

Piimaalietteen hyötykäyttö maataloudessa

Piimaasuodattimessa syntyvän jätteen hyötykäyttö

Panu Korpisaari

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Panu Korpisaari	
Työn nimi Piimaalietteen hyötykäyttö maataloudessa – Piimaasuodattimessa syntyvän jätteen hyötykäyttö	
Päiväys 13.5.2013	Sivumäärä/Liitteet 40
Ohjaaja(t) Teemu Räsänen, Päätoiminen tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Coverkit Oy, Hannu Sulku	
Tiivistelmä	
<p>Opinnäytetyö käsittelee elintarviketeollisuuden suodatusprosessissa syntyvän piimaalietteen hyötykäyttöä. Piimaalietettä syntyy, kun suodatinmateriaalina käytettävästä piimaasta loppuu suodatuskyky. Piimaaliete on teollisuuslaitokselle jätettä, mutta järkevästi prosessoituna piimaalietteestä voisi koitua teollisuusyritykselle myyntituloja jätehuoltokulujen sijaan. Piimaaliete voidaan hyödyntää esimerkiksi maataloudessa lannoitteena ja maanparannusaineena Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kirjallisuustutkimus koostamalla kansainvälisistä tutkimuksista raportti piimaalietteen hyötykäytön nykytilasta sekä selvittää, mikä olisi sopivin hyötykäyttömenetelmä Suomen olosuhteisiin. Raportin tarkoitus oli selvittää piimaalietteen asemaa esim. lannoitteena sekä parantaa sen hyötykäyttömahdollisuuksia. Työn tilaaja oli kuopiolainen yritys Coverkit Oy.</p> <p>Kirjallisuustutkimuksen aineisto kerättiin pääosin Savonia-ammattikorkeakoulun ja Itä-Suomen yliopiston kirjastojen tietokannoista. Katsaukseen valittiin sopivat tutkimusraportit ja artikkelit aineistoksi raporttiin ja niistä koostettiin tiivistelmät.</p> <p>Edellinen Coverkit Oy:n laatima katsaus aiheesta on 1990-luvun alkupuolelta. Tutkimusten perusteella piimaalietteellä on useita mahdollisia hyötykäyttömenetelmiä. Suomen olosuhteisiin soveltuva hyötykäyttömenetelmä on piimaalietteen käyttäminen lannoitteena ja maanparannusaineena. Tutkimukset tukivat piimaalietteen kasveille edullisia ominaisuuksia.</p>	
Avainsanat: Piimaa, piimaaliete, piimaalietteen hyötykäyttö	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s): Panu Korpisaari			
Title of Thesis Utilization of Kieselguhr Sludge in Agriculture – Utilization of Kieselguhr Sludge from Kieselguhr Filter			
Date	13th May 2013	Pages/Appendices	40
Supervisor(s) Mr. Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation/Partners Coverkit Oy, Hannu Sulku			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis is kieselguhr sludge which is a waste product of brewing industry. Diatomite is extensively used in the filtering of beer. With a certain amount of diatomite it is possible to filter a limited amount of beer. After that diatomite loses its filtering ability. At that point diatomite becomes kieselguhr sludge. The sludge is waste for a brewery but it could be a sales article. The potential of kieselguhr sludge as a fertilizer is known. With the right processing kieselguhr sludge could be a good fertilizer and ground quality improver. The thesis was commissioned by Coverkit Oy. The previous review of the subject by Coverkit Oy was made in the early 1990s.</p> <p>The purpose of this thesis was to carry out a literature research on the current situation of kieselguhr sludge utilization in agriculture. The main point of the literature research was to draw up a report on international researches which deal with kieselguhr sludge. Coverkit Oy is going to send the report to the Finnish foodstuff safety agency (Evira). The purpose of the report is to make the position of kieselguhr sludge clearer in agricultural legislation and improve its utilization possibilities for agricultural purposes. The main focus of this thesis is the summaries of these reports.</p> <p>The literature for the report was mainly collected from the databases in libraries of Savonia University of Applied Sciences and University of Eastern Finland. First the relevant research reports and articles were chosen to this literature research.</p> <p>The conclusion of this research is that there are number of ways to utilize kieselguhr sludge. Suitable utilization methods for the circumstances in Finland are to use kieselguhr sludge as a fertilizer and ground quality improver. Researches point out that kieselguhr sludge has valuable effects on plants.</p>			
Keywords: Diatomite, kieselguhr sludge utilization			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	PIIMAA, PIIMAALIETE JA KÄYTTÖ.....	8
2.1	Piimaa	8
2.2	Piimaa suodatinmateriaalina	8
2.3	Piimaaliete	10
3	KIRJALLISUUSTUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET.....	12
4	KIRJALLISUUSTUTKIMUKSEN AINEISTO - ARTIKKELIT JA TUTKIMUKSET.....	13
4.1	Piimaan vaikutus mansikan kasvuun.....	13
4.2	Oluen suodatuksessa syntyvän piimaalietteen uusiokäyttö lannoitteena.....	15
4.3	Piimaan hyödylliset vaikutukset härkävavun kasvuun ja kasvikemialliseen sisältöön	16
4.4	Piimaan hyödylliset vaikutukset lupiinien kasvuun, biokemialliseen sisältöön ja monimuotoiseen DNA:han, kasvin kärsiessä veden puutteesta	17
4.5	Piimaalietteen hävitysongelmat.....	18
4.6	Panimojätteen hävittämisen tila Saksan panimoissa	19
4.7	Piimaalietteen kalkkikäsittely.....	20
4.8	Piimaalietteen hävitysmenetelmä- biosuodatus.....	20
5	PII LANNOITEENA.....	24
5.1	Piin (Si) rooli parantamassa kasvien vastustuskykyä elollisia - ja elottomia rasisituksia vastaan	25
5.2	Piin (Si) ja kuivuusrasisituksen vaikutus perunan mukuloiden satoon ja biokemiallisiin ominaisuuksiin	25
6	PIIMAALIETTEEN HYÖTYKÄYTTÖ SUOMESSA.....	27
7	MUUT PIIMAALIETTEