalaa jalostavat laitokset ostavat isommat kalat perattuna. Pienemmät kalat, kuten esimerkiksi silakka, kilohaili ja muikku, ostetaan perkaamattomana. Kotimaisen kalan jalostuksesta pääosa on silakan

pakastusta ulkomaisen säilyketeollisuuden raaka-aineeksi. Tämä pakastetaan kokonaisuena, joten sen tuotannosta ei synny perkuu- tai fileointijäännöksiä. Kalan lajittelun ja käsittelyn yhteydessä silakasta irtoaa kuitenkin huomattava määrä suomuja ja verta, jotka johdetaan huuhteluvesien mukana jäteveden käsittelyyn.

**Taulukko 1.** Arvio fileoitavien kalatuotteiden raaka-ainemääristä ja tuotannon yhteydessä syntyvistä sivutuotevirroista (1 000 kg). Arvio on tehty RKTL:n vuoden 2009 kalanjalostustilaston perusteella (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2011). Laskennassa on oletettu, että lohen ja kirjolohen fileet, muut tuoretuotteet, savu- ja graavituotteet ovat nahallisia ja niistä tehdyt muut tuotteet ovat nahattomia. Silakkatuotteiden on oletettu olevan nahallisia. Muiden lajien fileiden ja jatkojalosteiden on pääosin oletettu olevan nahattomia. Laskennassa käytetyt kertoimet esitetään liitteessä 1.

<b>Jalostus 2009</b>	<b>Silakka</b>	<b>Kirjolohi</b>	<b>Lohi</b>	<b>Muut lajit</b>	<b>Yhteensä</b>
Pakastefile	1 709	1 246	160	569	<b>3 684</b>
Tuorefile	5 689	5 601	11 342	2 738	<b>25 370</b>
Muu tuore	50	1 098	0	203	<b>1 351</b>
Graavi	0	1 010	255	152	<b>1 417</b>
Savu	0	2 196	679	145	<b>3 020</b>
K-savu	7	1 840	281	18	<b>2 146</b>
Säilyke	0	26	35	76	<b>137</b>
Eines	215	427	269	271	<b>1 182</b>
Muu	38	15	445	109	<b>607</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>7 708</b>	<b>13 459</b>	<b>13 466</b>	<b>4 281</b>	<b>38 914</b>
<b>Sivutuote</b>	<b>4 377</b>	<b>3 568</b>	<b>3 268</b>	<b>2 521</b>	<b>13 734</b>

Silakkaa fileoidaan pääasiassa kotimarkkinoiden tarpeisiin. Silakkafileiden tuotanto Suomessa vähentyy, kun silakkaa korvautuu kasvatetulla lohikalalla. Vuonna 2009 Suomessa fileoitiin noin 7,7 miljoonaa kiloa silakkaa. Perkuu- ja fileointijäännöstä syntyi suhteellisen keskitetysti runsas neljä miljoonaa kiloa. Siitä valtaosa on päätä, selkäruotoa ja suolia. Pääosan kalasta fileoi neljä yritystä, jotka sijaitsivat Kasnäsissä, Turussa, Uudessakaupungissa ja Kaskisissa. Fileointijäännökset pakastetaan turkiseläinten rehun raaka-aineeksi.

Kalanjalostusyrietykset käyttivät vuonna 2009 noin 27 miljoonaa kiloa lohta ja kirjolohta fileiden tai jatkojalosteiden raaka-aineina. Runsa neljä miljoonaa kiloa tästä raaka-ainemäärästä oli fileitaita, jotka olivat muista yrityksistä ostettuja välituotteita (pääasiassa fileitaita) yrityksen oman jatkojalostuksen raaka-aineeksi. Jalostuslaitoksissa syntyy lohen ja kirjolohen fileoinnin ja jatkojalostuksen yhteydessä vajaa 7 miljoonaa kiloa fileointijäännöstä. Osa jalostamoista puristaa selkärudoista lihat kalamassaksi, jota käytetään einesten raaka-aineeksi. Jalostamot käyttivät vuoden 2009 jalostustilaston mukaan noin 371 tonnia kalamassaa tuotteiden raaka-aineena. Karkean arvion mukaan lohikalojen selkärudosta olisi kuitenkin eroteltavissa vajaa 2 miljoonaa kiloa lihaa (Taulukko 2). Pääosa muusta jäännöksestä pakastetaan turkiseläinrehujen raaka-aineeksi.

Lohikalojen fileointijäännöksissä on paljon rasvaa, minkä vuoksi osasta otetaan bioöljy talteen ennen rehunvalmistusta. Kalliimpien fileiden trimmauksessa fileestä leikataan vatsa- ja selkäliepeet sekä evät pois. Näitä sivutuotteita syntyy noin miljoona kiloa. Lisäksi nahattomien fileiden valmistuksesta jää sivutuotteeksi kalan nahkaa. Rasvaisia vatsaleikkeitä on myyty vientiin muun muassa Japaniin ja Venäjälle ja niitä käytetään myös bioöljyjen valmistuksessa. Pääosa menee kuitenkin todennäköisesti muiden fileointijäännösten mukana turkiseläinten rehuksi. Suurin osa fileointijäännöksistä on päätä ja ruotoja. Suurin yksittäinen sivuvirta muodostuukin lohikalojen päästä, joka on 7-13 prosenttia perattujen lohikalojen painosta. Konefileoinnissa rintaevät jäävät leikkuussa pään yhteyteen.

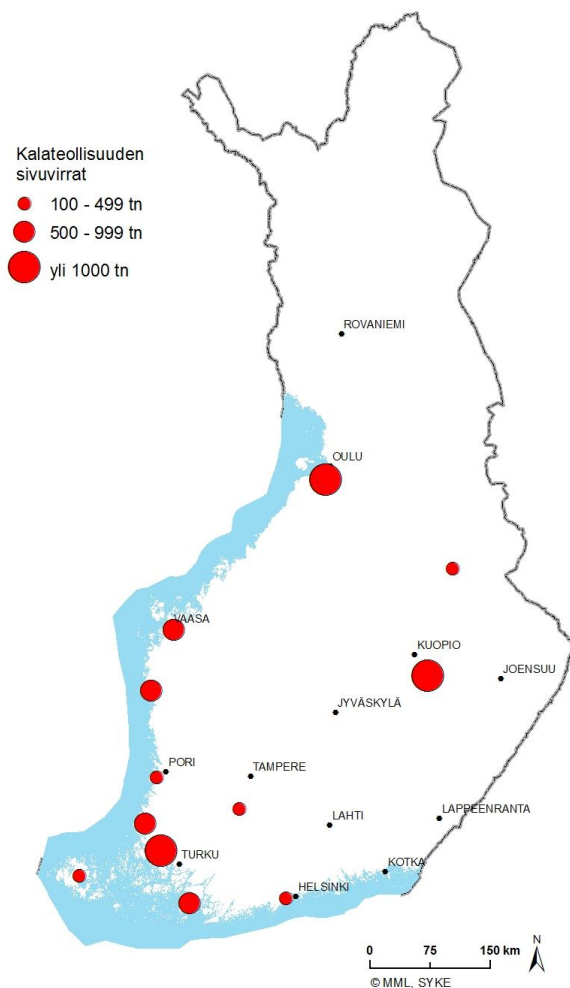
Kasvatetusta siasta, Suomen vesistä pyydytyistä kaloista (lukuun ottamatta silakkaa) sekä ulkomaisista muista kalalajeista kuin lohesta ja sillistä tehdään runsas neljä miljoonaa kiloa fileitä tai jatkojalosteita. Näiden kalojen fileesaanto ei ole yhtä iso kuin kasvatuista lohikaloista, minkä vuoksi jalostuksessa syntyy suhteellisen paljon fileointijäännöstä. Lohikalojen fileesaanto peratusta raaka-aineesta on 60-85 prosenttia, kun se on yleisimmin fileoitavista luonnon kaloista 40–60 prosenttia. Muista kaloista kuin silakasta ja lohikaloista syntyy noin 2,5 miljoonaa kiloa sivutuotetta. Näiden lajien tuotanto on hajautuneempaa kuin lohikalojen tuotanto, joka on keskittynyt suuriin tai keskisuuriin jalostuslaitoksiin (Suvanto ja Setälä 2007).

**Taulukko 2.** Karkea arvio kalanjalostusteollisuuden silakan, lohikalojen ja muiden kalojen sivutuotevirroista vuonna 2009.

Sivutuotteet	Silakka	Kirjolohi	Lohi	Muut kalat	Yhteensä	%
Perkeet		580			580	4 %
Ruodot		261	324		585	4 %
Selkäruodon liha		878	996		1 874	14 %
Pää		1 255	1 307		2 563	19 %
Trimmausjäännökset		460	578		1 038	8 %
Nahat		133	64	323	520	4 %
<b>Yhteensä</b>	<b>4 377</b>	<b>3 568</b>	<b>3 269</b>	<b>2 521</b>	<b>13 735</b>	<b>100 %</b>
%	32 %	26 %	24 %	18 %	100 %	

Vuoden 2011 jalostustilaston perusteella lohikalojen sivutuotevirta oli kasvanut runsaalla miljoonalla kilolla, mutta silakan sivuvirta oli vähentynyt noin kahdella miljoonalla kilolla (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 2012).

Suurimmat kalateollisuuden sivuvirrat (> 1000 tn) ovat keskittyneet Turun, Oulun ja Kuopion seuduille, joissa on isoja kalanjalostusyksiköitä. Lisäksi Pohjanmaalla, Kaskisten, Uudenkaupungin ja Kemiönsaarella on merkittäviä (500-1000 tn) kalanjalostusteollisuuden sivuvirtoja. Muutoin muutamia yksittäisiä laitoksia lukuun ottamatta sivuvirrat ovat suhteellisen hajallaan Suomessa.



**Kuva 6.** Kalanjalostusteollisuuden sivuvirrat alueittain.

Norjalaiset hyödyntävät lohiteollisuuden sivuvirtoja tehokkaasti. Lohen fileointijäännöksistä muun muassa päällä, rasvaisilla vatsaliepeillä, selkäruodolla ja selkäruodosta erotetulla lihalla on norjalaisten tekemän selvityksen mukaan markkina-arvoa (Taulukko 3).

**Taulukko 3.** Lohen sivutuotteiden markkina-arvoja (Aas ja Kjerstad 2009).

Lohen sivutuote	Tuoteominaisuus	Hinta, €/kg
Pää		0,28
	20 kg pakaste	0,62
Selkäruoto	Pakateblokki	0,62
Jätepalat	Nahallinen	1,85
	Nahaton (20-25 NOK)	2,78
Kalamassa	Pakaste (30-35 NOK)	4,01
Vatsaliepeet	< 3 cm	3,09

Vuoden 2009 jalostustilaston mukaan suomalaiset jalostamot hyödynsivät 371 tonnia lohikalojen selkäruodoista puristettua tai kaavittua lihamassaa jatkojalostuksessa. Tämä huomioiden selkäruodoista voitaisiin erotella vielä noin 1 500 tonnia lihaa. Tämän lihan markkina-arvo voisi norjalaisten selvittämällä hinnalla olla noin 6 miljoonaa euroa. Suomalaisten tukkukauppioiden mukaan (2013) tarjolla on myös paljon tätä edullisempaa ruodoista puristettua lohikalalammassaa. Käsin kaavitun massan hinta voi olla lähellä norjalaisten arviota. Jos lohimassan hinta olisi 1,5 euroa kilolta, eroteltavissa olevan lihan markkina-arvo olisi 6 miljoonan euron sijasta runsas 2 miljoonaa euroa (taulukko 4). Päiden markkina-arvo olisi norjalaisten selvittämin hinnoin noin 0,7–1,6 miljoonaa euroa ja vatsaliepeiden runsas 3 miljoonaa euroa. Suomalaisten tukkukauppioiden mukaan päistä maksetaan noin euron kilolta, jolloin päiden viennin arvo voisi olla noin 2,5 miljoonaa euroa. Vatsaliepeistä saatu markkinahinta on norjalaisten arviota puolet matalampi, noin 1,5 euroa kilolta. Useat yritykset pakastavat vatsaliepeitä jo vientiä varten. Jos arvioidaan, että noin puolet vatsaliepeistä menee jo nykyisin vientiin, rehuksi jäävän osan arvo olisi viennissä noin 750 000 euroa. Suomen lohikalojen jalostuksen sivutuotteiden vientiarvo voisi suomalaisten yritysten hinta-arvion mukaan olla noin 5,5 miljoonaa euroa, mikä on lähes 10-kertainen samojen tuotteiden rehuarvoon verrattuna (Taulukko 4).

**Taulukko 4.** Arvio suomalaisten lohikalojen sivutuotteiden markkina-arvosta (Kalanjalostustilasto 2009, kalan liha 1,5 €/kg, päät 1 €/kg, vatsaliepeet 1,5 €/kg, rehuraaka-aineen hinta 0,05 €/kg).

Lohi ja kirjolohi sivutuote		Rehu	Vienti	Erotus
Tuote	Tn	1 000 €	1 000 €	1 000 €
Kalan liha	1 503	427	2 255	1 828
Päät	2 563	128	2 563	2 435
Vatsaliepeet	500	52	750	698
<b>Yhteensä</b>	<b>5 104</b>	<b>607</b>	<b>5 568</b>	<b>4 961</b>

Edellä esitetyt arviot kuvaavat tuotteiden potentiaalista arvoa markkinoilla. Kannattava sivutuotteiden käsittely edellyttää, että käsittelykustannukset (esimerkiksi lihan erottelu, tuotteiden pakastus ja kuljetus) jäävät pienemmäksi kuin markkinoilta saatava hinta. Osaa yllä esitetystä sivutuotemäärästä on mahdollista käsitellä taloudellisesti tehokkaasti, koska tuotanto on hajallaan eri laitoksissa. Isommissa yksiköissä ainevirrat ovat suurempia ja sivutuotteista voidaan saada lisäarvoa, jos sivutuotteiden elintarvikelaatuinen jatkokäsittely pystytään järjestämään järkevästi.

### 2.3. Kalankasvatuslaitosten sivuvirrat

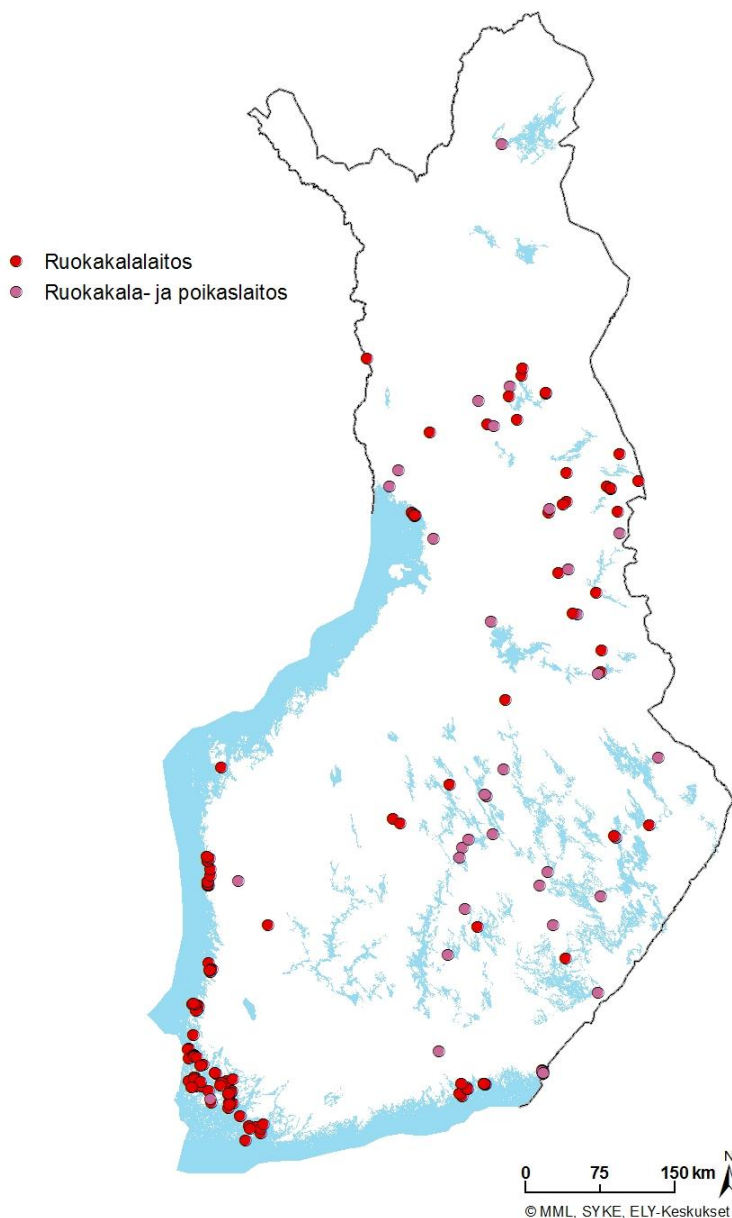
Kasvatetun kalan perkuu tapahtuu pääosin kalankasvatusyritysten perkaamoissa (Kuva 7). Kotimaista kalaa kasvatettiin Suomessa vuonna 2011 runsas 11 miljoonaa kiloa, josta syntyy perkeitä noin 1,7 miljoonaa kiloa (Savolainen, 2012). Tästä määrästä noin 600 tonnia syntyi kalaa kasvattavissa kalanjalostusyrityksissä ja loput kalankasvatuslaitosten perkaamoissa. Suomeen tuodaan Ruotsista kirjolohta, joka perataan Suomessa. Vuonna 2011 tämän tuonnin määrä oli 7,7 miljoonaa kiloa ja siitä syntyi perkuujäännöstä noin 1,2 miljoonaa kiloa. Valtaosa Ruotsissa tuotetusta kirjolohesta perataan Ahvenanmaalla. Manner-Suomessa kasvatusta keskittyy Saaristomerelle ja eteläiselle Selkämerelle. Kalaa kasvatetaan myös jonkin verran pohjoisella Selkämerellä, Perämeren perukoilla ja



Suomenlahdella. Sisävesillä ruokakalankasvatusta on pääasiassa Kemijoen valuma-alueella, Kainuussa, Keski-Suomessa ja Itä-Suomessa.

Kasvatetun kalan perkuujäännökset käytetään turkiseläinten rehuksi, bioöljyjen tai biodieselin valmistukseen. 2010-luvun lopulla iso osa Lounais-Suomen perkuujäännöksistä kerättiin biodieselin valmistukseen, mutta viime aikoina perkeet ovat entistä enemmän ohjautuneet turkiseläinten rehujen raaka-aineeksi. Turkisnahkojen kysyntä on niin korkea, että rehukeskukset maksavat perkuujäännöksestä. Biodieselin valmistajat eivät juurikaan maksa raaka-aineesta, mutta hakevat sen veloitusetta kasvattajalta. Norjassa lohenkasvatuksen tuotantomäärät ovat niin suuret, että siellä kalan käsittely on järjestetty siten, että pääosa sivutuotteista voidaan jo nykyisin hyödyntää erilaisten lisäarvotuotteiden valmistukseen (Setälä ym. 2012).

Suomessa meri- ja sisävesialueen luonnonkalojen kaupallisesta saaliista (silakka, kilohaili, muikku, kuore, lahna, särki) pääosa käsitellään vasta teollisuudessa tai ne menevät perkaamattomina kalastajalta ostajalle. Suomukalojen saaliin kalastajat perkaavat. Vuonna 2011 tällaista kalaa pyydettiin noin 1,7 miljoonaa kiloa, josta syntyy runsas 300 tonnia perkuujäännöstä. Tämä perkuujäännös syntyy niin hajautetusti rannikolla ja sisävesillä, että sen lisäarvoa tuottavaa jatkokäsittelyä on vaikea järkevästi järjestää.



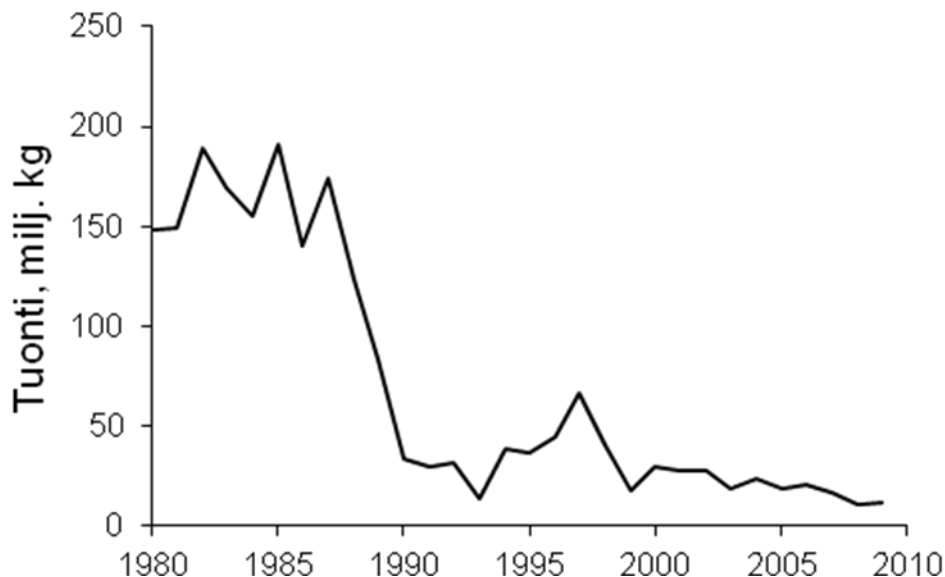
Kuva 7. Ruokakalan kasvattamot Suomessa.

### 3. Kalan säilöntämenetelmiä

#### 3.1. Kalan pakastaminen

Rehukalan pakastaminen on Suomessa vakiintunutta liiketoimintaa. Pakastettua rehukalaa tuotiin 1980- ja 1990-luvuilla hyvin suuria määriä Suomeen, mutta tuonti on sittemmin hiipunut (Kuva 8). Rehukala, lähinnä silakka, pakastetaan levyinä ja säilytetään suurina blokkeina. Pakastettua rehukalaa käytetään Suomessa turkiseläinten ravinnossa. Pakastus- ja varastokapasiteettia on rannikolla sekä turkiseläinten rehukeittiöiden yhteydessä Pohjanmaalla. Pakastuskustannukset ovat noin 3 senttiä kilolta ja sulatuskustannukset noin 2 senttiä kilolta. Maailmalla kalaa pakastetaan kalanrehujen raaka-aineeksi joidenkin kalalajien emojen ruokintaan. Tuoretta vähäarvoista kalaa

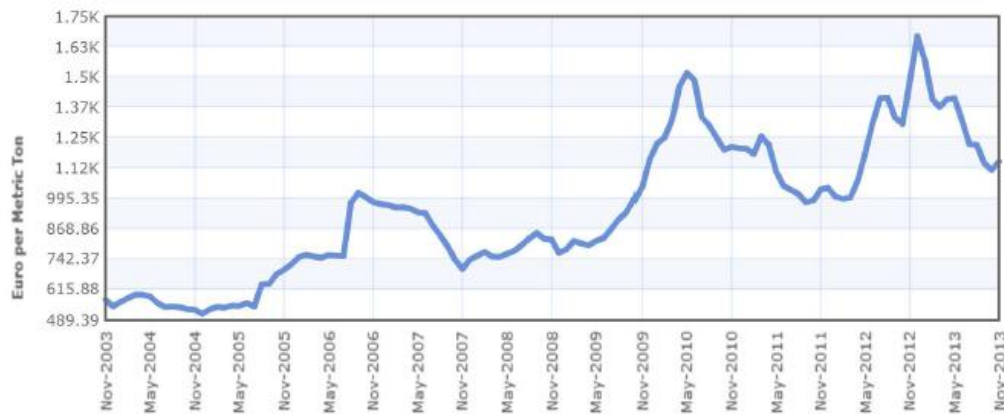
käytetään sen sijaan vielä mm. pangasiuksen eli haimonnin ruokintaan, vaikka tuotannossa ollaan siirtymässä täysrehujen käyttöön.



**Kuva 8.** Pakastetun rehukalan (Tullinimike kalajäte) tuonti Suomeen vuosina 1980-2009. RKTL:n ulkomaankauppatilastot vuodelta 1980-2009.

### 3.2. Kuivaus kalajauhoksi

Kalan valmistus kalajauhoksi ja kalaöljyksi on maailmalla ylivoimaisesti merkittävin tapa säilöä kalaa muuhun kuin elintarvikekäyttöön. Maailman 80 miljoonan tonnin kalansaaliista 27 miljoonaa tonnia käytetään muuten kuin elintarvikkeena. Valtaosasta tehdään kalajauhoa. Tästä saaliista valmistetaan noin viisi miljoonaa tonnia kalajauhoa ja miljoona tonnia kalaöljyä. Tyypillisesti kalasta saadaan noin 22 % kalajauhoa ja 10 % kalaöljyä. Neljännes maailman kalajauhotuotannosta on peräisin elintarvikekalan perkuu- ja fileointijäännöksistä (Tacon ja Metian 2008). Kalajauhoa valmistetaan useista kalalajeista kuten villakuore, tuulenkalat, anjovis, silli, mustakitatorska ja harmaaturska. Maailman kalansaaliita ei voida juurikaan kasvattaa kestävästi, koska monet tärkeät kalakannat ovat täysin hyödynnettyjä tai ylikalastettuja. Samanaikaisesti maailman väestö kasvaa ja sen elintaso nousee. Eläinperäisen ravinnon kulutuksen kasvu lisää rehukalan kysyntää. Kalajauhon hinta onkin kohonnut viimeisen kymmenen vuoden ajan (Kuva 9), eikä sen ennusteta tulevaisuudessa ainakaan laskevan.

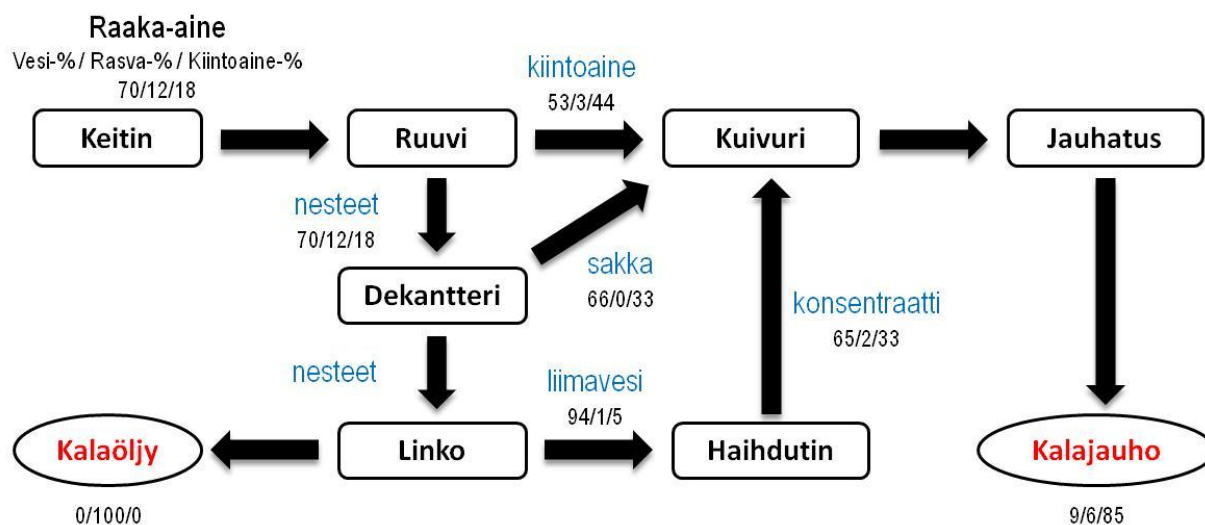


**Kuva 9.** Kalajauhon maailmanmarkkinahinta. Lähde Index Mundi.

Suomessa ei ole kalajauhotehdasta, mutta sellaisen perustamisen edellytyksiä on viime vuosina selvitetty. Tanskalaiset kalajauhotehtaajat ovat lähimpänä Suomea. Niistä FF Skagen käsittelee noin 380 000 tonnia kalaa ja kalan perkuujätteitä vuodessa ja valmistaa niistä noin 115 000 tonnia kalajauhoa ja -öljyä. FF Skagenin lisäksi Tanskassa kalajauhoa valmistaa 999 TripleNine. Tanskalaiset tehtaajat käyttävät raaka-aineenaan Pohjanmeren kaloja sekä Itämerestä pyydettyä silakkaa ja kilohailia. Osa tästä kalasta on peräisin suomalaisilta kalastusaluksilta. Maaliskuussa 2011 tanskalaiset tehtaajat uutisoivat kalajauhon viennin aloittamisesta Kiinaan.

Kalajauhon ja -öljyn valmistuksessa on yleensä seuraavat vaiheet (Kuva 10):

- Vastaanotto: Kalan tuoreus mitataan haihtuvien typpiyhdisteiden (TVN; Total Volatile Nitrogen) avulla. Haihtuvilla typpiyhdisteillä voi olla enimmäisraja tai niiden pitoisuus voi vaikuttaa kalasta maksettavaan hintaan.
- Kuumennus: Massa kuumennetaan höyryn avulla 90 - 100 asteeseen, jolloin proteiinit denaturoituvat, mikrobit kuolevat ja solurakenteiden rikkoutuminen edistää rasvan erottumista.
- Kiinteän ja nestemäisen jakeen erottelu: Ruuvipuristin ja/tai dekantterilinko erottaa massan puristekakkuun ja nestemäiseen jakeeseen. Nestemäinen jake sisältää öljyn lisäksi liukoisia proteiineja, mineraaleja ja vitamiineja.
- Öljyn erotus: Puristenesteessä oleva öljy dekantoidaan ja lingotaan. Öljystä erottuvaa vesijaetta haihdutetaan ja se lisätään puristekakun sekaan.
- Kuivaus: Proteiineja sisältävät jakeet kuivataan 70-90 asteessa sisältämään noin 10 prosenttia kosteutta.
- Jäähdytys ja jauhatus.

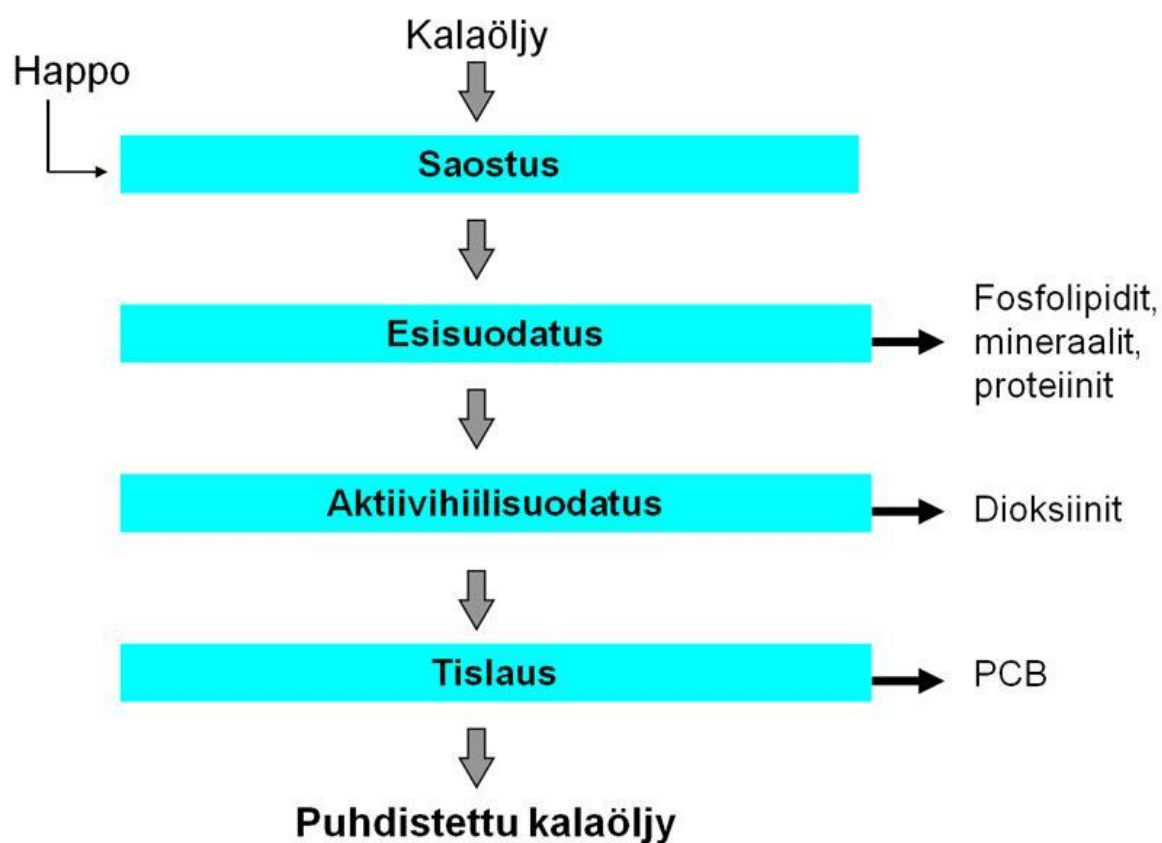


**Kuva 10.** Kalajauhon valmistusprosessi. Eri osaprosesseissa syntyvien jakeiden koostumus kuvaa tilannetta, jossa raaka-aineena on kalanjalostuksen perkuu- ja fileointijätteet (Plante ym. 2010).

Hyvälaatuisen kalajauhon edellytyksenä on tuore raaka-aine. Haihtuvien typpiyhdisteiden, lähinnä ammoniakkin ja trimetyyliamiinin, muodostuminen alkaa kalan autolyysin eli normaalin pilaantumisprosessin seurauksena. Autolyysissä kalan ruuansulatusentsyymit alkavat pilkkoa kudoksia ja anaerobiset mikrobit tuottavat haitallisia typpiyhdisteitä kuten biogeenisiä amiineja. Raaka-aineen laatua parannetaan jäähdyttämällä saalis mahdollisimman tehokkaasti. Kemiallisten säilöntäaineiden kuten orgaanisten happojen, nitriitin, natriumsulfiitin, askorbiinihapon ja formaldehydin käyttöä on kokeiltu, mutta pääasiassa saaliin laatua ylläpidetään vain jäähdyttämällä. Tuoreen kalan lisäksi kalajauhon valmistukseen voidaan käyttää haposäilöttyä kalaa. Biokemiallisen laadun heikentymisen lisäksi raaka-aineen tuoreus vaikuttaa kalajauhotehtaalla eri prosessien säätöihin ja mm. puristekakun vesipitoisuuteen. Suomen lähivesiltä pyydetyn silakan kuljetusaika on hyvän laadun takaamiseksi jo lähes kriittisen pitkä.

Kuivauslämpötila vaikuttaa kalajauhon laatuun. Korkea lämpötila altistaa aminohapot Maillard-reaktiolle, jolloin erityisesti lysiniin sulavuus heikkenee. Standardi-laatua käytetään maatalaeläimillä ja lämpimän veden kalalajeilla kun taas matalammassa lämmössä kuivattuja LT-laatuja käytetään useammin lohikalajien ja eri lajien poikasvaiheen rehuissa. Proteiinin laatua voidaan mitata eläimillä tehtävillä sulavuuskokeilla tai karkeammin pepsiiniliukoisuudella.

Kalajauhotehtaiden toimintaa säädellään ja tarkkaillaan, koska tuotteet päätyvät elintarvikeketjuun. Kalajauhotehtaat eivät saa käsitellä muuta materiaalia kuin kalaa. Kalajauhon vierasainepitoisuuksia säädellään, ja joidenkin kalastusalueiden, kuten Pohjanmeren ja Itämeren, saaliin vierasainepitoisuudet ylittävät säädetyt raja-arvot. Tätä varten on kehitetty normaalin kalajauhon valmistuksen yhteyteen prosesseja pienentämään dioksiini- ja PCB-yhdisteiden pitoisuutta (Kuva 11) (Kristoffersen 2007).



*FF Skagen, Kristoffersen 2007*

**Kuva 11.** Ympäristömyrkkyjen poistaminen kalaöljystä (Kristoffersen 2007).

### 3.3. Happosäilöntä

Kalaa ja kalaprosessoinnin sivutuotteita säilötään hapolla etenkin silloin, kun raaka-aineet syntyvät hajautetusti eikä muuta nopeaa säilöntäkeinoa ole. Hapolla säilötään myös kuolleita kaloja ennen niiden lopullista hävittämistä. Suomessa happosäilöttiin 1980-90 -lukujen taitteessa silakkaa lähinnä turkiseläinten rehuksi. 1990-luvun alussa happosäilöttyä silakkaa käytettiin myös kotimaisissa kalan kuivarehuissa muutamien prosenttien pitoisuutena, sekä tuoreena ja pakastettuna kalankasvattajien itse tekemissä tuorerehuissa (Ruohonen ja Vielma 1993). Tuoreen, pakastetun ja happosäilötyn silakan käyttö kirjolohen rehuseoksissa lienee ollut 2 000–3 000 tonnia vuodessa. Silakan käyttö loppui melko nopeasti 1990-luvun puolivälissä monista syistä. Itse tehtyjen rehujen taloudellinen kilpailukyky heikentyi teollisiin rehuihin nähden. Uusien ympäristölupien myötä kasvattajien rehukiintiötä sääтели rehun fosfori- ja typpipitoisuudet, jotka olivat itse tehdyissä rehuissa kuiva-ainetta kohti suuremmat kuin teollisissa rehuissa. Silakkaa syöneistä kirjolohista löytyi myös kohonneita dioksiini- ja PCB-pitoisuuksia, ja tuoreen kalan käyttö kiellettiin myös kalatautien leviämisen estämiseksi.

Norjassa kalan happosäilöntä on yleistä ja laajamittaista. Vuosina 2006–2009 Norjan kalastus ja kalankasvatus tuottivat sivuvirtoja (perkeet, fileointijäänökset) noin 650 000 tonnia vuodessa. Tästä sivuvirrasta 200 000–250 000 tonnia säilöttiin hapolla. Lähes kaikki happosäilötty massa tiivistetään vähemmän vettä sisältäväksi proteiiniitivisteksi. Vuonna 2005 sivutuotteista tehtyä kalajauhoa tuotettiin 29 000 tonnia, josta osa on peräisin happosäilötystä kalasta. 2000-luvun alussa norjalaisissa lohirehuissa käytettiin kalastetuista kaloista peräisin olevaa happosäilöttyä proteiiniitivistettä noin 22 000 tonnia. Lohenjalostuksen sivuvirtojen käyttö ei ole kuitenkaan lohirehuissa mahdollista lajin sisäisen kierrättämisen kiellon vuoksi (EY N:o 1774/2002 ja EY N:o 811/2003), mutta sitä voidaan käyttää muiden kalalajien ruokintaan. Proteiiniitivistettä käytetään myös sikojen, siipikarjan, turkiseläinten ja lemmikkien rehuissa. Happosäilötystä massasta erotettavaa öljyä käytetään mm. kalanrehuissa ja kemiallisessa teollisuudessa. Suurimpia happosäilöttyä massaa jalostavia yrityksiä ovat Hordafôr ja Scanbio (RUBIN 2001b).

Happosäilöntää varten kala on jauhettava, jotta pilaantuminen ei pääse käynnistymään liian suureksi jääneissä partikkeleissa. Lisättävän hapon määrä riippuu haposta ja kalan ruotomäärästä. Eri hapoilla on erilainen pH-arvo, jossa massa on mikrobiologisesti stabiili. Epäorgaaniset hapot kuten rikkihappo säilövät vasta kun pH on noin 2, jolloin tuote pitää neutraloida ennen käyttöä. Sen sijaan orgaaniset hapot kuten muurahaishappo, säilövät kalamassan korkeammassa pH:ssa. Kalan ja perkeiden joukkoon lisätään useimmin muurahaishappoa 2–4 prosenttia. Muurahaishapolla säilöittäessä massan pH:n tulisi olla 3,7–3,8. Norjassa tutkitaan peretikkahapon käyttöä kalan happosäilöntään (Tofte ja Seliussen 2009). Peretikkahappo hajoaa etikkahapoksi ja vetyperoksidiksi, joka desinfioi tehokkaasti. Peretikkahapolla kalamassan pH voidaan jättää korkeammalle kuin muurahaishapolla.

Vaikka bakteeritoiminta happosäilönnässä hidastuu, pH on otollinen monille kalassa esiintyville kudoksia hajottaville entsyymeille. Erityisesti pepsiinit ja katepsiinit hydrolysoivat kudoksirakenteita juoksevaksi massaksi, johon syntyy runsaasti proteiinien pilkkoutumistuotteita dipeptidejä, peptidejä ja vapaita aminohappoja. Hajoaminen etenee niin, että yhä suurempi osa proteiineista pilkkoutuu vapaiksi aminohapoiksi, joista voi vapautua ammoniakkaa. Tämä heikentää massan ravitsemuksellista laatua.

Haaland ym. (1990) seurasivat villakuoreesta muurahaishapolla säilöttyä massaa vuoden ajan. Yksi säilöntäerä valmistettiin välittömästi pyydystyksen jälkeen, kolme erää 3-7 päivän säilytyksen jälkeen (10-12 °C:ssa) ja kolme erää 5-14 päivän säilytyksen jälkeen (2 °C:ssa). Säilönnän edetessä haihtuvien typpiyhdisteiden, erityisesti ammoniakkin, määrä kasvoi. Herkimmin hajoavat aminohapot ovat aspariinihappo ja glutamiinihappo, jotka eivät ole kuitenkaan välttämättömiä aminohappoja, joten niiden puute voidaan korvata toisilla aminohapoilla. Sen sijaan biogeenisten amiinien määrä ei noussut, koska bakteeritoiminta oli heikkoa. Autolyysireaktio on nopeampaa lämpimässä ja alle viidessä asteessa massan nesteytyminen voi olla hyvin hidasta. Myös kalastusajankohdalla on merkitystä. Kun kalan ravinnonotto on voimakasta kasvukaudella, myös ruuansulatusentsyymien määrä on suuri, mikä nopeuttaa kudosten pilkkoutumista.

Happosäilöntä lisää vapaiden rasvahappojen määrää, mikä altistaa kalamassan hapettumiselle. Rasvan laadun säilyttämiseksi täytyy hapon lisäksi käyttää hapettumisen estoaineita. Esimerkiksi etoksikiiniä käytetään kalajauhon ja -öljyn valmistuksessa hapettumisen estoaineena. Homeentorjuntaan voidaan käyttää sorbiinihappoa. Massaa on sekoitettava sen säilönnän aikana. Erityisesti isot ruodot laskeutuvat ilman sekoitusta säilöntäastian pohjalle ja käynnistävät pilaantumisreaktion ruotojen puskuroidessa happoa.

Happosäilöttyä kalaa voidaan lisätä rehuvalmistuksen yhteydessä rehuun nestemäisenä tai kalajauhoksi kuivattuna. Nestemäinen kala parantaa rehun sitkoa, mutta heikentää pelletin kykyä sitoa rasvaa. Sen sijaan kalajauhoksi kuivattu happosäilötty kala soveltuu hyvin korkearasvaisten lohirehujen valmistukseen, koska vähemmän huokoinen rehu pidättää rasvaa jopa paremmin kuin normaali kalajauho (RUBIN 2001b). Happosäilötyn kalan lisääminen muun kalan sekaan lisää kuitenkin korroosion mahdollisuutta kalajauhotehtaalla. Kalajauhotehtaille päätyvän saaliin säilyvyyden pidentämiseen voidaan käyttää pieniä määriä muurahaishapon ionisoitua muotoa eli formiaattia (Lückstädt 2008). Formiaatin avulla voisi olla mahdollista ulottaa Tanskan kalajauhotehtaille päätyvän silakan kalastusalueita nykyisistä pohjoisemmaksi. Formiaatteja myydään tanskalaisille kalajauhotehtaille (Lückstädt 13.7.2010), mutta niiden edustajat suhtautuvat kielteisesti happojen käyttöön silakan säilyvyysajan pidentämisessä.

Happosäilöttyä kalaa voidaan tuottaa myös fermentoimalla (mm. Lindgren ja Pleje 1983, Dong ym. 1993, Ganesan ym. 2009). Fermentoituminen käynnistetään lisäämällä jauhettuun kalamassaan sokereita sisältävää raaka-ainetta kuten melassia. Fermentointi ei ole yleistä suurten määrien säilöntämenetelmänä. Sen eduksi on erityisesti trooppisissa maissa ilmoitettu halvemmat tuotantokustannukset, edullisten hiilihydraattilähteiden saatavuus sekä fermentointia suosiva lämmin ilmasto (Hasan 2003).

### 3.4. Emässäilöntä

Emäksisiä liuoksia kuten ammoniakkaa on käytetty maatalaeläinten säilörehujen valmistukseen ja rehuviljaa säilötään jossain määrin nykyäänkin urealla. Mikrobipilaantumiselta suojaavan korkean pH:n lisäksi ammoniakilla ja urealla on märehtijöille suora ravitsemuksellinen merkitys typpilähteenä. Lisäksi ammoniakki pilkkoo ligniinejä, jolloin muut vaikeasti sulavat hiilihydraatit kuten selluloosa ja hemiselluloosa ovat paremmin märehtijöille käyttökelpoisessa muodossa. Ammoniakkikäsittelyä tutkitaan tämän vuoksi myös etanolituotantoon päätyvien energiakasvien ligniinin hajotuksessa (Kim ym. 2009).



Sørensen ja Denstadli (2008) tutkivat kaliumhydroksidilla säilötyn sillin perkuujätteen ravitsemuksellisia ominaisuuksia. Tässä patentoidussa menetelmässä kalan omat entsyymit inaktivoidaan korkeassa pH:ssa (11.2), jolloin proteiinit eivät pilkkoudu ja massan vedensidontakyky on hyvä. Emäksiseen massaun sekoitettiin merilevästä peräisin olevaa sideainetta sekä vitamiini- ja hivenaineseoksia, jonka jälkeen rehu pelletoitettiin muurahaihappon. Tällöin levätuotteen algiinaatit sitovat pelletin. Kasvatuskokeessa merilohet kasvoivat emäksiseen kalajätteeseen perustuvalla rehulla jopa paremmin kuin kaupallisella kuivarehulla.

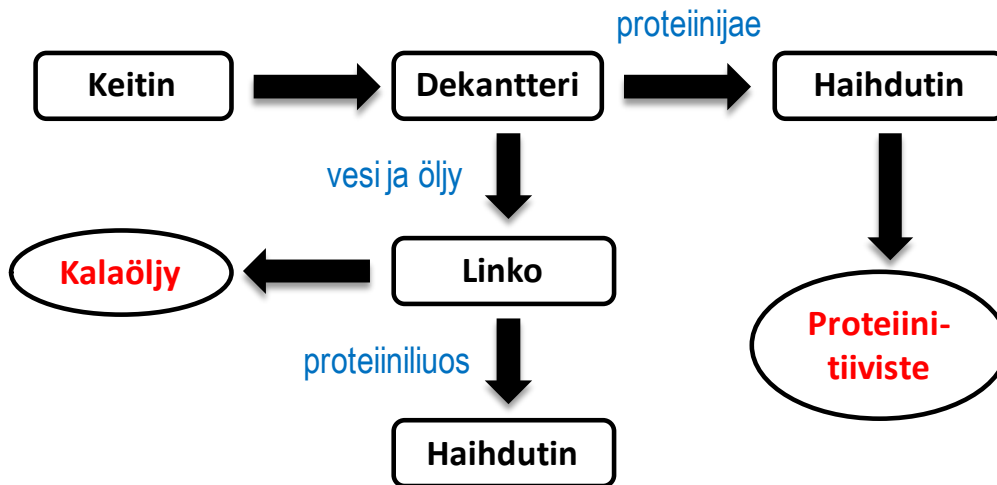
Emäsäilöntä voi heikentää valkuaisaineen ravitsemuksellista laatua muuttamalla aminohappoja toiseen isomeerimuotoon tai muodostamalla huonosti hyödynnettävissä olevia sidoksia (Sørensen ja Denstadli 2008). Kahden viikon emäsäilöntä heikensi proteiinin sulavuutta 3-5 prosenttia (Bækken 2008). Pidemmässä, tarkemmin määrittelemättömässä säilönnässä sulavuus heikkeni noin 20 prosenttia, jolloin materiaali ei ole enää soveliaista rehuihin.

Emäskäsittely sopii kuitenkin lyhytaikaiseen hygienisointiin. Iso-Britannian kalatalouden arvoketjun yhteinen elin Seafish on julkaissut lyhyen tiivistelmän perkuujätteiden emäskäsittelystä. Emäskäsittely ei kuitenkaan tarjoa selviä etuja happosäilöntään tai kuumakäsittelyyn verrattuna silloin, kun ei ole kyse sivutuoteasetuksen mukaisista kategorian 1 tai 2 materiaalista. Kaupallisia kalan emäskäsittelijä hyödyntäviä laitoksia ei ole syntynyt (Seafish 2005). Myös teurasjätteitä voidaan käsitellä hydrolysoimalla niitä kuumassa alkaalisissa oloissa (Anon 2002). Kolmen tunnin ajan tapahtuvan 150 asteen käsittelyn tavoitteena on tuhota muun muassa prionit. Käsittelyn tuloksena syntyy pääasiassa vapaiden aminohappojen ja lyhyiden peptidiketjujen liuos.

## 4. Kalan prosessointi jakeisiin

### 4.1. Jakeiden valmistus mekaanisilla menetelmillä

Sivuvirtoja erotellaan jakeisiin samoilla menetelmillä, joita käytetään kalajauhon ja -öljyn valmistuksessa (Kuva 12). Happosäilötyn kalamassan erottelu proteiinikonsentraatiksi ja öljyksi aloitettiin Norjassa 1980-luvulla. Nykyään lähes kaikki happosäilötty massa jalostetaan erottamalla öljy ja vähentämällä lopusta proteiinipitoisesta massasta vettä tuottaen paksua juoksevaa proteiinitäytettä. Tiivistyksessä happosäilötty massa pastöroidaan noin 90 asteessa, jonka jälkeen se erotellaan jakeisiin dekantterilingoilla. Dekantterilingossa on toisiinsa nähden vastakkaisiin suuntiin pyörivä sylinteri ja ruuvi, jotka erottavat massasta painovoimaisesti kiinteän ja nestemäisen jakeen. Trikantterilinko jakaa nestemäisen jakeen vielä kahteen osaan ominaispainon avulla. Eri jakeiden saannot vaihtelevat raaka-aineen koostumuksen mukaan. Happosäilötyssä valkuaiistiivisteessä on 50-60 prosenttia vettä, 30-35 prosenttia proteiinia ja noin 4 prosenttia rasvaa. Rasvapitoisuutta räätälöidään käyttötarkoituksen mukaan, sillä esimerkiksi sikojen liemiruokinnassa rehun rasvapitoisuus vaihtelee eläimen iän mukaan. Proteiinitäytettä voidaan käyttää sellaisenaan tai kuivata edelleen kalajauhoksi.



Kuva 12. Happosäilötyn kalamassan erottaminen jakeisiin.

Ruotojen erottelua happosäilötystä kalamassasta kehitettiin Norjassa 1990-luvun alkupuolella ruotosakan aiheuttamien teknisten ja laadullisten ongelmien välttämiseksi ja happokustannusten pienentämiseksi (RUBIN 1994a, 1994b, 1997). Ruotojen erotteluun tarvittavaa tekniikkaa on ollut kaupallisessa käytössä kalanjalostustehtaissa ja ainakin yhdessä troolarissa (RUBIN 2001a). Ruotoja erotellaan lisäämällä pitkäaikaiseen säilömiseen riittämätön, mutta kudosten hajoamisen käynnistävä määrä muurahaishappoa (noin 1 %). Sen jälkeen massaa sekoitetaan noin tunnin ajan tarvittaessa myös lämmittämällä. Sekoituksen ja/tai lämpökäsittelyn jälkeen ruotojake saadaan eroteltua puristimen avulla. Näin saadaan eroteltua noin 10 prosenttia alkuperäisestä massasta jakeeksi, jonka vesipitoisuus on matala (noin 50 %) ja jossa on noin puolet massan alkuperäisestä fosforista. Jäljelle jäävän massan pH lasketaan normaalin happosäilönnän tasolle. Saatua luujauhoa voidaan käyttää sellaisenaan eläinten ruokintaan. Ruotojen erottelu ei ole yleistynyt todennäköisesti siksi, että niiden sisältämillä mineraaleilla on ruokinnallista arvoa myös happosäilötyssä kalamassassa.

## 4.2. Jakeiden valmistus kemiallisilla ja entsyymaattisilla menetelmillä

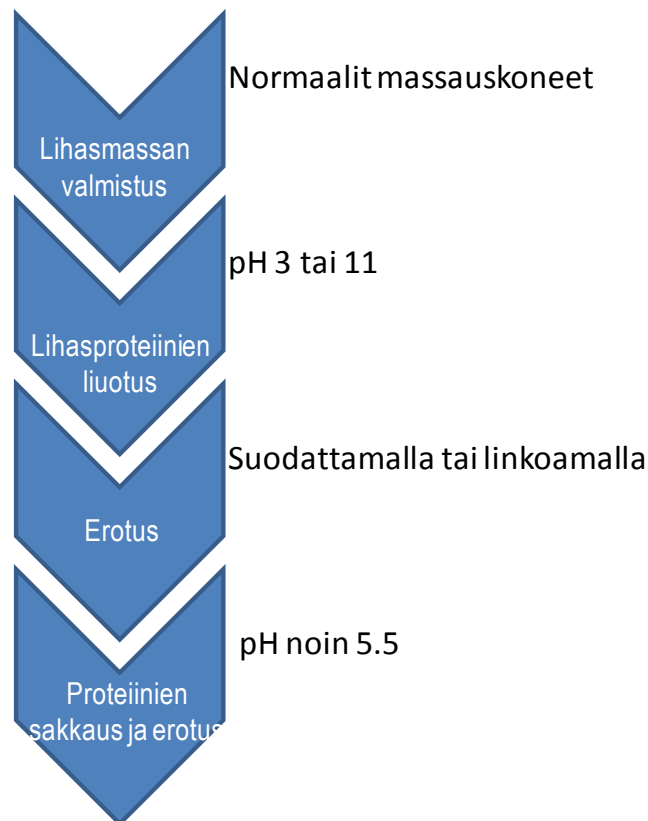
Kalasta voidaan valmistaa proteiinitiivisteitä suoraan uuttamalla tai hydrolyysin eli hajotusprosessin jälkeen. Kemiallisessa uutossa on käytetty muun muassa isopropanolia ja etanolia. Uutetuissa proteiinitiivisteissä on usein häiritsevän kitkerä maku, mikä heikentää tuotteiden käytettävyyttä. Hajotusprosessi saadaan aikaiseksi kemiallisesti ja entsyymaattisesti. Kemiallinen hajottaminen voidaan tehdä sekä hapoilla että emäksillä. Yleisimmin on käytetty suolahappoa ja lipeää. Proteiinien pilkkoutumista voidaan kiihdyttää lämmön ja paineen avulla. Kemiallisessa hydrolyysissä vaarana on biologisesti aktiivisten ominaisuuksien ja joidenkin aminohappojen häviäminen. Hapohydrolyysillä on valmistettu lannoitteita ja elintarvikkeiden aineosia. Emäshydrolyysiin perustuvia menetelmiä ei ole yleisessä kaupallisessa käytössä (Kristinsson ja Rasco 2000).

Kasviproteiineja eristetään teollisessa mittakaavassa saostamalla proteiinit pH-muutoksilla (Lusas ja Rhee 1995). Samaa menetelmää on kokeiltu myös silakan, kirjolohen perkeiden ja kasvatettujen sinisimpukoiden proteiinien eristämiseksi Ruotsin Chalmersin yliopistossa (Marmon ja Undeland 2010; Kuva 13). Menetelmällä saadaan talteen 60-70 prosenttia proteiinista ja sen etuna on myös vierasaineiden pitoisuuden selvä pieneneminen. Menetelmällä voidaan tällä hetkellä

valmistaa joitakin satoja kiloja raaka-ainetta (Undeland ja Marmon 2010, Vareltsis ja Undeland, 2012).

Kalaliivatetta eli gelatiinia valmistetaan erityisesti fileointijäännöksestä eli ruodoista, päistä ja nahkoista. Maailman liivatekulutus on lähes 330 000 tonnia. Valtaosa liivateesta tehdään naudan ja sian luista ja nahkoista. Kaloista tehdyn liivanteen osuus on noin 2 000 tonnia. Kalaliivatetta on tehty jo 1960-luvulta alkaen, mutta sen tuotekehitys ja tutkimus on kasvanut vasta viime vuosina. Kalaliivanteen erityisiä käyttökohteita ovat muun muassa uskonnollisten ryhmien elintarvikkeet (kosher ja halal), kala-vegetaristien elintarvikkeet ja tavallisille kuluttajille suunnattujen kalapihvien ja –pullien kiinteittäminen. Kalaliivateella ei ole selviä toiminnallisia hyötyjä liivanteiden pääasiallisissa käyttökohteissa vaan päinvastoin kalaliivanteen hyytymiskyky on eläinliivateita heikompaa huoneenlämmössä (Regenstein ym. 2010).

Gelatiini on denaturoitua kollageenia. Prosessissa kudosten kollageeni hajotetaan happamissa tai emäksisissä oloissa gelatiiniksi. Gelatiini uutetaan hajotetusta kudoksesta useiden vesiututujen avulla, jonka jälkeen se puhdistetaan, konsentroidaan ja kuivataan. Kalaliivanteen ominaisuuksia voidaan parantaa erityisesti maltillisia uuttolämpötiloja käyttämällä. Myös se, millaisiin lämpötilaoloihin kala on sopeutunut vaikuttaa liivanteen hyytymisominaisuuksiin eri lämpötiloissa. Kalan nahkasta saadaan talteen noin 10 prosenttia gelatiinia, jonka markkina-arvo on noin 10 euroa kilolta. (Draget 2010, Regenstein ym. 2010).



**Kuva 13.** Proteiini-isolaatin valmistaminen saostamalla (Thorkelsson ja Kristilsson 2009).

Entsyymien käyttö kalahydrolysaattien valmistuksessa on yleistynyt, sillä entsyymeillä saadaan aikaan hallittu ja lopputuotteen kannalta haluttu pilkkoutuminen. Entsyymaattisesti valmistettuja

hydrolysaatteja käytetään rehuissa, elintarvikkeissa, lisäravinteissa, mikrobien kasvualustojen valmistuksessa ja lääketeollisuudessa. Rehusovelluksista yleisimpiä ovat maidon korvaaminen poikimisen jälkeisessä imetysvaiheessa, kalojen alkukasvatusrehun ravitsemuksellisen laadun parantaminen tai rehun maittavuuden parantaminen kasviperäisissä kalanrehuissa. Lisäravinteissa tähdätään erityisesti urheilijoiden käyttämiin proteiinivalmisteisiin, joita varten on tärkeää päästä eroon kalan makua aiheuttavista yhdisteistä. Ranskalainen Sopropechen ja norjalainen Biomegan käyttävät entsyymihydrolyysiä myös ruotojauhon valmistuksessa (mm. Kristinsson ja Rasco 2000, Blanco et al. 2007).

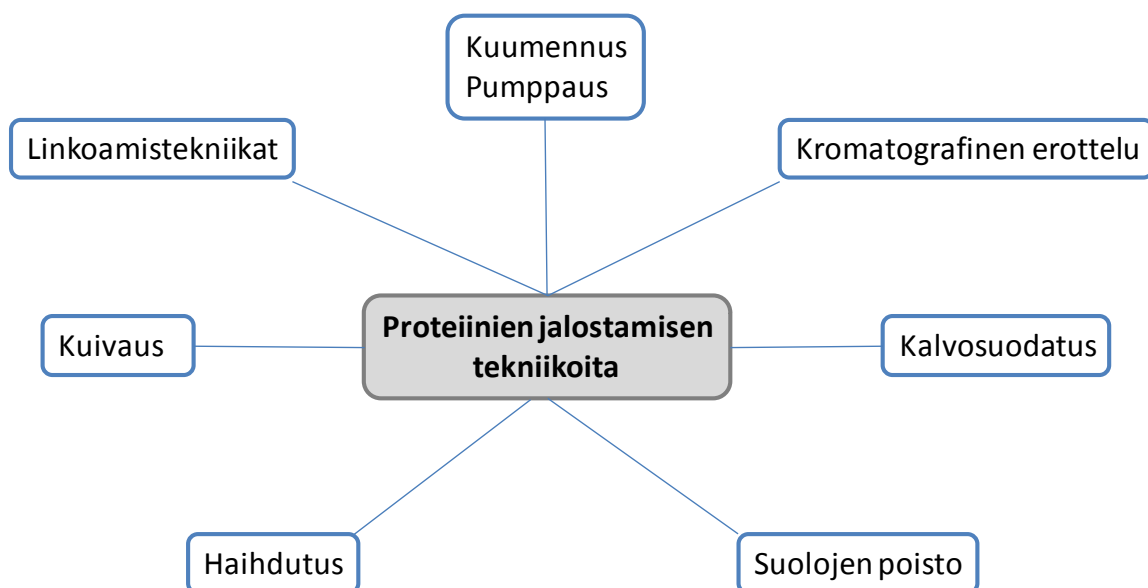
Entsyaattisessa prosessissa raaka-aineet jauhetaan ja sekoitetaan veteen (Kuva 14). Mahdollisen pH:n säädön jälkeen lisätään teollisia proteaaseja tai hajoamisprosessin annetaan käynnistyä kalan ruuansulatuskanavassa omien entsyymien vaikutuksesta. Entsyymipilkonnan ajaksi lämpötila säädetään sopivaksi seosta yleensä lämmittäen ja sekoittaen. Entsyymit inaktivoidaan kuumentamalla ja tuote voidaan samalla lopuksi pastöroida 80-90 asteessa. Entsyymin valinnalla ja prosessin olosuhteilla vaikutetaan proteiinin pilkkoutumiseen, millä on suuri merkitys elintarvikkeiden laatuominaisuuksille (mm. maku, liukoisuus, vedensitomiskyky, vaahtoaminen, rasvan imemiskyky, emulgoituminen, hyytelöityminen) sekä terveys- ja lääkevaikutteisten yhdisteiden fysiologisille vaikutuksille (Kristinsson ja Rasco 2000, Blanco et al. 2007).



**Kuva 14.** Proteiini-isolaatin valmistaminen entsyymaattisesti (Thorkelsson ja Kristilsson 2009).

### 4.3. Pilkottujen proteiinien eristäminen

Prosesseissa nestemäiseen jakeeseen päätyneitä proteiineja ja niiden hajoamistuotteita voidaan eristää kalvosuodatustekniikoilla, joita on käytetty laajasti erilaisessa prosessiteollisuudessa kuten paperi- ja meijeriteollisuudessa ja vedenpuhdistuksessa (esim. von Weymarn 2002). Näiden runsaasti vettä sisältävien jakeiden kuivaus on kallista, mutta uudet suodatustekniikat laskevat kustannuksia. Lisäksi suodattamalla voidaan poimia tietynkokoisia ja tiettyjä ominaisuuksia sisältäviä peptidejä. Mikro- ja ultrasuodatuksella voidaan erottaa proteiineja, joiden koko on 10 000-100 000 Daltonia. Suodatuskalvon huokoskoolla voidaan vaikuttaa talteen otettavien peptidien kokoon. Korkealla paineella toimivilla nanosuodatuslaitteilla tai käänteisosmoosilaitteilla voidaan erottaa alle 1 000 Daltonin peptidejä. Erityisesti lääketeollisuuteen päätyviä proteiineja voidaan lopuksi vielä puhdistaa kromatografialla. Suodattamalla erotettujen proteiinien rakenne voidaan selvittää sekvensoimalla ja niiden ominaisuudet esimerkiksi elintarvikkeissa, rehuissa tai lääkeaineena todentaa (Doolan 2010). Kalvosuodatustekniikan käyttöä kalajauhon valmistuksessa syntyvien vesiliukoisten yhdisteiden talteenotossa on tutkittu mm. Alaskassa (Pedersen ym. 2010). Suodattaminen pienentää jätevesikuormitusta ja samalla saadaan talteen arvokkaita proteiiniyhdisteitä. Proteiinituotteiden valmistuksessa käytettävät menetelmät on koottu kuvaan 15.



Kuva 15. Kalaan perustuvien proteiinituotteiden jalostustekniikoita.

### 4.4. Hapotetun kalan proteiinin jatkojalostus

Hapotettu kalamassa sisältää happokäsittelystä huolimatta suuren määrän arvokkaita proteiineja. Jotta nämä runsaasti vettä sisältävissä jakeissa olevat proteiinit saataisiin talteen, on kalamassa konsentroitava ja ylimääräinen vesi poistettava. Spraykuivaus on elintarvike- ja kemianteollisuudessa yleisesti käytetty nesteenpoistotekniikka, jonka avulla voidaan sumutuskuijata erilaisia emulsioita ja suspensioita. Tätä tekniikkaa apuna käyttäen voidaan saostettu kalaproteiini kerätä talteen suoraan jatkojalostettavassa jauhemuodossa.

Kun hapotetun kalamassan pH on noin 3,5, suurin osa kalan proteiineista on liukoisessa muodossa eli kalamassaa sentrifugoitaessa liunneena nestefaasiin. Osana tätä hanketta varten

hapotetun särkikalan nestefaasista valmistettiin spraykuivaimen avulla kalajauhoa, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 90 % ja proteiinipitoisuus 50 % (Järvinen 2012). Kalajauhoteollisuudessa muilla valmistusmenetelmillä valmistetun jauheen proteiinipitoisuus vaihtelee yleisesti 60 % ja 70 % välillä.

Spraykuivatun kalajauheen aminohappokoostumus määritettiin laboratoriossa ja saatua aminohappokoostumusta verrattiin kirjallisuudesta löytyviin kalajätteen ja hapotetun kalarehun aminohappokoostumukseen. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Spraykuivatun kalajauheen aminohappokoostumus vastaa suurelta osin kalajätteen aminohappokoostumusta. Aminohappojen, kuten arginiinin ja treoniinin, määrät ovat vastaavat tai korkeampia kuin kalajätteestä mitatut vastaavat aminohappoarvot (Järvinen, 2012).

**Taulukko 5.** Spraykuivatun kalamassan (g/100 g) aminohappokoostumus verrattuna kalajätteen ja hapotetun kalarehun (mg/100 g) aminohappokoostumukseen.

Aminohappo	Spraykuivattu kalaproteiini	Kalajäte	Hapotettu kalarehu
Arginiini	3,62	3,03	6,11
Fenyylialaniini	2,24	3,99	4,08
Histidiini	1,42	5,24	5,7
Isoleusiini	2,36	5,31	3,1
Leusiini	3,94	9,16	7,33
Lysiini	4,79	10,12	10,12
Treoniini	2,4	2,85	4,58
Valiini	2,64	6,42	4,16
Tryptofaani	0,404	0,79	0,66
Metioniini	1,46	6,88	3,75

## 5. Kalan käsittely energiaksi ja lannoitevalmisteksi

### 5.1. Biodieselin valmistus

Kalaöljyä voidaan käyttää lähes sellaisenaan joissakin polttimissa, mutta ne eivät sovi polttomoottorien polttoaineeksi ilman jalostusta. Dieselkäyttöön tärkeää viskositeettia ja kylmäominaisuuksia säädetään vaihtoesteröimällä öljyä alkoholin, yleensä metanolin, kanssa. Vaihtoesteröinnissä rasvahapot ja alkoholi reagoivat muodostaen rasvahappojen metyyliestereitä eli biodieseliä, sekä sivutuotteena glyserolia. Jakeet erottuvat painavamman glyserolin laskeutuessa reaktioastian pohjalle. Tämän jälkeen biodieselistä voidaan poistaa ylimääräinen alkoholi haihduttamalla. Epäpuhtaudet poistuvat vesipesulla. Myös glyseroli puhdistetaan, jonka jälkeen raakaglyseroli voidaan käyttää kemianteollisuudessa tai esimerkiksi biokaasutuotannossa (esim. Mäkinen ym. 2006).

### 5.2. Biokaasun tuotanto

Biokaasu on pääosin metaanin ja hiilidioksidin seosta, joista metaanilla on arvoa lämmön- ja sähköntuotantoon sekä liikennepolttoaineena. Biokaasua tuotetaan hapettomassa reaktorissa, jonne murskatut raaka-aineet eli syötteen ohjataan. Toiminnassa olevassa biokaasureaktorissa on erilaisia mikrobikantoja, jotka käyttävät syötettä ja sen hajoamistuotteita ravinnokseen ja tuottavat biokaasua. Syötteen hiilihydraatit hajoavat aluksi sokereiksi, proteiinit aminohapoiksi ja rasvat rasvahapoiksi. Hydrolyysivaiheen jälkeen alkaa happokäyminen ja etikkahappomuodostus. Metaani muodostuu etikkahaposta ja vedystä tyypillisesti 12-30 vuorokauden aikana. Biokaasun lisäksi prosessi tuottaa käsittelyjäännyksiä eli mädätettä, jossa on vielä jäljellä perusravinteita, mineraaleja ja tyyppiä.

Syötteen koostumus ja erilaisten syötteen osuus biomassasta vaikuttaa reaktorin toiminnan tehokkuuteen ja vakauteen. Siihen vaikuttavat myös seoksen pH, lämpötila ja kosteus. Prosessia haittaavat erityisesti biomassan hajoamistuotteet ammoniakki ja pitkäketjuiset rasvahapot. Erilaisilla laiteratkaisuilla, lämpötilalla, murskauksella, sekoituksella ja viipymällä on myös tärkeä merkitys biokaasuprosessin vakaudelle ja tehokkuudelle.

Biokaasulaitosten syötteissä on paikallisista jätevirroista johtuvia eroja. Jätevedenpuhdistamoiden yhteydessä jo pitkään toimineet laitokset käyttävät jätevesilietteitä ja maatilalaitoksilla käsitellään lähinnä lantaa. Uusimmat suuret laitokset ovat usein yhteiskäsittelylaitoksia, joissa yhdyskuntalietteen ja eläinten lannan lisäksi käsitellään mm. erilliskerättyä biojätettä, teollisuuden biosivuvirtoja, teurasjätteitä ja viljelykasvijätteitä. Tällöin syötteen koostumusta on mahdollista optimoida kaasutuotannon maksimoimiseksi ja siten biokaasulaitoksen taloudellisen kannattavuuden parantamiseksi.

Taulukossa 6 on jätteiden ja sivuvirtojen arvioitu energiantuottopotentiaali Suomessa (Asplund ym. 2005). Erityisesti lannan laskennallinen potentiaali on suuri. Laskelman teknistaloudellisesti potentiaalisesta lannasta suuri osa syntyy eläinsuojissa, joista lanta joka tapauksessa kuljetetaan pois. Vaikka muuhun käyttöön sopimattoman kalansaaliin määrä nousisi korkealle tasolle 5 000 tonniin, sen biokaasupotentiaali olisi koko maan tasolla vaatimaton muihin materiaaleihin nähden. Muuhun käyttöön kelpaamattomalla kalansaaliilla voisi kuitenkin olla merkitystä paikallisena syötteenä ja erityisesti syötteen koostumuksen optimoinnissa. Kalan runsas proteiinipitoisuus on

otettava huomioon syöttösuhteen mitoituksessa, koska proteiinista muodostuva ammoniakki inhiboi korkeana pitoisuutena prosessia. Hapossäilötty kalamassa olisi otollisen syöte sikäli, että sitä voitaisiin säilyttää ja käyttää sitten kun se on biokaasulaitoksen toiminnan kannalta otollista.

**Taulukko 6.** Vajaasti hyödynnetyn kalan ja ja nykyisin käytössä olevien raaka-aineiden biokaasun teknistaloudellinen tuotantopotentiaali vuonna 2015 Suomessa (Asplund ym. 2005).

Materiaali	TWh
Yhdyskuntajäte	0.5-0.8
Elintarviketeollisuus	0.2-0.3
Puhdistamoliete	0.2
Eläinten lanta ja olki	3-14
Peltobiomassat (kesanto)	2
Kaatopaikkakaasu	0.7
5 milj kg vajaahyödynnettyä kalaa	0.006

### 5.2.1. Hapotettu kala yhteismädätyksessä

Hankkeen kokeellisessa osiossa oli tarkoituksena arvioida pilottimittaluokan yhteismädätystä jätevedenpuhdistamon lietteellä ja hapotetulla kalalla ja verrata sitä pelkkään jätevedenpuhdistamosyötteeseen.

Prosessia ohjattiin orgaanisen kuormituksen ja VFA-pitoisuuden (Volatile Fatty Acids, haihtuvat rasvahapot) avulla siten, että kuormitus pidettiin välillä 2,5-3,0 kgVS/m<sup>3</sup>d ja VFA-pitoisuus alle 10 mmol/l. Koejakson alussa prosessi käynnistettiin täyttämällä reaktori täyteen aktiivisella lietteellä teollisen mittaluokan mesofiilisestä prosessista. Prosessia syötettiin noin 90 päivää pelkällä jätevedenpuhdistamon lietteellä, jonka jälkeen syötteeseen lisättiin 5 % hapotettua kalaa. Yhteismädätysjakso kesti 154 vuorokautta, sisältäen kuukauden jakson (vrk 104-140), jolloin hapotettua kalaa ei voitu lisätä teknisen ongelman vuoksi. Lietemädätysjaksoa pidetään nollassa, johon yhteismädätysjakson tuloksia verrataan.

Lietemädätysjakson aikana (60 vrk) tuotettiin 107 m<sup>3</sup> metaanikaasua ja orgaanista ainetta syötettiin 574 kgVS. Metaanintuotto suhteutettuna syötetyn orgaanisen aineen määrään oli lietemädätysjaksolla 0,19 m<sup>3</sup>/kgVS. Laboratoriokokeissa saman syötteen metaanipotentiaaliksi on mitattu 0,32 m<sup>3</sup>/kgVS, joten metaanipotentiaalista saatiin lietemädätysjakson aikana hyödynnettyä noin 60 %.

Yhteismädätysjakson (95 % lietettä ja 5 % hapotettua kalaa) aikana tuotettiin 323 m<sup>3</sup> metaanikaasua, ja orgaanista ainetta syötettiin 967 kgVS. Metaanintuotto suhteutettuna syötetyn orgaanisen aineen määrään oli yhteismädätysjaksolla 0,33 m<sup>3</sup>/kgVS, mikä on 174 % pelkkään lietemädätykseen verrattuna. Laskuissa on jätetty huomioimatta kahden hydraulisen viipymän mittainen jaksojen välinen siirtymäaika (46 vrk), jonka aikana reaktorin sisältö on oletettavasti vaihtunut kahdesti.

VFA-pitoisuus vaihteli lietemädätyksen aikana välillä 2,1-9,5 mmol/l ja pysyi koko ajan ase-tetun rajan (10 mmol/l) alapuolella. Yhteismädätyksessä VFA vaihteli välillä 0,8-22 mmol/l. Yhteismädätyksessä jouduttiin siis välillä pudottamaan kuormitusta, jotta VFA-pitoisuus ei pääse nousemaan liian korkeaksi.



Näin suuri parannus kaasuntuotannossa voidaan selittää yhteismädätyksen synergiaeduilla, jotka perustuvat prosessin parempaan stabiliteettiin, parempaan ravinteiden tarjontaan, ja sitä kautta vaikeasti hajoavien aineiden parempaan hajoavuuteen (Koch ym. 2011).

### 5.2.2. Hapotetun kalan ja jalostuksen sivuvirtojen kaasuntuottopotentiali

Laboratoriomittakaavan testeissä määritettiin hapotetun särkikalan ja hapotetun kirjolohen fileointi ja perkuujäännöksen kaasuntuottopotentiali (Palo, 2012). Testit suoritettiin Automatic Methane Potential Test System (AMPTS) II – laitteella, jolla voidaan määrittää raaka-aineiden kaasuntuottopotentiali luotettavasti halutussa lämpötilassa. Kaasuntuottopotentiali määritettiin seuraaville raaka-aineille: Hapotettu kala, hapotettu fileointijäännös/kalaöljy, hapotettu fileointijäännös/kasviöljy, hapotettu perkuujäännös/kalaöljy ja hapotettu perkuujäännös/kasviöljy. Fileointi- ja perkuujäännökset olivat peräisin eri tutkimuksessa olleilta kirjolohilta, joita oli ruokittu rehulla, jossa oli joko korkea kalaöljy- tai korkea kasviöljypitoisuus. Kaasuntuottopotentialit vaihtelivat 700 ml CH<sub>4</sub>/gVS ja 1430 ml CH<sub>4</sub>/gVS:n. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

**Taulukko 7.** Hapotetun kalan ja fileointijäännösten kaasuntuottopotentialiaaleja.

Näyte	Metaanintuottopotentiali (ml CH <sub>4</sub> /gVS)
Fileointijäännös/kalaöljy	1426
Fileointijäännös/kasviöljy	1329
Hapotettu kalamassa	640
Perkuujäännös/kalaöljy	960
Perkuujäännös/kasviöljy	702

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kaikkien näytteiden metaanipotentialit olivat korkeat. Samalla laitteistolla määritettynä glyserolin metaanintuottopotentiali on 1450 ml CH<sub>4</sub>/gVS ja jätevesilietteen 200 ml CH<sub>4</sub>/gVS. Suuret erot metaanintuottopotentialissa ovat ymmärrettäviä johtuen näiden raaka-aineiden koostumuseroista glyserolin sisältäessä runsaasti hiiltä, jonka määrä taas on metaanintuottoa rajoittava tekijä jätevesilietettä hyödynnettäessä. Kalamassan ja öljyn koostumus on kaasutuoton kannalta selvästi tasapainoinen ja monipuolinen.

## 5.3. Lannoitevalmisteiden tuotanto

Biokaasutuotannon käsittelyjäännös (mädate) pyritään useimmin käyttämään lannoitevalmisteena tai maanparannusaineena. Lannoitekäyttömahdollisuudet ja -arvo maataloudessa riippuu ratkaisevasti käsittelyjäännöksen ravinnepitoisuudesta ja kemiallisesta koostumuksesta, erityisesti typpi- ja fosforisisällöstä (N:P-suhde).

Lannoitekäyttöä säädellään myös lannoitevalmistelaila (539/2006), mikä velvoittaa käsittelyjäännöksestä valmistetun lannoitteen koostumuksen vastaamaan laissa määriteltyjä lannoitetyyppejä. Lannoitetyypeille on säädetty vaatimuksia sekä raaka-aineiden että käsittelymenetelmien suhteen. Suomessa lainsäädäntö määrittelee maksimaaliseksi typpikäyttöksi 170 kg/ha/vuosi ja fosforimäärän ei tule ylittää 37,5 kg/ha/vuosi. Tämän lisäksi myös raskasmetallipitoisuudet ovat tarkoin säädeltäviä; esimerkiksi kadmiumin (Cd) määrä lietteessä ei saa ylittää 3,0 mg/kg.

Useimmille kasveille optimaalinen N:P-suhde on välillä (7-11):1, kun taas biokaasutuotantoon käytetyn jäteveden puhdistuslaitoksen lietteessä tämä suhde yleensä on rajoissa (2-6):1 eli tyypen määrä suhteessa fosforiin on selvästi liian pieni. Kun anaerobisen biokaasutuotannon aikana tyypeä poistuu selvästi fosforia enemmän, aiheuttaa prosessi N:P-suhteen heikkenemisen kasvuotannon kannalta. Mädätteen suoran lannoitekäytön mahdollisuudet ovat siten rajalliset erityisesti fosforirikkailla peltoalueilla.

Hygienisoitua käsittelyjäännöstä voidaan käyttää sellaisenaan maanparannusaineena. Orgaanisena maanparannusaineena voidaan käyttää lantaseosta, tuorekompostia, maanparannuskompostia ja näistä valmistettua kuivaraetta. Rejektiveden (mädätteestä erotettua nestettä tai jälkikäsittelyn suodosta) tulee lannoitekäytössä täyttää säädetyt ravinnepitoisuudet. Orgaanisten lannoitteiden tai orgaanisten eläinperäisten lannoitteiden ravinnepitoisuuksia niin ikään säädellään, ja edellä mainittujen tyyppinimien käyttökohteille on asetettu rajoitteita.

Lannan tai muiden sivuvirtojen ja käsittelyjäänöksen ravinteiden talteenotto on mahdollista paitsi biokaasutuotannon yhteydessä myös muilla kemiallisilla ja biologisilla menetelmillä. Lietelannan käsittelyyn on Suomessa kehitetty ja patentoitu (WO 2009/130385 A1, WO 2009/130396 A1) monivaiheinen menetelmä, jossa lopputuotteina saadaan ravinnevalmisteita kuten ammoniumtyyppiä ja fosforia struviitin (magnesiumammoniumfosfaatti, MAP) muodossa. Tämä menetelmä saattaa soveltua kalankasvatuslaitosten jätevesien käsittelyyn, mutta ei sellaisenaan happosäilytyn tai muun kalajätteen käsittelyyn.

Fosforin talteenottomahdollisuuksia eri raaka-ainelähteistä on lisääntyvästi tutkittu johtuen laskelmista, jotka osoittavat globaalien fosforilähteiden hupenemista. Talteenotto biokaasutuotannon jäännöksestä ja muista nestemäisistä fosforilähteistä tapahtuu saostus- ja kiteytysmenetelmillä, joissa kemikaalien ja pH:n säädön vaikutuksesta liukoinen fosfori saostuu. Saostaminen voidaan aikaansaada kalsiumfosfaattina ( $\text{CaSO}_4$ ) tai aiemmin mainittuna struviittina. Molemmat tekniikat on kaupallistettu. Teollisen mittakaavan Crystalactor®-prosessi  $\text{CaSO}_4$ :n erottamiseen löytyy mm. Hollannista ja struviitin erottamiseen kehitettyjä prosesseja ovat mm. Ostara (Kanada) ja Phosnix (Japani). Lannoitetehtaat ovat kiinnostuneet tämän kierrätysfosforin käytöstä lannoitekomponenttina, mutta laajamittainen tuotanto edellyttää vielä teknologian kehittämistä kustannustehokkaampaan muotoon.

## 6. Sivuvirtojen liiketoimintamallit ja kannattavuus

### 6.1. Lisäarvotuotteiden jalostuksen kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä

Maailmalla kalasivuvirtojen määrät ovat suuret ja niiden hyödyntämisestä on viimeisen vuosikymmenen aikana rakennettu uutta kannattavaa liiketoimintaa (Setälä ym. 2011, liite 3). Useimmat toimijat ovat suuria globaaleja yrityksiä. Suomen kalasivuvirtojen määrät ovat kansainvälisessä vertailussa hyvin pieniä ja suhteellisen hajallaan eri puolella maata. Suomessa turkiseläinten tarhaus on jo vuosia ollut merkittävä elinkeino, mikä on mahdollistanut elintarviketeollisuuden sivuvirtojen käytön turkiseläinten rehuksi. Tämä on taannut peruskysynnän, minkä vuoksi muiden hyödyntämisvaihtoehtojen tutkiminen on ollut vähäistä. Suomessa syntyvistä sivuvirroista on kuitenkin teknisesti mahdollista jatkojalostaa muun muassa kalaöljyä ja proteiinituotteita, mutta onko jalostus pienillä kalamäärillä taloudellisesti kannattavaa?

Kannattavuuteen vaikuttavat sivuvirran ominaisuudet, lisäarvotuotteiden hinnat ja tuotannon kustannukset. Raaka-aineen määrä vaikuttaa tuotannon ja logistiikan tehokkuuteen. Jos raaka-ainetta on paljon, kiinteiden investointi- ja työkustannuksen osuutta kokonaiskustannuksista saadaan vähenemään. Tuotantokustannukset kasvavat, mitä enemmän sivuvirrasta erotetaan tai tiivistetään erilaisia tuotteita. Energiakustannusten osuus on erityisen iso tuotantomuodoissa, joissa sivuvirroista joudutaan haihduttamaan vettä lämmittämällä. Mitä enemmän arvokkaita ainesosia sivuvirrassa on, sen kannattavampaa jalostus on. Tämän vuoksi tuotteiden arvon pitäisi jalostusprosessin pidentyessä nousta. Lisäarvotuotteiden markkinahinnat määräytyvät pääosin maailmanmarkkinoilla.

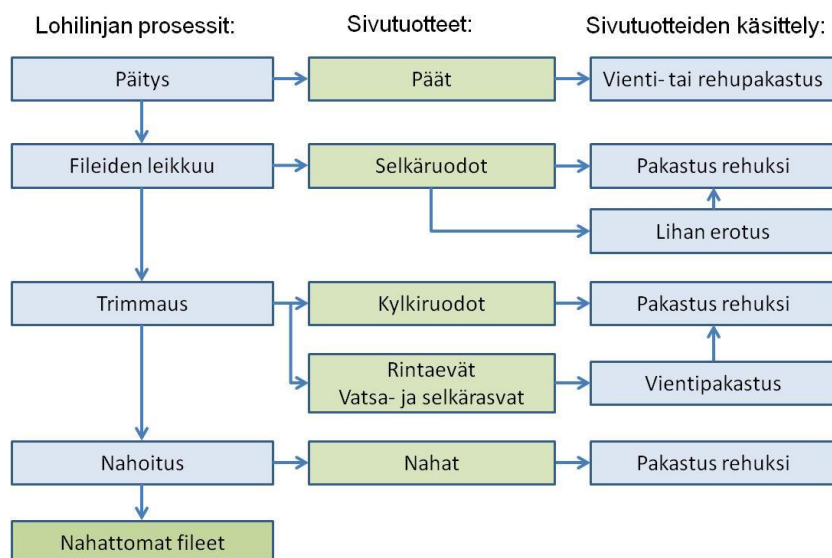
Seuraavassa kappaleessa arvioidaan kalasivuvirtojen nykyisen hyödyntämisen (turkiseläinten rehu ja vientituotteet) kannattavuutta, jota verrataan lisäarvoa tuottavien uusien liiketoimintamallien kannattavuuteen.

Laskenta tehtiin Analytica -ohjelmalla ([www.lumina.com](http://www.lumina.com)), joka mahdollistaa syötettyjen parametrien epävarmuuden (arvon todennäköisyysjakauman) huomioimisen. Tällöin taloudellinen tulos ilmaistaan myös todennäköisyysjakauman muodossa. Kannattavuuden laskennassa käytettyjen kustannus- ja tuottotekijöiden arvot ovat liitteessä 2. Kannattavuutta koskevat peruslaskelmat on tehty kaikille tuotantomuodoille 500 tonnin vuotuiselle sivutuotevirralle. Lisäksi on arvioitu markkina arvo koko sivuvirtamassalle, jos se käsitellään esitettyllä tavalla.

## **6.2. Kalasivuvirtojen käsittelyn nykyinen kannattavuus**

### **6.2.1. Lohikalojen fileoinnissa syntyvät sivuvirrat**

Lohen ja kirjolohen fileoinnissa syntyi noin 6,4 miljoonaa kiloa fileointijäänöksiä vuonna 2009. Suurin osa jalostuslaitoksista pakastaa fileointijäänökset ja toimittaa ne turkiseläinten rehujen raaka-aineeksi. Osa fileointiyrityksistä erottaa selkäruodoista kalamassaa ja osa yrityksistä vie pakastettuja kalan päitä ja vatsaliepeitä ulkomaille elintarvikekäyttöön. Fileointilinjan tuotantovaiheet, sivutuotteet ja niiden nykyiset tuotantotavat on esitetty kuvassa 16.

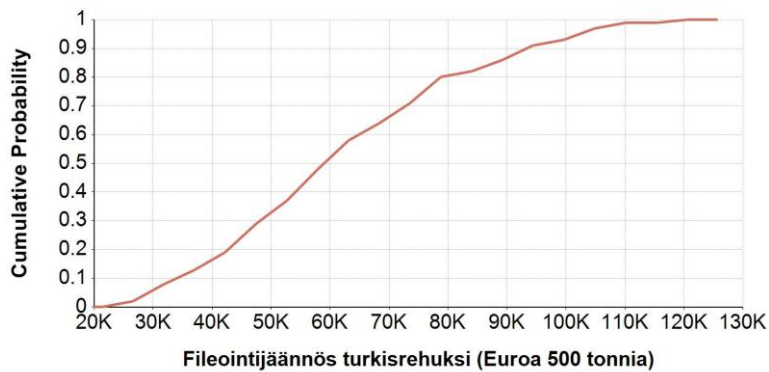


**Kuva 16.** Lohifileointijäännöksen jaottelu sivutuotteiksi.

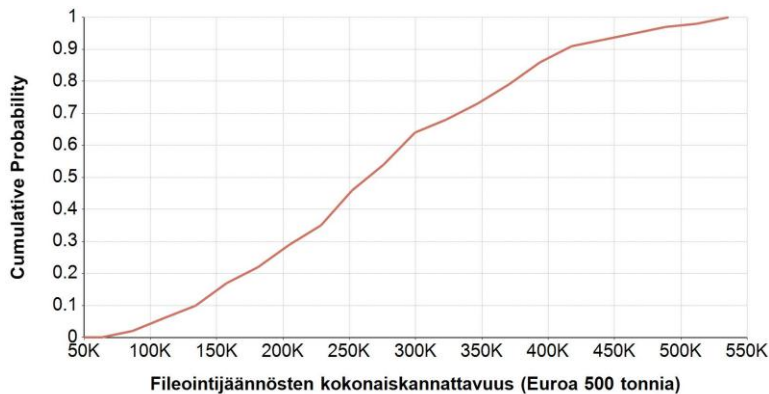
Fileointijäännösten koko markkina-arvo on 960 000 euroa, jos koko Suomessa syntyvä massa myydään turkistarhoille 15 sentin keskihinnalla. Pakastuskustannukset kiloa kohti vaihtelevat yrityksestä riippuen 3-10 sentin välillä, jolla sivuvirtojen myyminen turkistarhoille on ollut kannattavaa (Kuva 17). Keskimääräinen voitto olisi oletetulla myyntihinnalla noin 60 000 euroa, jos raaka-ainemäärä on 500 tonnia. Nykyisin turkiseläinten rehua tekevät rehusekoittamot maksavat fileointijäännöksestä laskennan oletuksia korkeampaa hintaa, jopa 30 senttiä kilolta. Fileointijäännöksistä voidaan maksaa jopa normaalia rehukalaa korkeampaa hintaa, koska ne sisältävät paljon energiaa. Pitkään rehukalan hinta on kuitenkin ollut oletettua matalampi, eli noin 10 sentin luokkaa.

Kuvissa 18-22 esitetään eri tuotteiden tuotannon kannattavuutta, jos lohikalojen 500 tonnin fileointijäännöksen selkäruodoista erotetaan liha jalostukseen, päät sekä vatsaliepeet myydään vientimarkkinoille ja vain jäljelle jäävät nahat ja ruodot myydään rehuksi. Markkinointi- tai rahtikustannuksia ei ole laskennassa huomioitu. Tässä yhteydessä on muistettava, että 500 tonnin sivuvirta syntyy Suomessa vain harvoissa kalanjalostuslaitoksissa, joissa on pitkälle automatisoituja tuotantolinjoja. Tätä pienemmissä yksiköissä sivuvirtoja on vaikea käsitellä tehokkaasti.

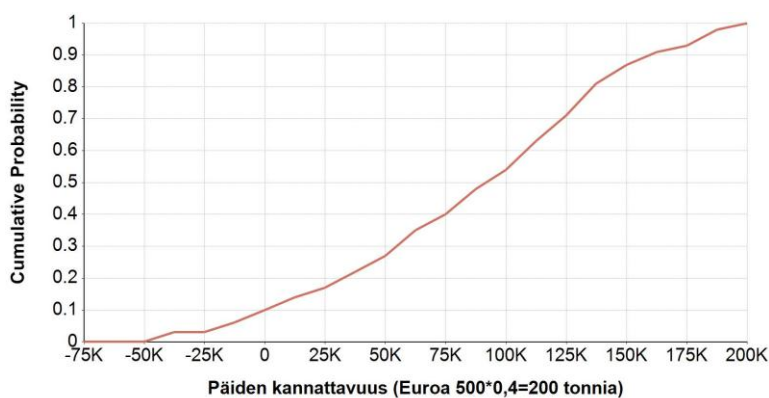
Liiketoimintakokonaisuus on kannattava (Kuva 18). Lihan erotus sekä päiden ja vatsaliepeiden vienti ovat kannattavia toimintoja (Kuvat 19-22). Kalan nahkojen ja ruotojen myynti rehuksi ei välttämättä kata niiden käsittelykustannuksia (Kuva 21). Ruotojen ja nahkojen myyntihinnan oletettiin olevan vain 5 senttiä kilolta, koska eläinravinnon kannalta oleellisia ainesosia on jo prosessin aikaisemmassa vaiheessa erotettu muuhun käyttöön. Jos kaikki Suomessa syntyneet lohikalojen fileointijäännökset (6,4 miljoonaa kiloa) voitaisiin käsitellä vastaavalla tavalla, niiden markkina-arvo olisi rehukäyttöön nähden miltei kymmenkertainen (Kuva 23, Taulukko 4).



**Kuva 17.** Lohifileointijäännöksen rehumyynnin kannattavuus 500 tonnin fileointijäännöksistä. Keskimääräinen voittoarvio on 61 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).

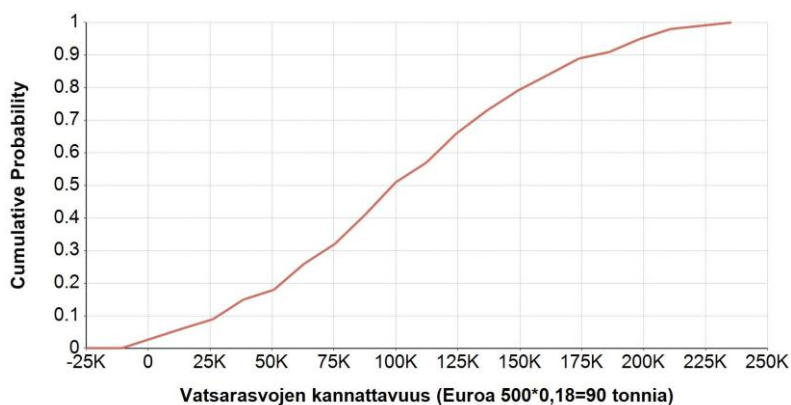


**Kuva 18.** Liiketoiminnan kannattavuus, kun raaka-aineena on 500 tonnia lohikalojen fileointijäännöstä ja ruodoista erotellaan lihat, päät ja vatsaliepeet viedään ja loput (nahat ja ruodot) myydään rehuksi. Keskimääräinen voittoarvio on 272 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).

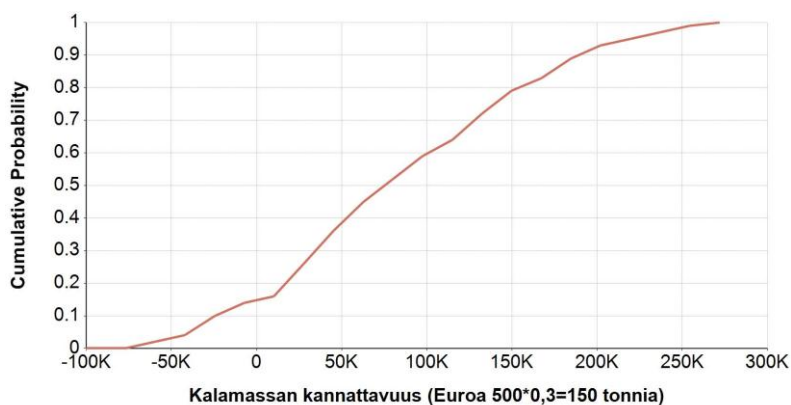


**Kuva 19.** Päiden myynnin kannattavuus, kun päitä myydään 200 tonnia (=40 % \* 500 tn). Keskimääräinen voittoarvio on noin 85 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).

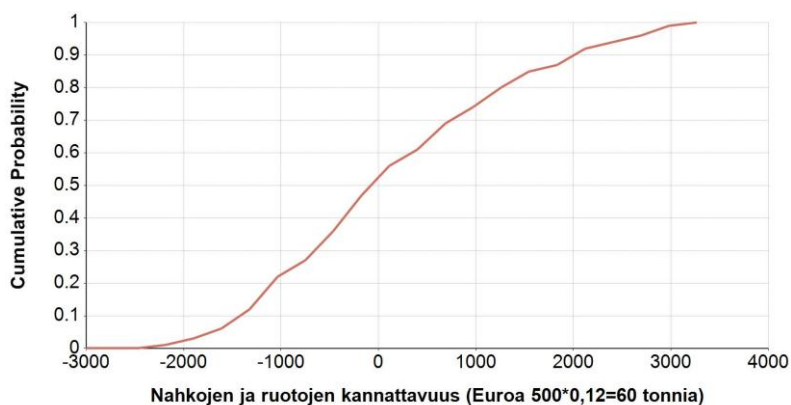
Vajaasti hyödynnetyn kalamateriaalin jalostus lisäarvotuotteiksi - liiketoimintanäkymät



**Kuva 20.** Vatsaliepeiden myynnin kannattavuus, kun liepeitä myydään 90 tonnia (=18 % \* 500 tn). Keskimääräinen voittoarvio on noin 102 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).



**Kuva 21.** Kalamassan erottamisen kannattavuus, kun massaa erotetaan 150 tn (=30 % \* 500 tn). Keskimääräinen voitto on noin 82 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).



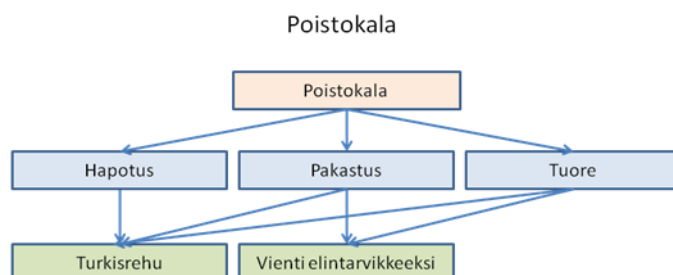
**Kuva 22.** Nahkojen ja ruotojen hyödyntämisen kannattavuus, kun niitä myydään 60 tonnia (=12 % \* 500tn) rehuksi. Keskimäärin tuotot kattavat kustannukset (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).



**Kuva 23.** Suomen lohikalojen fileointijäännöksen markkina-arvo, jos siitä erotettaisiin liha, pää ja vatsaliepeet vietäisiin ja loput menisi rehuksi (M= milj. €).

### 6.2.2. Poistokalan hyödyntäminen

ELY-keskukset ovat sopineet kalastajien kanssa 2,7 miljoonan särkikalakilon poistamisesta rannikolla. Laskelmassa ei huomioida elintarvikkeeksi (pääosin vientiin) myytäviä suurempia kaloja, joita arvioidaan olevan noin 500 tonnia saaliista. Tällä oletuksella noin 2,2 miljoonaa kiloa poistokalaa kulkeutuisi hapotettuna, pakastettuna tai tuoreena turkistarhoille.



**Kuva 24.** Poistokala käytetään rehuksi ja elintarvikkeiksi.

Koko poistokalasaaliin markkina-arvo on turkiseläinten rehun raaka-aineena hieman yli 320 000 euroa, jos rehun hinta on 15 senttiä kilolta. Särkikalajien pyynti on ollut kannattavaa, koska valtio on maksanut pyynnistä ympäristöpalkkiota 43 senttiä kilolta. Valtio voi myös tukea hapotuskapasiteetin rakentamista koskevia investointeja merkittävästi, enimmillään jopa 90 % investointikustannuksesta. Poistokalan hyödyntäminen rehuksi ei ole ilman ympäristöpalkkiota ja investointitukia kannattavaa (Kuva 25), koska yleensä jo pelkät kalastuskustannukset ylittävät rehukalan arvon.



**Kuva 25.** Liiketoiminnan kannattavuus, kun 500 tonnia poistokalaa hapotetaan ja toimitetaan rehuksi Keskimääräinen tappio on 217 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).

### 6.2.3. Silakan fileointijäännös

Silakan fileointijäännöstä syntyy noin 4,3 miljoonaa kiloa vuodessa. Kalateollisuudessa kokonainen silakka fileoidaan koneella ja perkuujäännös koostuu pääosin silakan päistä, ruodoista ja suolista. Silakkafileiden kysyntä on ollut laskeva ja fileiden tuotanto on keskittynyt muutamalle suurimmalle yritykselle. Fileointijäännös pakastetaan ja myydään turkiseläinten rehuksi. Jos fileointijäännöksen pakastus- ja käsittelykustannus on noin 3-5 senttiä kilolta, myynti rehuksi on kannattavaa. 500 tonnin arvo rehumarkkinoilla on 15 sentin kilohinnalla 75 000 euroa ja keskimääräinen voitto 55 000 euroa. Kaiken Suomessa fileoitavan silakan fileointijäännöksen rehuarvo on noin 650 000 euroa.

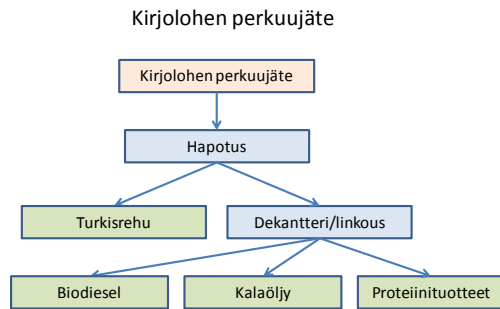
### 6.2.4. Kasvatetun kalan perkuujäte

Kalankasvatuksesta syntyi perkuujätettä noin 2,9 miljoonaa kiloa. Kirjolohen perkuujäte on hyvin rasvaista (noin 30% rasvaa). Perkeistä on viime vuosina tehty biodieseliä, kalaöljyä rehuikäyttöön sekä proteiinivalmisteita. Perkeet on yleensä haettu kasvattamoilta ilmaiseksi, jos etäisyys jalostamoon ei ole ollut kovin pitkä ja toimitukseen on saatu täysiä kuormia. Nykyisin osa kalankasvattajista myy perkuujätteensä turkiseläinten rehuksi.

Biodieselin hinta määräytyy muiden polttoaineiden ja öljypohjaisten raaka-aineiden perusteella. Kalaöljyn markkinahinta on biodieselin hintaa korkeampi, vaikka polttoaineen kallistuessa myös biodieselin tuotannosta on tullut kannattavampaa. Elintarviketuotantoketjuun menevän rehu kalaöljyn arvo on ollut puolitoistakertainen (oletusarvo 2,0 €/kg) polttoaineen hintaan nähden. Biodieselin tuotantoa on tuettu verohelpotuksin ja tuotantotukien avulla. Tuilla on suuri merkitys rasvapohjaisten sivutuotteiden käsittelyn kannattavuuteen.

Laskelmissa on arvioitu perkuujätteen fraktiointia kalaöljyksi ja proteiiniliuokseksi sekä perkuujätteen toimittamista hapotettuna turkistarhoille. Kalan hapottamiskustannukseksi oletettiin 5 senttiä kilolta ja teollisen öljyn linkoamisen kustannukseksi vajaa 36 senttiä raaka-ainekiloa kohti. Jos jäljellä jäävästä proteiiniliuoksesta ei eroteta kaikkea rasvaa, liuosta voidaan myydä tiivistämättömänä 15 sentin hintaan eläinrehuikäyttöön (Popsi). Liuokseen jäävän öljyn määrä vaikuttaa täten linkoamisen kannattavuuteen. Laskelmassa kalaöljyn tuotesaannoksi oletetaan 26 %, jolloin 4 % rasvaa jää proteiiniliuokseen ja se voidaan myydä turkiseläinleinolle. Proteiiniliuoksen saannoksi oletetaan 70 % ja toistaiseksi hyödyntämättömän mineraalisakan saannoksi 4 % kirjolohiperkeiden tuotepainosta.





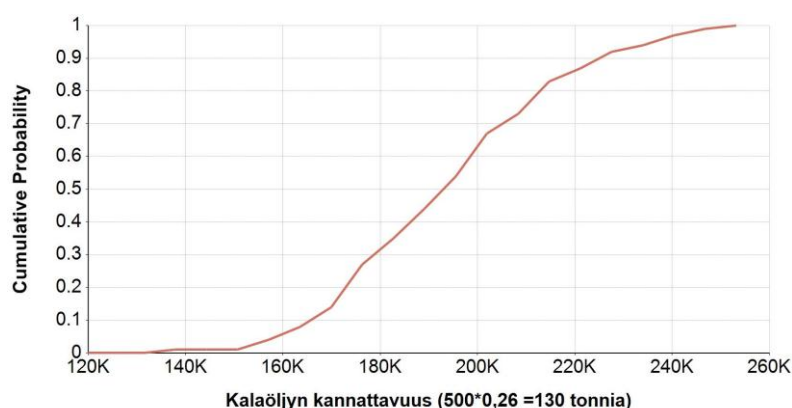
**Kuva 26.** Kirjoloihen perkuujätteestä erotetaan öljy ja proteiinit linkoamalla tai ne toimitetaan hapotettuna turkisrehuksi

Hapotettujen kirjolohiperkeiden myynti turkiseläinten rehun raaka-aineeksi on kannattavaa, vaikka hapotuskustannuksen päälle laskettaisiin kuljetuskustannus rehujalostamoon. 500 tonnin arvo rehuna olisi 15 sentin kilohinnalla 75 000 euroa ja keskimääräinen voitto noin 25 000 euroa. Taloudellinen tulos riippuu paljon kuljetuskustannuksista. Kaikkien kirjolohiperkeiden markkina-arvo olisi rehukäytössä laskennan oletuksin noin 435 000 euroa.

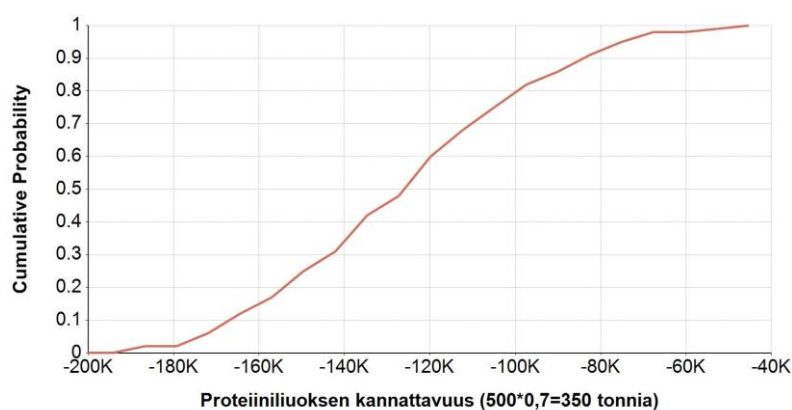
Liiketoimintamalli, jossa tuotetaan kalaöljyä tuotantoeläimille ja jonka sivutuotteena syntyy turkiselinkeinolle myytävää proteiiniliuosta tuottaa hieman voittoa (Kuva 27). Jos tuotantokustannukset kohdistetaan massan mukaan tuotteille, kalaöljyn valmistus on kannattavaa, mutta proteiiniliuoksen tuotanto tappiollista (Kuvat 28 ja 29). Biodieselin valmistus samankaltaisena prosessina ei ole ilman tukia kannattavaa, koska markkinahinta on kalaöljyn hintaa alempi.



**Kuva 27.** Liiketoiminnan kannattavuus, kun raaka-aineena on 500 tonnia hapotettuja kirjolohiperkeitä ja niistä tehdään kalaöljyä ja proteiiniliuosta. Keskimääräinen voitto on 67 500 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).



**Kuva 28.** Kalaöljyn valmistamisen kannattavuus kirjolohiperkeistä. Keskimääräinen voitto on 193 600 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).

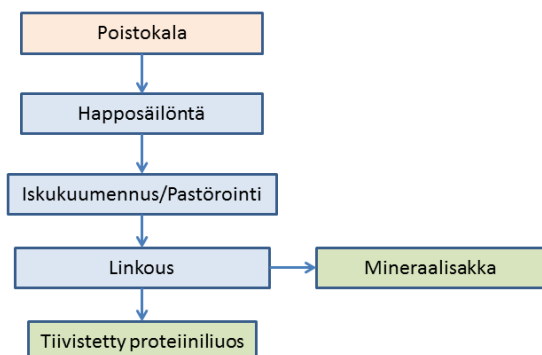


**Kuva 29.** Proteiiniliuoksen valmistamisen kannattavuus kirjolohiperkeistä. Keskimääräinen tappio on 126 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5)(K=1 000€).

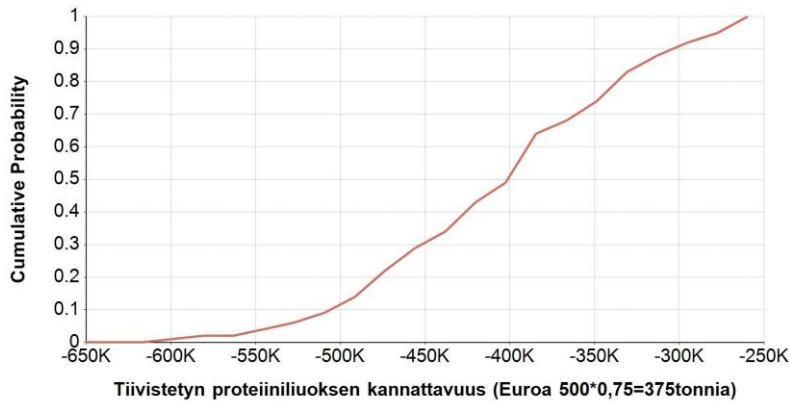
### 6.3. Vaihtoehtoiset liiketoimintamallit, kannattavuus ja arvo

#### 6.3.1. Proteiinin erottelu poistokalasta

Hajanaisia kalansaaliita voidaan hapottamalla säilöä ja kerätä suuremmiksi raaka-aine-eriksi. Hapotettu massa on mahdollista jalostaa ja tiivistää proteiiniliukseksi (kuiva-ainepitoisuus noin 35 %). Hapotettu kalamassa kuumennetaan ja mineraalipitoinen sakka erotetaan liuksesta linkoamalla. Jäljelle jäänyt tiivistetty proteiiniliuos voidaan hyödyntää tuotantoeläinten rehuna.

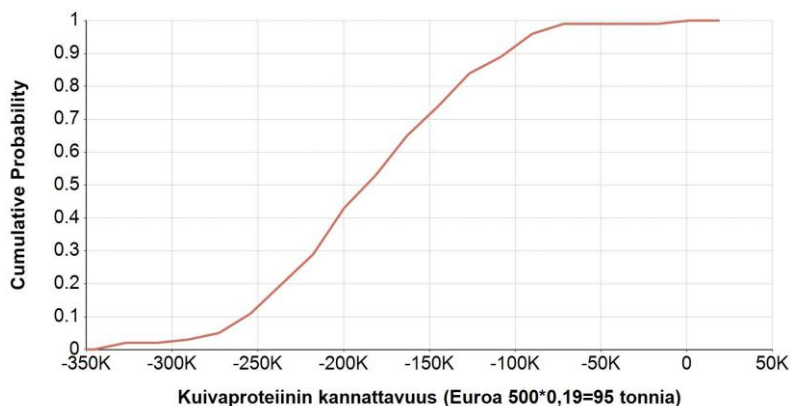


Kaikesta poistokalasta tehdyn tiivistetyn proteiiniliuoksen arvo olisi noin 900 000 euroa. Eläinrehuksi menevän proteiiniliuoksen linkoaminen ei ole kuitenkaan kannattavaa, vaikka tiivistetystä proteiiniliuoksesta saisi 55 senttiä kilolta. Pelkästään raaka-aineen kustannukset (noin 65 snt/kg) ovat korkeammat kuin tuotteesta saatu hinta.



**Kuva 30.** Poistokalasta tiivistetyn proteiiniliuoksen valmistuksen kannattavuus. Keskimääräinen tappio on 408000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5) (K=1 000€).

Proteiinia voidaan edelleen tiivistää pH-saostuksella. Saostunut proteiinirikaste erotetaan toistamalla linkous ja rikaste kuivataan spraykuivauksella. Jos tällaisen kuivaproteiinin kilohinta jää markkinoilla 4 euron tasolle, tuotanto ei ole tämänkään prosessin jälkeen kannattava. Poistokalan käsittely kuivaproteiiniksi saattaa kuitenkin olla vähemmän tappiollista kuin hyödyntäminen suoraan rehukäyttöön (vertaa kuvat 25 ja 31). Jos nykyistä poistokalastustukea jatketaan, kannattaa arvioida tarkemmin, kumpi vaihtoehto on järkevämpi.



**Kuva 31.** Poistokalasta tehdyn kuivaproteiinin tuotannon kannattavuus. Keskimääräinen tappio on 186000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5) (K=1 000€).

### 6.3.2. Lohikalojen fileointijäännöksestä korkealuokkaista elintarvikeöljyä ja proteiinia

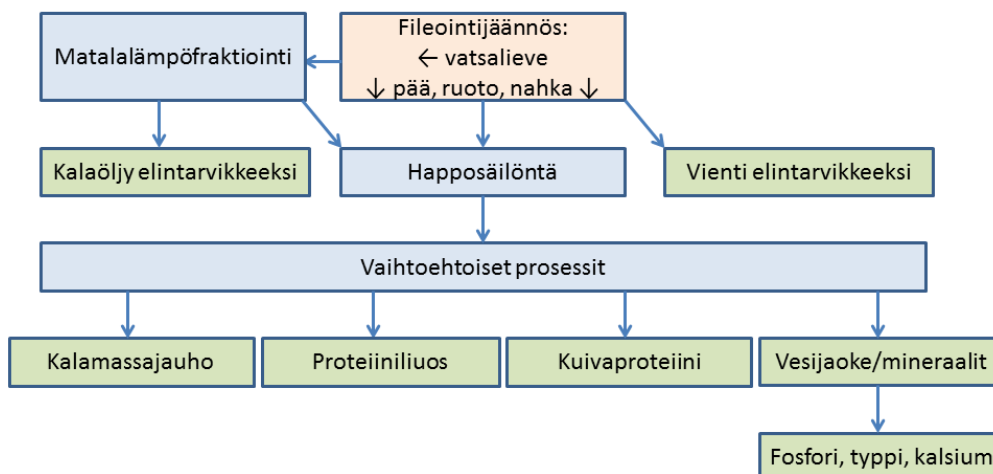
Elintarvikkeeksi myytävän kalaöljyn markkinahinta vaihtelee sen puhtauden ja muun muassa rasvahappojen, EPA ja DHA, pitoisuuden perusteella. Antioksidanttilisäyksiin on mahdollista pidentää säilyvyysaikoja, mikä vaikuttaa myös hintaan. Laskennassa teollisen elintarvikkeeksi käytettävän kalaöljyn keskimääräiseksi hinnaksi oletettiin 3,5 €/kg. Valmistettava tuote myydään esimerkiksi

elintarvike- tai lääketieteellisuuteen jatkojalostukseen, jossa voidaan valmistaa esimerkiksi lisäravinteina käytettäviä lohiöljykapseleita.

Taloudellisessa arvioinnissa oletetaan, että vain rasvaisista vatsaliepeistä erotetaan öljy ja muut fileointijäännökset hyödynnetään entiseen tapaan (katso kappale 6.2.1). 500 tonnista lohikalojen fileointijäännöksistä saadaan näin noin 27 tonnia öljyä. Vatsaliepeitä on 500 tonnin fileointijäännöksestä arviolta noin 90 tonnia. Vatsaliepeiden rasvaprosentti on arviolta noin 30 %. Elintarvikkeisiin tarkoitettu öljy tulee valmistaa matalammassa lämpötilassa tuoreista raaka-aineista, jonka jälkeen öljy tulee jäähdyttää ja säilyttää kylmässä.

Laskennassa oletetaan, että öljyn erotuslaitteisto rakennettaisiin fileointilinjan yhteyteen. Kalateollisuudella on riittävät kylmätilat valmiina, minkä vuoksi säilytystilojen investointikustannusta ei ole huomioitu laskennassa. Kalaöljyn fraktiointiin vaadittavilla pienilläkin laitteilla on kapasiteettia käsitellä huomattavasti tarkasteltua suurempia sivuvirtamassoja. Tällöin tuotantomäärän kasvu laskee kalaöljyn tuotantokustannusta ja parantaa kannattavuutta. Investointikustannuksen osuus tuotantokustannuksesta on laskennan oletuksin noin 25 %.

Kalaöljyn määrää on mahdollista lisätä ohjaamalla myös päät ja selkäruodot (lihoineen) kalaöljyerotukseen. Niissä on kuitenkin suhteellisen runsaasti rasvaa (noin 20 %), vaikka rasvaprosentti ei olekaan aivan yhtä hyvä kuin vatsaliepeissä. Tässä yhteydessä lasketaan kuitenkin paljonko hyöty muuttuu, jos ainoastaan vatsarasvojen sivuvirrat hyödynnettäisiin kalaöljytuotantoon ja muut sivuvirrat käytetään entiseen tapaan. Fileointijäännösten jaokkeet on mahdollista myös happosäilöä ja jatkojalostaa raportissa esitetyin prosessein esimerkiksi eläinrehujen raaka-aineiksi (kuva 32).

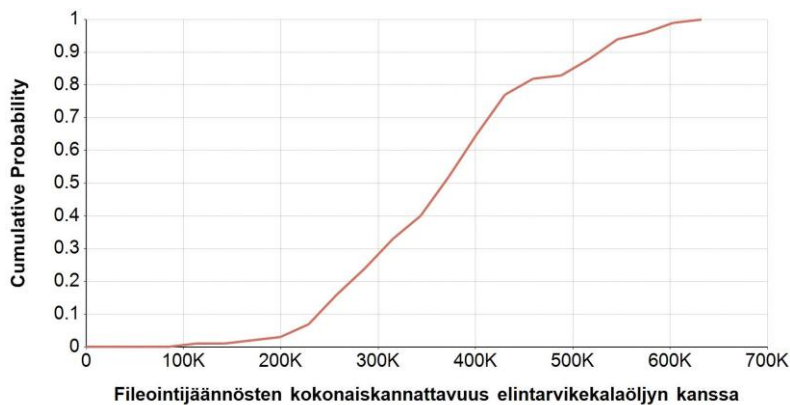


**Kuva 32.** Lohifileointijäännöksen vatsaliepeistä puristetaan kalaöljyä elintarvikekäyttöön ja loput jaokkeet voidaan hapottaa tai myydä vientiin.

Elintarvikkeisiin kelpaavan kalaöljyn erottaminen vatsarasvoista on kannattavampaa kuin vatsarasvojen vienti (vertaa Kuva 20 ja 33). Fileointijäännöksen hyödyntämisen kokonaiskannattavuus nousee kolmanneksen ja markkina-arvo koko sivuvirralla voisi olla yli 11 miljoonaa eroa (Kuvat 18 ja 34, 35). Mikäli kalaöljyn hinta on markkinoilla yhtä hyvä kuin on oletettu, saattaa olla perusteltua siirtää myös päät ja fileointilinjasta tulevat selkäruodot kalaöljyprosessiin.



**Kuva 33.** Kannattavuus, kun lohifileointijäännöksen vatsaliepeistä puristetaan kalaöljyä elintarvikekäyttöön. Keskimääräinen voittoarvio on 199 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5) (K=1 000€).



**Kuva 34.** Lohikalojen fileointijäännösten erottamisen kannattavuus, kun vatsaliepeistä puristetaan elintarvikekalaöljyä ja muut jaokkeet hyödynnetään entiseen tapaan. Keskimääräinen voittoarvio on 368 000 euroa (kumulatiivinen todennäköisyys on 0,5) (K=1 000€).



**Kuva 35.** Lohikalojen fileointijäännösten kokonaismarkkina-arvo, kun vatsaliepeistä puristetaan elintarvikekalaöljyä ja muut jaokkeet hyödynnetään entiseen tapaan (M= milj. €).

## 7. Johtopäätökset

Kalalla tyydytetään yhä enemmän maailman kasvavan väestön valkuaisainetarvetta. Kalan saaliita ei voida enää lisätä, mutta nykyinen saalis voidaan hyödyntää entistä tehokkaammin. Pääosa saaliista

käytetään ihmisravinnoksi, mutta elintarviketuotannossa syntyviä sivuvirtoja voidaan käyttää entistä monipuolisemmin ja sen arvoa voidaan jatkojalostamalla lisätä. Vesiviljelyn kehittyminen ja kalanjalostuksen keskittyminen ovat luoneet sivuvirtavarantoja, jotka on mahdollista hyödyntää entistä laadukkaammin ja tehokkaammin.

Maailmalla sivuvirtojen hyödyntämisestä on luotu uutta kannattavaa liiketoimintaa (liite 3). Useimmat nykyiset toimijat ovat suuria globaaleja yrityksiä, jotka parhaillaan skaalaavat kehittämiään tuotantomenetelmiä suurtuotannoksi. Suomen kalasivuvirtojen määrät ovat tässä vertailussa hyvin pieniä ja osa virroista on hyvin hajallaan ympäri maata. Suomessa turkiseläinten tarhaus on jo vuosia ollut merkittävä elinkeino, mikä on mahdollistanut laajan silakan ja kilohailin kalastuksen, vähäarvoisten kalojen sekä elintarviketeollisuuden sivuvirtojen jouhevan hyödyntämisen turkiseläinten rehuksi. Tämä on taannut sellaisen peruskysynnän, että muiden hyödyntämisvaihtoehtojen tutkiminen on ollut vähäistä. Sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyvän tuotteiston ja tuotantoteknologian sekä markkinahintojen kehittyminen saattaa kuitenkin mahdollistaa lisäarvon tuottamisen myös Suomessa.

Tässä raportissa on arvioitu suomalaisia kalasivuvirtoja, teknologisia mahdollisuuksia jatkojalostaa kalasivuvirtoja ja lisäarvotuotteiden valmistuksen kannattavuutta Suomen raaka-ainevirroilla. Tavoitteena oli arvioida minkälaisen lisäarvotuotteiden valmistukseen Suomessa olisi mahdollisuutta ja mihin lisäarvotuotteiden tutkimusta Suomessa kannattaisi suunnata. Tutkimustarve ajankohtaistui ensisijaisesti särkikalojen poistokalastuksen toteutumisen myötä, mutta hankkeen tulosten perusteella kalateollisuuden sivuvirrat saattavat olla merkityksellisempi raaka-ainevirto. Suomen nykyinen raaka-ainemäärä on noin 20 miljoonaa kiloa, josta kaksi kolmannesta on kalanjalostusteollisuuden sivuvirtoja. Muu osa on särkikalojen saalista ja kalankasvatuksen perkuujätteitä. Särkikalojen pyynti perustuu kuitenkin tällä hetkellä yhteiskunnan tukeen, mikä tekee tämän raaka-ainevirran pysyvyyden hyvin epävarmaksi. Koska poistokaloissa on niukasti arvokasta kalaöljyä, elintarvikekäytön lisäksi mahdollinen tapa nostaa niiden arvoa on eristää korkealaatuista proteiinia. Tässäkin täytyy muistaa, että esimerkiksi silakan saaliit ovat nyt jo kymmeniä miljoonia kiloja ja raaka-aineen hinta on neljännes poistokalan pyyntikustannuksesta.

Kalateollisuudessa on lohikalojen tuonnin ja jalostuksen automatisoinnin kautta merkittäviä sivuvirtakeskittymiä, joissa kalaraaka-aine käsitellään koko tuotantoketjun läpi elintarvikekelpoisesti sivuvirran syntymiseen asti. Tämä antaa tuotantoprosessia jatkokehittämällä mahdollisuuden korkealaatuisten elintarviketuotantoon sopivien lisäarvotuotteiden jalostamiseen. Alustavan analyysin perusteella elintarvikekelpoisen kalaöljyn tuotanto voisi olla isoimmissa kalalaitoksissa järkevä tapa nostaa lohen fileointijäännösten käsittelyn kannattavuutta. Tämä edellyttää investointia pienikokoiseen kalaöljyn puristuslaitteistoon, jolla on kuitenkin kapasiteettia nykyisin mahdollisia raaka-ainemääriä isompaankin tuotantoon. Kalaöljyn valmistukseen räätälöityä tuotantoprosessia ja tuotannon kannattavuutta tulisi jatkossa tutkia tarkemmin yhteistyössä lohikalaja jalostavan teollisuuden kanssa. Samalla pitäisi tutkia tarkemmin myös markkinoiden vaatimuksia.

Laitoksissa syntyy merkittävä määrä ruotoja, joiden arvo on hyvin pieni. Ruodot sisältävät paljon kalsiumia ja fosforia, joiden hyödyntämismahdollisuuksia tulisi tutkia erikseen. Nykyisellään ruodot murskataan turkiseläinrehun joukkoon. Ruodoista voidaan tuottaa ja talteenottaa elintarvike-, rehu-, lannoite- tai kemianteollisuudelle käyttökelpoisia kalsium- ja fosforiyhdisteitä, jos ne ensin jauhetaan ja sitten käsitellään mikrobiologisesti. Mikrobiologiassa käsittelyssä fosforia liuottavat mikrobit (Phosphorus Solubilizing Microbes, PSM) erottavat fosforin ruodoista. Tämän vaihtoehdon

soveltaminen fileointijäännösten hyödyntämiseen edellyttää tutkimushanketta, jossa selektiivisten mikrobikantojen käyttö ja sen kannattavuus selvitetään.

Silakan fileointijäännökset ja kalaperkuujäte sopivat nykyisillä jalostustavoilla lähtökohtaisesti muun kuin elintarviketeollisuuden raaka-aineeksi, pääasiassa rehuteollisuuden raaka-aineeksi. Analyysin perusteella pienten sivuvirtojen jatkojalostaminen rehuketjun kalaöljyihin tai tiivistetyksi proteiiniksi ei vaikuta kannattavalta. Nämä tuotteet voidaan tuottaa huomattavasti tehokkaammin muualla, missä kalavirrat ovat kertaluokkia suuremmat. Analyysin perusteella kalastus-, kalankasvatus- ja kalanjalostuselinkeinomme nykyiset toimintamallit (pakastus rehuksi ja vientiin) ovat toimivia. Pääosa näistä virroista ohjautuu turkiseläinten rehua valmistaviin rehukeskuksiin, jotka pystyvät ja ovat valmiita turkisnahkojen nykyisessä hyvässä markkinatilanteessa maksamaan kalaraaka-aineista ennätyskorkeaa hintaa. Turkiselinkeino on kuitenkin hyvin suhdanneherkkä ala, minkä vuoksi markkinatilanteet voivat muuttua ja uusien hyödyntämistapojen arviointi on pidemmällä näkökulmalla järkevää.

Raportissa selvitettiin myös bioenergiatuotannon mahdollisuuksia kalaraaka-aineesta. Siltä osin kuin vajaasti hyödynnettyjä kalamassoja ja kalanjalostuksen sivutuotteita ei voida taloudellisesti kannattavammin käyttää sellaisenaan tai jalostaa muiksi tuotteiksi, tulee harkittavaksi niiden hyödyntäminen bioenergiatuotannossa. Erityisesti lohikalojen perkuun yhteydessä saatavat sivutuotemassat sisältävät merkittäviä määriä rasvaa, joka voidaan verraten yksinkertaisesti erottaa muusta, pääasiassa proteiinia sisältävästä massasta, ja käyttää raaka-aineena biodieseltuotannossa jo olemassa olevissakin laitoksissa. Mikäli biodieseltuotannossa syntyvää glyserolia ei kaupallisteta muihin tarkoituksiin, se voidaan muiden sivutuotemassojen kanssa käyttää biokaasutuotantoon. Saatavat biomassavolyymit eivät tue tämän raaka-aineen varaan rakennettavia biokaasulaitoksia, vaan soveltuvien vaihtoehtojen on hyödyntävä nämä kalabiomassat yhteismädätyslaitoksissa optimoitaessa laitoksen syötekoostumusta. Kokeellisesti osoitettiin, että glyserolin ja kalabiomassan lisääminen parantaa metaanituottoa biokaasuprosessissa, joka perustuu jätevesilaitoksen tuottaman lietteen käyttöön raaka-aineena.

## Kirjallisuus

- Aas, G.H. ja Kjerstad, M. 2008. Totalutnyttelse av oppdrettsfisk. Rapport Å0808. Moreforskning. 21 s.
- Anon. 2002. Updated opinion and report on: a treatment of animal waste by means of high temperature (150°C, 3 hours) and high pressure alkaline hydrolysis. European commission health & consumers protection directorate-general. [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/ssc/out297\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/ssc/out297_en.pdf)
- Asplund, D., Korppi-Tommola, J. ja Helynen, S., 2005. Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015, Jyväskylä
- Baker, C.G.J. ja McKenzie, K.A. 2005. Energy Consumption of Industrial Spray Dryers. *Drying Technology*, 23: 365-386.
- Bækken, Ø 2008. Utvikling av fôr til fangstbasert akvakultur. RUBIN rapport 157, 9 pp. Stiftelsen RUBIN, Trondheim.
- Blanco, M, Sotelo, C.G., Chapela, M.J., Perez-Martin, R.I., 2007. Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends. *Trends in Food Science & Technology* 18: 29-36.
- Dong, F.M., Fairgrieve W.T., Skonberg D.I., Rasco B.A., 1993. Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacterial ensiled salmon viscera. *Aquaculture* 109: 351-366.
- Doolan, M., 2010. Recovery of added value protein fractions. Esitelmä Marine Ingredients-konferenssissa Osllossa 20.-21.9.2010.
- Draget K.I., 2010. Physical properties of gelatins from marine cold water fish species as function of extraction conditions. Esitelmä Marine Ingredients-konferenssissa Osllossa 20.-21.9.2010.
- Ganesan P., Pradeep M.G., Sakhare P.Z., Suresh P.V., Bhaskar N., 2009. Optimization of conditions for natural fermentation of freshwater fish processing waste using sugarcane molasses. *J Food Sci Technol* 46: 312-315.
- Haaland, H., Espe, M., Njaa, L. R. and Myklestad, H., 1990. Chemical composition and variation in some parameters during storage of 8 formic acid silages prepared from capelin. *Fisk. Dir. Ser. Eng.*, vol. III, No. 2, 59-74.
- Hasan B., 2003. Fermentation of fish silage using *Lactobacillus pentosus*. *Journal Natur Indonesia* 6: 11-15.
- Järvinen, A. 2012. Poistokala, sen proteiinit ja kalajauho. AMK-opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. 50 s.
- Kim TH, Nghiem NP, Hicks KB 2009. Pretreatment and fractionation of corn stover by soaking in ethanol and aqueous ammonia. *Appl Biochem Biotechnol* 153: 171-179.
- Koch, K., Gepperth, S. ja Gronauer, A. (2011). With a little help from a friend – Process additives in biogas production. International IWA –Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste and Energy Crops. Vienna, Austria Aug. 28 – Sept.1.
- Kristinsson, H.G., Rasco, B.A., 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical and functional properties. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 40: 43-81.
- Kristoffersen, K. 2007. Removal of dioxins from fishmeal and fishoil. Esitelmä Kalamiehetyön 70-vuotis juhlaseminaarissa ”Euroja senttikaloista, senttejä arvokaloista: vähäarvoisten kalojen ja arvokalojen vähäarvoisten osien tuotteistus” Pori 13.11.2007.
- Lindgren S., Pleje M., 1983. Silage fermentation of fish or fish waste products with lactic acid bacteria. *J Sci Food Agric* 34: 1057-1067.
- Lusas E.W., Rhee K.C., 1995. Soy protein processing and utilization. s. 117-160 kirjassa: Practical handbook of soybean processing and utilization. 584 s. Toim. D.R. Erickson. AOAC Press ja United Soybean Board.
- Lückstädt C., 2008. The use of acidifiers in fish nutrition. *CAB Reviews: Perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources* 2008 3, No. 044, 1-8.
- Marmon, S.K., Undeland, I., 2010. Protein isolation from gutted herring (*Clupea harengus*) using pH-shift processes. *J. Agric. Food Chem.* 58: 10480–10486.
- Mäkinen, T 2008. Voidaanko kalastuksella vähentää kalankasvatuksen ravinnekuormaa? Kalankasvatuksen nettokuormitusjärjestelmän esiselvitys. Riista- ja kalatalous. Selvityksiä, nro 2, 2008, 36 s.
- Mäkinen, T., Soimakallio, S., Paappanen, T., Pahkala, K., Mikkola, H. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kaviuhuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. VTT Tiedotteita 2357.
- Palo, P. 2012. Metaanintuottopotentialiaali yhteismädätyksessä. AMK-opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. 50 s.



- Patroklos K Varelzsis<sup>1,\*</sup>, Ingrid Undeland<sup>2</sup>, 2012. Protein isolation from blue mussels (*Mytilus edulis*) using an acid and alkaline solubilisation technique—process characteristics and functionality of the isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 92, Issue 15, pages 3055–3064.
- Pedersen L.D., Smiley S., Bechtel P.J., Spengler C., 2010. Stickwater processing by membrane filtration. S. 121-131. Proceedings of the symposium: A Sustainable Future: Fish Processing Byproducts. February 25-26, 2009. Portland, Oregon, USA.
- Plante S., Smiley S., Oliveira A.C.M., Bechtel P.J., 2010. Methods for drying stickwater. S. 133-145. Proceedings of the symposium: A Sustainable Future: Fish Processing Byproducts. February 25-26, 2009. Portland, Oregon, USA
- Regenstein J.M., Zhou P., Wang Y., Boran G., 2010. Fish gelatin: an unmet opportunity. S. 27-39. Proceedings of the symposium: A Sustainable Future: Fish Processing Byproducts. February 25-26, 2009. Portland, Oregon, USA.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Ammattikalastus merellä 2010. Riista- ja kalatalous – Tilastoja 3/2011. Suomen Virallinen Tilasto – Maa-, metsä- ja kalatalous. 60 s.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos Ammattikalastus merellä 2008. Riista- ja kalatalous – Tilastoja 3/2009. Suomen Virallinen Tilasto – Maa-, metsä- ja kalatalous. 61 s.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2012. Kalajalosteiden tuotanto 2011. Riista- ja kalatalous – Tilastoja 7/2012. Suomen Virallinen Tilasto – Maa-, metsä- ja kalatalous. 27 s.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2011. Kalajalosteiden tuotanto 2009. Riista- ja kalatalous – Tilastoja 1/2011. Suomen virallinen tilasto (SVT) – Maa-, metsä- ja kalatalous. 27 s.
- RUBIN 1994a. Utvikling av beinseparator for torskeavskjær. Stiftelsen RUBIN rapport 411/24.
- RUBIN 1994b. Beinseparator for ensilasje. Utprøving ved Bjugn Industrier A/S.. Stiftelsen RUBIN rapport 412/35.
- RUBIN 1997. Andendelse av fiskebeinmel. Bein separert ved ensilasjeproduksjon. Stiftelsen RUBIN rapport 308/65.
- RUBIN 2001a. Videreforedling av ensilasje ombord i fabrikråler. Dokumentasjon av kvalitet, prosess og økonomi. Stiftelsen RUBIN rapport 4301/91.
- RUBIN 2001b. Råensilasje i produksjon av spesialkvalitet fiskemel. Stiftelsen RUBIN rapport 4603/97.
- Ruohonen, K., Vielma, J. 1993. Silakan käyttö kalojen rehuna. Vuosiraportti. RKTL
- Undeland, I., Marmon, S., 2010. Production of protein isolates from underutilized marine raw materials using pH-shift processing. *Esitelmä Marine Ingredients-konferenssissa Oslossa 20.-21.9.2010.*
- Savolainen, R. 2013. Vesiviljely 2012. Riista- ja kalatalous. Tilastoja, nro 5/201, 30 s.
- Seafish 2005. Alkaline hydrolysis. Material at website  
[http://www.seafish.org/upload/file/waste\\_utilisation/Alkaline%20Hydrolysis.pdf](http://www.seafish.org/upload/file/waste_utilisation/Alkaline%20Hydrolysis.pdf)
- Setälä, J., Tarkki, V., Mannerla, M. ja Vielma, J. 2011. Vajaasti hyödynnetyn kalan kaupalliset käyttömahdollisuudet. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Työraportteja nro 11, 2011. 31 s.
- Setälä, J., Airaksinen, S., Lilja, J. ja Raitaniemi J. 2012. Pilottihanke vajaasti hyödynnetyn kalan käytön edistämiseksi. Loppuraportti 2012. Työraportteja, nro 10, 2012. 74 s.
- Suvanto, M., Setälä, J., 2007. Kalanjalostuksen yritys rakenne vuonna 2003. Kala - ja riistaraportteja nro 413, 2007. 26 s
- Sørensen M., Denstadli V. 2008. Alkaline preserved herring by-products in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Anim Feed Sci Techn* 144: 327-334.
- Tacon, A.G.J, Metian, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285:146–158.
- Tikakoski, S, Pokki, H, Setälä, J 2012. Kalatalouden toimialakatsaus vuonna 2012. Riista- ja kalatalous - Tutkimuksia ja selvityksiä, nro 9, 2012. 32 s.
- Tofte, H E, Seliussen J, 2009. Pereddiksyre som alternativt konserveringsmiddel i fiskeensilasje. RUBIN rapport 165, 19 pp. Stiftelsen RUBIN, Trondheim.
- Thorkelsson, G., Kristinsson, H. G., 2009. Bioactive peptides from marine source. State of art. Report to the nora fund. Reykjavík: Skýrsla Matís 14-09
- von Weymarn, N., 2002. Valmistusprosessit. S. 116-211 kirjassa: Bioprosessitekniikka. 445 s. Toim. E. Aittomäki, T. Eerikäinen, M. Leisola, H. Ojamo, I. Suominen, N. von Weymarn. WSOY.

## Liitteet

### Liite 1. Sivuvirran osuus kalatuotteissa

Sivuvirran osuus peratuista kaloista tehdyissä tuotteissa. Sivuvirran osuus silakasta on laskettu osuutena kokonaisesta kalasta.

<b>Sivuvirran osuus</b>	Nahallinen filee	Nahaton filee
Silakka	57 %	
Kirjolohi	30 %	40 %
Lohi	26 %	36 %
Muu kala	50 %	59 %

## Liite 2 Talouslaskennan oletukset

<b>Sivuotteiden markkinahinnat</b>		Hinnat €/kg			
<b>Tuote</b>	<b>Moodi</b>	<b>Minimi</b>	<b>Maksimi</b>	<b>Lähde/oletukset</b>	
Kalasisivuvirtojen käyttö rehuksi	0,15	0,10	0,30	Kalajalostajien haastattelut	
Lohenpäät	1,00	0,10	1,50	Kalajalostajien haastattelut	
Vatsarasvat	1,50	0,10	3,00	Kalajalostajien haastattelut	
Selkäruodot+liha	0,15	0,10	0,20	Kalajalostajien haastattelut	
Nahkat	0,05	0,00	0,20	Kalajalostajien haastattelut	
Muut ruodot	0,05	0,00	0,20	Kalajalostajien haastattelut	
Kalajauhelihamassa	2,30	1,50	4,00	Markkinahinta, kalajalostajien haastattelut	
Kalajauho	1,91	1,50	2,50	FAO	
Hapotetun kalasisivuvirta	0,15	0,10	0,20	Rehujalostusyrittäshaastattelut	
Kalaöljy, elintarvikkeeksi	3,50	2,00	5,00	Markkinahinta	
Konsentroidun proteiiniliuos	0,15	0,10	0,20	Rehujalostusyrittäshaastattelut	
Tiivistetty proteiiniliuos	0,55	0,40	0,70	Kuoppala suull. tiedonanto, lohen perkuujätteestä valmistettu happotiiviste (noin 30-35% proteiinia, 5% rasvaa) kuivaaineet noin 47%	
Kuivaproteiini	4,00	3,50	4,50	<a href="http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/EY/matkakertomus_bergen_2010.pdf">http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/EY/matkakertomus_bergen_2010.pdf</a>	
Biodiesel	1,50	1,30	1,70	<a href="http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/OECD_Reports/biofuels_chapter.pdf">http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/OECD_Reports/biofuels_chapter.pdf</a>	
Kalaöljy rehukäyttöön	2,00	1,60	2,40	<a href="http://www.fao.org/economic/est/prices">http://www.fao.org/economic/est/prices</a>	
<b>Sivuotteiden prosessikustannukset</b>		Hinnat €/kg			
<b>Prosessikuvaus</b>	<b>Moodi</b>	<b>Minimi</b>	<b>Maksimi</b>	<b>Lähde, oletukset</b>	
Vähäarvoisen kalan erottelu ja pakastus	0,35	0,25	0,45	Setälä ym 2012	
Pakkauskuusannus (ja pakastus)	0,40	0,30	0,50	Kalajalostajien haastattelut	
Vähäarvoisten kalojen kalastus	0,40	0,20	0,50	Setälä ym 2012	

## Vajaasti hyödynnetyn kalamateriaalin jalostus lisäarvotuotteiksi - liiketoimintanäkymät

	500 ton	1000 ton	2000 ton	
Happosäilöntä+ murskain laiteinvestointi	0,20	0,14	0,23	Setälä ym 2013
Happosäilöntä	0,05	0,04	0,06	Rehujalostusyrittäshaastattelut
Rehupakastus, teollinen	0,03	0,02	0,04	Kalajalostajien haastattelut
Rehupakastus, toissijainen	0,10	0,05	0,20	Kalajalostajien haastattelut
Fileointijäännöksen jaottelu	0,04	0,03	0,05	Kalajalostajien haastattelut
Lihamassaus, selkäruodosta	1,60	1,40	1,80	Setälä ym 2012
Kalaöljyn(foodgrade) separointi kust.	0,75	0,74	0,76	Fao raport: Salmon by product proteins ja Markkinahinta valmistajalta (GEA)
Linkoaminen	0,43	0,23	0,63	Yritystetoja useista lähteistä: Lämmitys 0,025€/kg, kuljetus 0,04€/kg, investoinnit ja rahoitus 0,16€/kg,, henkilö kust 0,2€/kg
Spraykuivauksen energiakust	0,20	0,10	0,30	Baker and Mc Kenzie 2005
Spraykuivauksen investointikust	0,46	0,36	0,56	Laitteen markkinahinta valmistajalta
Kalasisivuvirran kuljetus	0,04	0,03	0,05	Rehujalostusyrittäshaastattelut
Iskukuumennus	0,03	0,02	0,04	Huom. laskettu linkoamisessa jo noin 70 asteeseen
Ph saostus	0,03	0,02	0,05	Asiantuntijaarvio
	500 ton	1000 ton	2000 ton	
Höyrylämmitin	1,98	1,00	0,51	<a href="http://www.spx.com/en/multimedia-library/pdf/spx-brand-pdf/flow/apv/product-news/2012_11_29_SPX_MVR_Evaporator_Editorial.pdf">http://www.spx.com/en/multimedia-library/pdf/spx-brand-pdf/flow/apv/product-news/2012_11_29_SPX_MVR_Evaporator_Editorial.pdf</a>

## Liite 3 Matkakertomus

MARINE INGREDIENTS-KONFERENSSI

OSLO 23. - 24.9.2013

Susanna Airaksinen

Marine Ingredients -konferenssi kokosi Osloon toista kertaa noin 250 kalastuksen ja kalankasvatuksen sivuvirtojen hyödyntämisestä kiinnostunutta tutkijaa, rahoittajaa ja yritysten edustajaa. Ensimmäisen vuonna 2010 järjestetyn kokouksen jälkeen on tapahtunut paljon ja vuosittainen meriperäisten aineosien (engl. marine ingredients) tuotannon kasvu on vakaata. Sivuvirtojen hyödyntäminen on lisääntynyt ja niistä saataville tuotteille on jalostettu lisäarvoa. Tutkimus on ollut vilkasta ja sillä on pyritty tukemaan markkinoiden kehittymistä. Osa vielä kolme vuotta sitten kannattamattomista prosesseista on saatu kannattamaan. Toki osa yrityksistä on tänä aikana myös kaatunut.

Konferenssin esitykset esitettiin viiden teeman alla (liite 1). Kustakin teemasta luotiin sekä yleiskatsauksia että spesifisempiä tutkimusesittelyjä. Ohessa on tiivistettynä kahden kokouspäivän antia, osa esityksistä esitettiin rinnakkaissessioissa tai posteriesityksinä. RKTL:n FIU -hanke (Susanna Airaksinen<sup>1</sup>, Markus Kankainen<sup>1</sup>, Jari Setälä<sup>1</sup>, Ville Tarkki<sup>1</sup>, Jouni Vielma<sup>2</sup>, Jukka Kaitaranta<sup>3</sup>, Anne Norström<sup>3</sup>, Juha Nurmio<sup>3</sup>: Underutilized fish biomass for food, feed and bioenergy production) oli mukana posteriesityksenä. Alla on lyhyet yhteenvedot esityksistä kunkin teeman alle järjestettynä.

### 1 Johdatus aiheeseen

Poliittiset tavoitteet ja haasteet linjasi avauspuheenvuorossaan valtiosihteeri Hugo Bjørnstad Norjan kalatalous- ja rannikkoministeriöstä. Hän painotti EU:n ja OECD tahtotilaa parantaa uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämistä, jotta ruoan, tuotteiden ja energian saatavuus maailman kasvavalle väestölle voidaan turvata. Norjassa on arvioitu, että kalatalous- ja biomarine -teollisuus voisi kasvattaa arvoaan kuusinkertaiseksi nykyisestä vuoteen 2050 mennessä. Tämä edellyttää kestävyysajattelua, meriekosysteemin hyvinvointia, tietoa, innovaatioita ja toimivia, avoimia markkinoita. Keväällä Norjan hallitus on julkistanut strategisen paperin (engl. white paper), jossa linjataan toimialan tulevaisuutta ja visioidaan ensisijaisia toimenpiteitä. Painopisteenä on kestävyys, kannattavuus ja osaaminen. Lisäksi Norja on ollut mukana luomassa EU:n JPI Oceans marine research –ohjelmaa, jonka tavoitteena on tukea kestävästä meren luonnonvarojen hyödyntämisestä ja teknologista kehittämistä.

Katsauksen nykytilanteeseen loi OECD:n Carl-Christian Schmidt. Schmidt kuvasi käsitteitä vihreä kasvu ja sininen talous, joissa ajatuksena on kiinnittää huomiota luontoon ja ihmiseen sekä fyysisen ja aineettomaan pääomaan. Tavoitteena on samaan aikaan sekä hyödyntää että suojella luonnonvaroja, mikä edellyttää politiikkojen yhteensovittamista ja tietoon pohjautuvia innovaatiota. Vihreässä kalataloudessa vähennetään haitallisia ympäristövaikutuksia, parannetaan toimialan kannattavuutta, tuotetaan lisää kalamateriaalia hyödynnettäväksi ja parannetaan yritysten kilpailukykyä. Kalastuksessa tämä tarkoittaa esimerkiksi laajempaa ekosysteemitarkastelua ja energiankäytön ja hyödyntämättömän sivuvirran vähentämistä. Vesiviljelyssä tämä tarkoittaa esimerkiksi investointien tukemista pitkällä tähtäimellä, haitallisten ulkoisvaikutusten vähentämistä, hyvien käytäntöjen viemistä poliittisiin päätöksiin ja mahdollisimman pientä kalan input:output –suhdetta. Kalastus- ja vesiviljely kohtaavat, kun kyseessä on rehun raaka-aineet, alueiden käyttö ja tuotteiden markkinat. Myös muut sektorit hyödyntävät enenevässä määrin meriä ja merestä peräisin

olevia raaka-aineita, mikä laajentaa hallinnan tarvetta entisestään ja edellyttää kokonaisvaltaista tarkastelua myös eri toimialojen kesken.

WWF:n Nina Jensen toi esille erityisesti rehun raaka-aineiden kestävyiden kalankasvatuksessa. Kalaöljystä yli 80 % käytetään kasvavan vesiviljelyn tarpeisiin. Kasviperäisten raaka-aineiden osuus on viime vuosina voimakkaasti lisääntynyt, mikä edesauttaa vesiviljelyn kasvua. Muita edistysaskeleita on otettu jäljitettävyydessä, läpinäkyvyydessä, sivuvirtojen hyödyntämisessä sekä tutkimuksessa ja tuotekehityksessä. Tulevaisuuden rehujen tulee WWF:n näkemyksen mukaan sisältää enemmän kalanjalostuksen sivuvirtoja, makroleviä, muuta eläin- ja kasviperäistä hyödyntämätöntä materiaalia, mereisiä biojalosteita ja sertifioituja kasviöljyjä. Norjalaisten yritysten osuus meriperäisten aineosien markkinoista vuonna 2010 oli 20 %, joten vuosittainen kasvupotentiaali (4-12 %) on merkittävä ja luo uskoa myös uuden liiketoiminnan syntymiselle.

Kokouksen sponsoriyritys Hofseth Biocare esitteli oman lohien ympärille rakennetun kokonaisuuden, jossa entsyymaattisen hydrolyysin avulla tuotetaan lohifileiden lisäksi rasva-, proteiini- ja kalsiumvalmisteita ihmiskäyttöön (omeGo, proGo ja calGo). Avaimena on tuoreen materiaalin ekologinen ja hellävarainen käsittely, joka tuottaa lopputuotteet 24 tunnin kuluessa kalan fileoinnista. Urheiluravinteina myytävien lopputuotteiden korkea hinta on mahdollistanut tuotekehityksen ja investoinnit logistiikkaan ja uuteen teknologiaan. Reutersin uutisoinnin mukaan esimerkiksi proGo valmiste on ylivoimainen palauttava valmiste yleisesti käytettyihin heravalmisteisiin verrattuna.

## 2 Terveellisyys – tutkimus ja dokumentointi

George Grimble Lontoosta on perehtynyt kliiniseen ravitsemukseen ja ihmisen proteiiniaineenvaihduntaan. Kalaproteiinin tiedetään olevan terveellistä, mutta lisää tietoa tarvitaan bioaktiivisista komponenteista sekä niiden imeytymisestä ja aineenvaihdunnasta elimistössä. Solu- tai eläinmalleissa tunnistetut vasteet eivät välttämättä toteudu samanlaisina ihmiselimistössä. Uusia funktionaalisia yhdisteitä on mahdollista löytää, kun ilmiöt ruoansulatuselimistössä tunnetaan. Tämä edellyttää suhteellisen mittavaa ja perusteellista taustatutkimusta. Peptidien imeytymistä voidaan ennustaa mm. niiden sekvenssin perusteella.

Alex Richardson Oxfordista on perehtynyt omega-3 rasvahappojen merkitykseen aivoissa. Pitkäketjuisia omega-3-rasvahappoja, EPA ja DHA, saadaan vain mereisistä mikro-organismeista, kaloista ja äyriäisistä. Hänen mukaansa esimerkiksi sydän- ja verisuonitaudeille määritetyt rasvahapposuositukset eivät välttämättä riitä muiden terveysvaikutusten, kuten aivojen terveyden, saavuttamiseen. Aivojen rasvahapoista jopa 10 % on DHA:ta. Kuitenkin ravitsemuksessa käytetään yhä enemmän tyydyttyntä rasvaa ja omega-6-rasvahappoja. Voiko tämä selittää lisääntyneitä mielenterveysongelmia, joita on diagnosoitu mm. jopa 20 %:lla brittiläisistä?

Edel Elvevoll Tromssan yliopistosta vertasi tuoreiden seafood-tuotteiden terveellisyttä jalostettuihin tuotteisiin ja lisäravinteisiin. Pitkälle viedyssä jalostuksessa voidaan menettää huomattava osa ravintoaineista, kuten vitamiineista ja mineraaleista (80 %), kuidusta (70 %) ja antioksidanteista. Kalanjalostusteollisuudessa syntyy jopa 60 % ns. sivuvirtaa, josta voitaisiin kuitenkin valmistaa arvokkaita yhdisteitä, joten tuotantotapojen ja tuotteiston kehittäminen on tärkeää. Jalostuksen sivuvirtojen lisäksi uutta raaka-ainetta lisäarvotuotteisiin on saatavissa myös eläinplanktonista ja mikro- ja makrolevistä.

Ravintoaineiden hävikkiä esimerkiksi eristettävässä öljyssä voidaan ehkäistä laskemalla käsittelylämpötiloja. Tämä vähentää antioksidanttien hajoamista, hidastaa kemiallisia reaktioita ja

vähentää hajun ja maun siirtymistä öljyyn. Myös proteiinien hajoaminen vähenee, jolloin niistä vapautuu vähemmän metalli-ioneja, jotka vapautuessaan laukaisevat hapettumisreaktioita.

Tieteellinen näyttö kalan ja äyriäisten syönnin terveysvaikutuksista on vakuuttavampaa kuin kalan ja äyriäisten sisältämien aineosien syöminen lisäravinteina. Tuoreissa käsittelemättömissä raaka-aineissa ravintoaineet muodostavat kokonaisuuden, jossa tärkeitä ainesosia suojataan ja jossa eri aineosat voivat vaikuttaa synergisesti. Yhdisteet erillisinä tai jatkojalostettuina eivät välttämättä yllä samaan, jolloin terveyttä edistäviä aineosia voidaan joutua lisäämään suuria määriä.

Livar Frøyland NIFES:stä painotti, että uusien tuotteiden markkinoille saattamisen kannalta keskeistä on, että tuoteturvallisuus ja väitetty terveyshyöty on dokumentoitu ja pystytään osoittamaan. Terveysväittämät hyväksyvä viranomainen on EFSA (European Food Safety Authority), joka tekee riskinarviot tieteelliseen näyttöön pohjautuen. Protokolla riippuu siitä, onko kyseessä tuote, jolle haetaan terveysväittämää vai uuselintarvike vai jollekin erityisryhmälle (imeväinen, allergikko yms.) suunnattu tuote. Elintarvikkeen lisäaine tarvitsee arvion aineesta itsestään sekä sen käyttösovelluksesta.

Funktionaalisen elintarvikkeen, uuselintarvikkeen ja lisäaineen arviointi edellyttää siis mittavaa ja raskasta tieteellistä taustatyötä, jonka pohjalta EFSA tekee arvioin, joka joko mahdollistaa tai estää tuotteen markkinoille pääsyn. Tieteellinen näyttö koostuu mm. ravitsemuksellisesta karakterisoinnista, toksisuuskokeista, eläinkokeista ja interventiokokeista, joissa on keskeistä etsiä positiivisten vaikutusten lisäksi negatiivisia vaikutuksia arvioinnin pohjaksi. Samoin parantamisen ja ennalta ehkäisyn välinen vyöhyke voi olla haasteellinen osoittaa. Tämä protokolla on kokonaisuudessaan erittäin mittava, jollei ylittämätön, haaste uusien tuotteiden kehittämiseksi PK-yrityksissä.

### **3a Uudet mahdollisuudet ja haasteet proteiinien ja peptidien hyödyntämisessä**

Marco Mensink Wageningenin yliopistosta on tutkinut metabolista oireyhtymää, jolle tyypillistä on ylipaino, korkea verenpaine, veren sokeri- ja triglyseridipitoisuus, insuliiniresistenssi sekä matala hyvän kolesterolin määrä (HDL). Metabolinen oireyhtymä altistaa useille elintasosairauksille, kuten sydän- ja verisuonitaudeille ja 2-typin diabetekselle. Rasvainen ruokavalio altistaa metabolisille oireyhtymälle, jonka markkereihin ravinnon suuri proteiinipitoisuus vaikuttaa kuitenkin positiivisesti: Maksan ja elimistön rasvoittuminen vähenee, veren hyvän kolesterolin määrä lisääntyy ja lisäksi havaittiin myös positiivisia vaikutuksia sokeriaineenvaihduntaan. Osa vaikutuksista näyttäisi tehostuvan nimenomaan kalaproteiinilla.

Oddrun Anita Gudbrandsen Bergenin yliopistosta puhui painonhallinnasta ja liikalihavuudesta. Ylipaino voi lyhentää eliniän ennustetta ja elämän laatua. Lihavuuden yhtenä torjuntakeinona käytetään ns. lihavuusleikkauksia. Lihavuusleikkausten seurauksena varastorasvan määrä vähenee, veren kolesteroli laskee ja sokeriaineenvaihdunta paranee. Bergenin yliopiston tutkimuksessa lihavuusleikkauksen jälkeisiä vaikutuksia verrattiin kalan tai kalan tai kalaproteiinin kulutuksen vaikutuksiin ylipainoisilla ihmisillä. Kaikki edellä mainitut vaikutukset saatiin aikaiseksi ylipainoisilla ihmisillä myös silloin, kun he käyttivät turskan proteiinivalmistetta (8 viikkoa), mikä lisäsi myös lihasmassan kasvua. Vielä osittain kesken oleva tutkimus, joka käsittää sekä eläinkokeita että kliinisiä interventiotutkimuksia, viittaa siihen, että kalaproteiinin käyttö (2,5 g/vrk) voi edesauttaa ylipainoisten terveyttä ja vähentää vanhusten lihaskatoa.

Ihmiselle tuotteistettuina ravintoesojuksina esiteltiin merileväleipä (Maria Hayes, NutraMara, Irlanti) sekä palauttavat urheiluravinteet NutriPeptin ja Restitution (Einar Lied, NUF, Norja).

Katerina Kousoulaki Nofimasta tarjosi tuhdin paketin kalajauhon korvaamisesta vesiliukoisilla tyypipitoisilla yhdisteillä lohien ja huulikalan rehuissa. Kasvua stimuloivia aineosia voivat olla vapaat aminohapot, hydroksyproliini, tauriini, anseriiniin/karnosiini, nukleotidit, polyamiinit, peptidit ja glutamiini. Vapaat aminohapot parantavat myös ruokahalua. Hydrolysaattien mahdollisuuksista kalan rehun raaka-aineina puhui myös Philippe Sourd (Aquativ, Ranska). Aquativ kehittää kalajauhoja ainoastaan kalankasvatuksen ja kalastuksen sivuvirtoja hyödyntämällä. Kontrolloitu entsyymattainen hydrolyysi tarjoaa mahdollisuudet parhaaseen kasvutulokseen. Hydrolysaatin koostumuksella on vaikutusta makuun, ruokahuuun, stressinsietoon, immuunivasteeseen ja terveyteen. Hydrolysaatti halutaan di- ja tripeptidimuodossa. Käyttämällä 8 % hydrolysoitua sivuvirtaa voidaan parhaimmillaan päästä samaa kasvutulokseen kuin 18 % kalajauholla.

Sveitsiläinen Firmenich on maailman suurin yksityisomistuksessa oleva parfyymi- ja makuainealan yritys. Meren elävistä peräisin olevien makuaineiden tuotanto on keskittynyt Norjaan, jossa luonnollisia, luontaisen kaltaisia tai synteettisiä makuaineita valmistetaan enkapsulointitekniikalla käytettäväksi erilaisissa kastikkeissa ja keitoissa. Oddvar Bjørge toi esiin suuren yrityksen edut toimia maailman laajuisesti ja panostaa tuotekehitykseen. Yrityksenä he olisivat kiinnostuneita kiinalaisista, venäläisistä ja japanilaisista asiakkaista. Pullonkaulana kasvulle hän piti kriteerien täyttämistä ja kansainvälisille markkinoille pääsyä.

Kaikki lisäarvoa tekevät yritykset eivät ole uusia innovaatioyrityksiä. Pohjois-ranskalainen COPALIS on perustettu 1960 tuomaan lisäarvoa kalatalouden sivuvirroista. Osakeyhtiön omistavat alueen toimijat ja toiminta käynnistyi kalajauhon ja kalahydrolysaattien tuotantona. Tänä päivänä alueelle tulee ja siellä käsitellään 300 000 tonnia kalaa ja tuotteisto on laajentunut lisäravinne-, kosmetiikka-, funktionaalisille elintarvikkeille ja eläinten ravitsemusmarkkinoille.

Luce Sergentin mukaan alkuperäinen idea oli tehostaa proteiinien käyttöä vastaamaan kysyntää. Hydrolysaattien eli pilkkoutuneiden proteiinien havaittiin kuitenkin pian parantavan sivutuotteiden ravitsemuksellisia ominaisuuksia, joten mielenkiinto kohdistui peptideihin. Entsyymattainen teollinen prosessi kehitettiin jo 1968. Peptidien kiinnostavuutta lisää se, että ne ovat elimistössä biologisesti hyvin hyödynnettävissä, tehokkaita jo alhaisina pitoisuuksina, stabiileja eri lämpötiloissa ja pH:ssa eivätkä ne aiheuta allergiaa.

Copalinksen tuotemerkkejä ovat esim. syötävä kollageenituote COLLECTIVETM ihon vanhenemista vastaan Aasian markkinoilla. Lisäksi Sergent esitteli tuloksia eläinkokeista stressiä alentavasta tuotteesta PROTIZEN (Anti-stress Sea Solution®), joka rentouttaa ja vähentää stressin vaikutusta ilman riippuvuusvaikutusta, joka on tyypillistä lääkkeille, kuten diazepam®. Tuotekehityksen haasteiksi Sergent nimesi kolme tekijää: i) kalapeptidien maku, ii) kuluttajan epäilevä asenne kalaan verrattuna kasviperäisiin tuotteisiin ja iii) monimutkaisten yhdisteiden karakterisointi ja uuselintarvikelainsäädäntö.

### 3b Uudet haasteet rasvojen hyödyntämisessä

Adam Ismail (Global Organization for EPA and DHA Omega-3s, GOED) nimesi keskeisimmiksi kysymyksiksi kalaöljypuolella kestävyden ja saatavuuden. Jo nyt rasvahappojen EPA ja DHA saatavuus on muuttunut ja rasvahappojen kysyntä ylittää tarjonnan, joka riippuu yhä harvemmista kalakannoista, joista anjovis on merkittävin. Anjoviskannat ovat kärsineet menneinä vuosina huonosta hoidosta, mutta ovat nykyisellään toipumassa. Vaikkapa hiivassa tuotetaan tällä hetkellä omega-3-rasvahappoja alle puoli promillea anjovikseen verrattuna.



Anjovisöljyn valta-aseman vuoksi jokainen uusia omega-3 rasvahappojen lähde kilpailee markkinoilla anjovisöljyn kanssa. Kalaöljyjen lisäksi uusia lähteitä ilmestyy kokoajan mustakaloista ja eläinplanktonista aina leviin ja hiivaan ja geenimanipuloidut kasvit ovat kehitteillä. Kaupallisia lähteitä on yli 20. Ainoastaan fermentaatioon perustuvat levän tuotantomenetelmät ovat toistaiseksi olleet kannattavia. Näin tuotettu DHA menee pääosin imeväisten ravitsemukseen ja täyttää alle 0,2 % maailman omega-3 rasvahappojen tarpeesta. Avoimet systeemit ja fotobioreaktorit levän tuotantoon ovat pääsääntöisesti vasta kehitteillä ja hintansa puolesta vielä pitkälti kannattamattomia.

Kuluttajien on arvioitu käyttävän EPA- ja DHA-pitoisiin öljyihin vuodessa 25,4 miljardia USD. Japanilaiset ovat suhteellisen huonosti tietoisia omega-3 rasvahapoista ja saavatkin nämä rasvahapot pitkälti syömistään peruselintarvikkeista. Eri maiden välillä on suurta vaihtelua siinä, mikä osuus omega-3-rasvahapoista tulee lisäksi funktionaalisista elintarvikkeista ja lisäravinteista. Kiinassa ja Intiassa käytetään huomattavan paljon lisäravinteita.

Markkinatrendinä havaitaan, että ihmiset käyttävät merkittävän määrän rahaa omega-3:lla rikastettuihin elintarvikkeisiin, vaikka saavatkin niistä näitä rasvahappoja suhteellisen pienen määrän vaikkapa lisäravinteisiin verrattuna. Maailmanlaajuisesti lisäravinnemarkkinoiden kasvu on ollut kuitenkin vahvaa. Farmaseuttisten tuotteiden markkinat ovat vasta syntymässä: 38:sta kehitteillä olevasta tuotteesta vasta muutama (varmuudella Epadel, Omacor, Vascepa) on markkinoilla.

Kalaöljyvalmisteiden liitännäisominaisuutena on rasvaliukoisten pysyvien orgaanisten vierasaineiden (POPs) kerääntyminen öljyfraktioon. Nämä yhdisteet ovat joutuneet luontoon ihmisen toiminnan seurauksena. Haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi yhdisteiden saanti ei saisi ylittää asetettuja raja-arvoja. Carola Rosselandin (Pronova BioPharma) mukaan raja-arvot voivat rikkoontua runsaasti kalaa syöville ja kalaöljyvalmisteita nauttivilla, mikäli öljyä ei puhdisteta vierasaineista. Nykyisin tähän tarkoitukseen on käytössä useita menetelmiä. Vierasaineiden poisto varhaisessa vaiheessa prosessia takaa niiden tehokkaan poiston ja toisaalta estää niiden tahattoman rikastumisen jalostuksessa. Toinen rasvoihin liittyvä liitännäisominaisuus, joka tulee huomioida etteivät niiden terveydelle edulliset vaikutukset kumoudu, on hapettuminen (Stine Grimmer, Nofima). Hapettuneet rasvat voivat heikentää immuunipuolustusta ja lisätä oksidatiivista stressiä. Puhdistetut ja konsentroidut öljyt näyttäisivät olevan alttiimpia hapettumisreaktiolle kuin jalostamattomammat öljyt.

Sillin sivuvirroista (229 000 tonnia) tehdään Norjassa nykyisellään pääasiassa hapotettua kalaa tai kalaöljyä ja -jauhoa rehuikäyttöön. 229 000 tonnista raaka-ainetta voidaan potentiaalisesti jalostaa 29 770 tonnia kalaöljyä ja edelleen 3 900 tonnia omega-3-rasvahappoja, mikä riittäisi vuodeksi tyydyttämään 43 miljoonan ihmisen EPA:n ja DHA:n saannin. Proteiinia voitaisiin puhdistaa samasta sivuvirrasta 34 350 tonnia, joka tyydyttäisi 2,35 miljoonan ihmisen proteiinitarpeen vuodeksi.

SINTEF:n tutkimuksessa (Ana Carvajal) tarkasteltiin tämän elintarviketeollisuudessa syntyvän sivuvirran jalostamista elintarvikkelopiseksi öljyksi ja proteiiniksi semi-teollisessa siirrettävässä konttijalostamossa. Kontissa pystytään lämpökäsittämään 1000 kg sivutuotetta tunnissa tai 400 kg sivutuotetta tunnissa entsyymaattisessa hydrolyysissä. Lämpökäsittelyssä syntynyt öljy sisälsi 10 - 15 % ja entsyymikäsittelyssä syntynyt öljy 13 - 16 % pitkäketjuisia rasvahappoja ja vapaiden rasvahappojen pitoisuus oli molemmissa alhainen. Molemmat tuoreesta raaka-aineesta valmistetut öljyt olivat laadukkaampia kuin vertailtu kaupallinen öljy. Stabiilisuuden parantamiseksi ja hapettumisen estämiseksi myös eri hapettumisenestoaineita testattiin ennen öljyn eristämistä ja niiden todettiin edelleen parantavan öljyn laatua.

Iren Stoknes (Epax As, Norja) puhui omega-3-teollisuudesta uutena teollisuutena, joka nojaa perinteisiin. Uudet tuotteet tarvitsevat uusia, kehittyneitä prosesseja. Teollisuuden pitää sopeutua eri raaka-aineisiin ja sen vuodenaikaiseen ja vuosien väliseen vaihteluun. Jalostuksessa tiettyjä komponentteja halutaan rikastaa ja toisista päästä eroon hyvällä saantoprosentilla ja ympäristöystävällisellä tavalla, minkä vuoksi prosessissa on jopa 8 - 10 vaihetta. Raakaöljyn EPA- ja DHA-pitoisuutta (30 %) voidaan nostaa jalostuksessa aina 90 %:iin saakka. Kehitystä halutaan viedä raaka-aineen tehokkaaseen hyödyntämiseen, hyvään laatuun ja bioteknologista osaamista suunnata kemikaalien käytöstä entsyymien käyttöön.

#### 4 Globaalit trendit

IFFO on globaalijärjestö, joka edustaa yli 50 % kalajauhon ja -öljyn tuotannosta ja 75 % kalajauhon ja -öljyn kaupasta. Kalaöljyn tuotanto on vakiintunut 1 000 000 tonniin. Kalajauhon tuotanto vaihtelee vuosittain enemmän, mutta oli vuonna 2011 noin 5 500 000 tonnia. Kalajauhosta alati kasvava osuus syntyy kalatalouden sivuvirroista, nykyisellään noin kolmannes. Sivuvirtojen hyödyntäminen paikkaa kalaperäisten raaka-aineiden rajallista tarjontaa ja yhä kasvavaa ihmisravitseemukseen menevää osuutta.

Kalajauhon kysyntä kotieläinmarkkinoilla on vähentynyt, mutta vesiviljelyssä lisääntynyt toimialan kasvun vuoksi. Toimiala on kymmenessä vuodessa kasvanut 126 %, kalajauhon käyttö on samaan aikaan lisääntynyt 35 % ja kalaöljyn käyttö on jopa vähentynyt (-2 %). Kalajauhoa käytetään etenkin äyriäisten kasvatuksessa (30 %), kun taas kalaöljyä käytetään merkittävimmin lohikalajien kasvatukseen (70 %).

Lohikalajien kasvatuksessakin kuitenkin arvokkaiden aineosien käyttö on tippunut siten, että kalajauhoa käytettiin vuonna 2011 yli kolmasosa vähemmän kuin kymmenen vuotta aiemmin ja kalaöljyn käyttö on tippunut samassa ajassa puoleen. Ihmisravintona käytettävän kalaöljyn määrä on samaan aikaan kaksinkertaistunut ja on noin viidesosa vesiviljelyn käyttämästä määrästä.

IFFO on luonut oman kestävyysertifikaatin tuottajilleen. Ensimmäinen tehdas sertifioitiin vuonna 2009. Tällä hetkellä noin 40 % maailman kalajauho ja -öljy tuotannosta on sertifioitu eli perustuu vastuullisesti kalastettuihin raaka-aineisiin tai sivuvirtoihin.

EWOS Group on yksi kolmesta suuresta lohikalarehun valmistajasta ja markkinajohtaja, joka toimii Norjassa, Chilessä, Kanadassa, Skotlannissa ja Vietnamissa. Markkinajohtajana yrityksellä on rooli suunnannäyttäjänä ja vuosittainen panostus tuotekehitykseen on noin 100 miljoonaa NOK.

Vaikka lohikalajien kasvatusta Norjassa on viime vuosikymmenen aikana yli kaksinkertaistunut, kalajauhon ja -öljyn käyttö on pysynyt lähes vakioina. Kalaöljyn tuotanto ei riitä enää turvaamaan vesiviljelyn kasvua eikä ihmisravitseemuksen tarpeita. 5 - 8 vuoden kuluttua tunnetut omega-3-lähteet pystytään hyödyntämään maksimaalisesti ja kasvu estyy. Jotta kasvu ja kalan terveellinen omega-3-rasvahappopitoisuus voidaan turvata, tarvitaan uusia omega-3-rasvahappojen lähteitä öljyn tuotantoon. Petter Martin Johannessenin mukaan näitä voivat olla krilliäyriäiset, geenimanipuloidut öljykasvinsiemenet, hiivat/bakteerit, mikrolevät ja kalanjalostuksen sivuvirrat.

Teollisen mittakaavan levätuotanto fototrofisissa ja heterotrofisissa systeemeissä on kehittymässä (Sapphire, Solazyme etc.). Rehuvalmistajan näkökulmasta levän käyttö rehuissa onnistuu todennäköisimmin eristettynä leväöljynä pellettien pinnoituksessa (engl. coating). Leväjauhona käyttöä rajoittaa jauhon korkea rasvapitoisuus, joka voi aiheuttaa ongelmia ekstrudoinnissa, varastoinnissa ja jauhamisessa. Leväjauhon sulavuus on lisäksi heikkoa, mikä aiheuttaa vaikeuksia reseptin formuloinnissa.

EWOS usko levien potentiaaliin ja perusti vuonna 2011 yrityksen CO2BIO AS yhdessä 4 muun paikallisen toimijan, BTO (teknologian siirto), NIHL (kuljetukseen, tietotaitoon ja aluekehitykseen keskittyvä liitto), Grieg Seafood ASA (kalankasvatus), Salmon Group (kalankasvatus), kanssa. Tavoitteena on perustaa levänkasvatuslaitos tukemaan tuotekehitystä, teollista tuotantoa, mikrolevien tutkimusta ja kestävän vesiviljelyn kehittymistä voimalaitoksen hiilidioksidin ja hukkalämmön avulla. Yritys on palkittu mm. kasvupalkinnolla uusiutuviin luonnonvaroihin keskittyvässä konferenssissa 2013. Tuotantolaitoksen pitäisi valmistua tämän vuoden loppuun mennessä.

Toinen EWOS:n kehityskohde on sivuvirtojen tehokkaampi hyödyntäminen. Maailman ihmisravinnoksi hyödynnettävästä kalansaaliista syntyy noin 35 miljoonaa tonnia sivuvirtaa. Norjassa 2011 arvioitiin sivuvirran tuotannon olevan noin 816 000 tonnia, josta 620 000 tonnia hyödynnettiin jatkojalostuksessa. Suurin osa hyödyntämättömästä sivuvirrasta syntyy turskan kalastuksessa. Vuoden 2013 turskakiintiön perusteella tänä vuonna arviolta noin 300 000 tonnia sivuvirtaa dumpataan mereen. EWOS on käyttänyt hapottamalla tehtyä kalaproteiinikonsentraattia (FPC, vesi ja rasva poistettu) jo 20 vuoden ajan kalarehun raaka-aineena. Se toimii teknisesti hyvin pelletin rakennusaineena sitovien ominaisuuksiensa takia. Sen ravitsemuksellinen arvo on tunnustettu, mutta sen perustetta ei yksityiskohtaisesti tunneta. FPC käyttöä voidaan todennäköisesti lisätä, jos tuotetta kehitetään edelleen.

Perun rannikon tuottavuus perustuu ravinteita tuovaan Humboldtin merivirtaan, joka yllä pitää vahvoja anjovis- ja makrillikantoja. Ylivoimaisesti merkittävin kalalaji on anjovis (perunsardelli), jonka vuoksi Peru on maailman suurin kalajauhon- ja -öljyn tuottaja. Vuodesta 2008 alkaen kalastus on perustunut kiintiöihin ja ympäristösäännöstö on tiukentunut. TASA on Perun suurin kalastusyritys 25 % osuudellaan. Viennissä TASA:n osuus on 21 %. Yrityksellä on kalajauhotehtaita 200 km välein pitkin Perun rannikkoa sekä yksi keskeisesti sijaitseva pakastuslaitos. Yritys valmistaa tuotteita rehuteollisuudelle (87 %), mutta myös ihmiskäyttöön (13 %). Elintarvikekäyttöä varten sisämaan vuoristoalueilla on 6 omaa jakelupistettä, joiden läheisyydessä kalan kulutusta on pystytty nostamaan jopa 80 %.

Tuotannon tehokkuus ja ympäristöystävällisyys on parantunut tuotekehityksen avulla. Carlos Pinillos mukaan tulevaisuudessa on mahdollista, että myynti ei perustu pelkästään tuotteen proteiinipitoisuuteen ja tuoreuteen, vaan myös sen aminohappo-, fosfolipidi-, EPA- tai DHA-pitoisuuteen. Pitkä Perun rannikko tarjoaa mahdollisuuden valita eri öljyjä, joissa on eri EPA- ja DHA-pitoisuuksia tai niiden erilainen suhde. Uusi tutkimusyksikkö valmistuu vuoden 2013 lopussa ja elintarvikekelpoisen omega-3-öljyn jalostamo vuoden 2014 lopussa.

Bente Torstensen (NIFES) puhui norjalaisen lohen paljon keskustelua herättäneistä koostumusmuutoksista rehujen kehittyessä. Luonnon lohen EPA- ja DHA -pitoisuus 100 grammassa tuoretta kalaa vaihtelee noin 0,5-2,5 gramman välillä. 1990-luvun alussa ennen rasvapitoisia rehuja kasvatetulla lohella mitattiin vastaavia hieman pienempiä noin 1 gramman arvoja. Vuonna 2010 arvot olivat korkeimmilla noin 3 g / 100g ja vuonna 2012 lisääntyneiden kasvipohjaisten raaka-aineiden käytön myötä on palattu lähelle luonnon kalan ja 1990-luvun lukemia (1,2 g /100 g). Kasvatettu lohi pystyy kuitenkin säästämään omega-3-rasvahappoja kudoksiinsa ja tuottamaan pitkäketjuisia omega-3-rasvahappoja kasvien lyhytketjuisista omega-3-rasvahapoista.

Terveille aikuisille ja yli 2-vuotiaille lapsille saantisuositus on 0,25 grammaa vuorokaudessa, joten suositukset täyttyvät kahdella sadan gramman kala-aterialla viikossa. Suurempia saantisuosituksia on esitetty kohdennettuun veren triasyglyserolipitoisuuden (2-4 g/vrk) tai verenpaineen alentamiseen

(3 g/vrk). Omega-3-rasvahappojen suhde omega-6-rasvahappoihin on ravitsemuksellisesti tärkeä ja omega-6-rasvahappoja saisi olla ravinnossa korkeintaan viisinkertaisesti omega-3-rasvahappoihin verrattuna. Tämä tarkoittaa, ettei rasvahappojen suhde lohirehuissakaan saisi enää juuri muuttua. Rasvakoostumus noudattelee kalalla sen rehun rasvakoostumusta, mutta proteinikoostumus on geneettisesti määräytyneet. Kiellettyjen ja vierasaineiden pitoisuuksia on monitoroitu norjalaisessa lohessa vuodesta 2003 alkaen eikä näitä ole tänä aikana havaittu.

BASF on suuri saksalainen yritys, joka toimii myös ravitsemuksen alalla Saksassa, Norjassa, Tanskassa ja Skotlannissa. Albert Strube kuvasi, että eri markkinasegmenttien erilaistuneita markkinoita, joilla hinta, markkinoiden koko ja markkinoille pääsyn kriteerit poikkeavat riippuen siitä, onko kyseessä elintarvike, lisäraavinne tai farmakologinen tuote. Teknologiset vaatimukset muuttuvat segmentiltä toiselle siirryttäessä. Myös tuotteen muodon, kuten neste, pulveri, imeskelytabletti tai purukumi, tulisi heijastella eri kohdekuluttajaryhmien toiveita.

Borregaard As on norjalainen 17 maassa toimiva biojalostamoyritys, joka käyttää öljyä korvaavia luonnollisia raaka-aineita kestävästi biokemikaalien, biomateriaalien ja bioetanolin valmistamiseen. Biojalostamokonseptissa pyritään arvonlisään ja raaka-aineen täydelliseen hyötykäyttöön eri lopputuotteina. Esimerkkinä Gudbrand Rødsrud esitteli yhden maailman edistyneimmistä biojalostamokonsepteistaan eli kuusen (1000 kg) integroidun jalostamisen selluloosaksi (400 kg), etanoliksi (50 kg), vanilliiniksi (3 kg) ja ligniiniksi (400 kg) samalla kun edellisiin hyödyntämätön osa käytetään energiantuotannossa. Toimivassa biojalostamossa raaka-ainetta ohjautuu mahdollisimman vähän pelkästään energianlähteeksi.

Biojalostamotuotteiden loppukäyttäjät löytyvät teollisuudesta (materiaalit, väriaineet, tekstiilit) aina yksittäisiin kuluttajiin (elintarvikkeet, parfyymit, farmasiatuotteet). Edistyneissä prosesseissa päästöt ilmaan ja veteen ovat hallinnassa ja käytetty energia on uusiutuvaa, kuten biopolttoaineilla ja jätteillä tuotettua. Borregaardin toiminnan on tarkoitus olla raskaasta polttoöljystä riippumaton vuoden 2013 loppuun mennessä.

Borregaardin BALI™ prosessissa hyödynnetään kemiallista ja entsyymaattista prosessointia rinnakkain. Tämä prosessi voidaan pitää yksinkertaisena tai yhdistää monimutkaisemmaksi kokonaisuudeksi paikallisiin olosuhteisiin sopivasti. Norjalaisessa biojalostamokonseptissa kalatalouden sivuvirran hyödyntämätön tyyppi ja fosfori käytetään metsäteollisuuden yhteydessä kalarehuproteiinien tuottamiseen.

Pareto As on Norjan tärkein investointineuvoja. Esityksessään Petter Dragesund pohti ovatko mereiset yhdisteet investoijalle mahdollisuus vai vain tulevaisuuden unelma. Toimialalla on Norjassa 76 NOKbn:n liikevaihto ja se jakautuu seuraavasti: lohenkasvatus 35, kalarehu 14, marine ingredients 10, vaalealihainen kala 7, pelaginen kala 7 ja laitevalmistus 3. Norjan 76 miljardia kruunua vastaa 9 miljardia euroa, jolloin marine ingredients-alueen liikevaihto on reilu miljardi euroa, joten on selvää, että toimiala on suuri ja merkittävä osa arvoketjua. Alan teollisuus on ollut lisäksi 7,3 %:n vuosittaisessa kasvussa. Operointimarginaalit ovat nousseet viidestä kymmeneen prosenttiin.

Uusi segmenttejä alueen sisällä syntyy ja suurimmat nousijat vuoden 2007 jälkeen ovat olleet lohiöljy ja -proteiini, krilli ja hapotettu kala, joissa liikevaihto on yli kaksinkertaistunut. Uusien avustusten ongelma on yleensä kannattavuus. Silti kaikkien segmenttien ennustetaan näyttävän positiivista tulosta vuonna 2013. Myös leväpuoli on ollut voitollista jo vuodesta 2010 alkaen.

Marine ingredient –teollisuus on kokonaisuudessaan muuttumassa yhä kannattavammaksi ja on suotuisassa asemassa, jota tukee suotuisa sääntely, terveellisyysnäkökulmat, teknologinen kehitys ja kasvava kysyntä. Vielä on myös paljon kokonaan hyödyntämätöntä potentiaalia mm. turskakalojen

puolella. Yritysmyynti- ja -ostohalukkuus on ollut vilkasta, mikä kertoo myös investoijien kiinnostuksesta.

## 5 Makro- ja mikrolevät

Viimeisessä sessiossa esittäytyivät mikrolevien tuotantoon erikoistuneet yritykset DSM Nutritional Products (Iso-Britannia) ja Biopharmia As. Mikrolevissä on rasvoja 1-70 %, mutta tietyissä olosuhteissa voidaan päästä jopa 90 %:iin. Suurin osa mikrolevien avulla tuotetusta omega-3-rikkaasta öljystä käytetään ihmisravitsemuksessa.

Mikrolevien etuja ovat nopea kasvu, biomassan suuri tiheys, hiilidioksidin sitominen ja pienet maankäyttövaatimukset. Mereiset mikrobit ovat pitkäketjuisten omega-3-rasvahappojen lähde ravintoketjuissa, joten niiden tuotanto on vaihtoehtona samojen yhdisteiden eristämiseksi kalamateriaalista niin kauan kuin geenimanipuloituja kasveja ja eläimiä ei ole tuotannossa. Mikrolevät ovat joko autotrofeja, jotka tarvitsevat valoa kasvaakseen tai heterotrofeja, jotka tarvitsevat orgaanista ainesta ravinnokseen. Tämä määrittää käytettävän reaktorityypin tuotannossa. Fermentaatioissa käytetään uusiutuvia luonnonvaroja ja edullisia substraatteja ja nämä prosessit ovatkin kehittyneet kannattavuudessa pisimmälle.

Rob Winwood kertoi, että DSM jalostaa fermentoimalla öljyvalmisteita ihmisten ravitsemukseen 6 tuotantoyksikössä ympäri maailmaa. DHA-rikastettu leväöljy DHASCO® on hyväksytty imeväisikäisten ravintona ja elintarvikkeena vuonna 2006. Samoin DSM's Life'sDHA™-S leväöljy on hyväksytty uuselintarvikkeena 2003 ja lisäravinteena 2009. Kolmas tuote Life'sOmega™ on hyväksytty EU:ssa uuselintarvikkeeksi 2012. Se on EPA- ja DHA –valmiste, joka on valmistettu fermentoimalla mikroleväkannasta, jonka EPA- ja DHA-suhde vastaa luonnonkaloja.

Kehitystyön taustalla on yli 100 kliinistä tutkimusta. Viime vuosina 2010, 2012 ja 2013 EU:ssa on hyväksytty useita EPA:aa ja DHA:ta koskevaa terveysväittämiä. Edellä mainittuja öljyjä käytetään nyt lähes 600:ssa markkinoille tuodussa elintarvikkeessa, joten suuren yrityksen liiketoiminta myös ravitsemusrasvojen osalta lienee kääntynyt kannattavaksi.

Biopharmia on yli 10-vuotias norjalainen yritys, joka on patentoinut fotobioreaktorin (Accordion®) mikrolevien tuotantoon. Sillä on myös oma tuotemerkki Immunia®, jonka alla on useita patentoituja tuotteita terveellisyden, kosmetiikan ja farmasian alalla. Roald Audun Flo kuvasi reaktorityyppiä yksikertaiseksi rakenteeltaan, ylläpidoltaan ja kerättävyydeltään, joustavasti säädettäväksi kooltaan, valaistusolosuhteiltaan ja virtaukseltaan sekä vähän energiaa ja tilaa kuluttavaksi. Leväkilon tuottamiseen kuluu 2 kg hiilidioksidia. Tuotanto- ja tutkimusyksiköitä Biopharmialla on USA:ssa, Qatarissa, Saudi-Arabiassa ja Norjassa. Pohjoisiin olosuhteisiin soveltuva tuotanto perustuu hänen mukaansa oikean mikroleväkannan valintaan.

Vesiviljely kilpailee kasviperäisistä raaka-aineista muun elintarviketuotannon kanssa. Kasvintuotanto vie lisäksi maapinta-alaa ja kasviperäiset valkuaisraaka-aineet aiheuttavat kaloilla antinutrienttien takia suolistongelmia, joten myös uusille proteiinilähteille on kysyntää. Margareth Øverland (NUL) puhui teollisista mahdollisuuksista jalostaa non-food –raaka-aineita kalan rehun raaka-aineeksi. Tietyt bakteeri-, hiiva- ja mikroleväpohjaiset proteiinit eivät aiheuta vastaavia suolistovaikutuksia, joten ne ovat lupaavia uusia raaka-ainelähteitä. Maakaasussa voidaan tuottaa bakteerijauhoa ja puunjalostamoissa hiivaa rehun raaka-aineeksi.

Jorunn Skjermo (SINTEF) puhui makrolevistä ravinteiden ja bioenergian lähteenä ja Kjell Inge Reitan (SINTEF) esitteli tutkimustuloksia rakkolevän kasvatuksesta kala-altaiden läheisyydessä. Lohen kasvatusta, simpukan viljelyä ja rakkolevänkasvatusta yhdistävässä IMTA:ssa (Integrated

Multitrophic Aquaculture) ideana on, että yhdellä trofiatasolla syntyvät ravinteet kierrätetään ja käytetään hyväksi seuraavalla trofiatasolla. Aasian maita lukuun ottamatta makrolevien kasvatusta on tähän saakka ollut muualla marginaalista.

Ohjelma löytyy internet-osoitteesta:

<http://micnorway.com/programme>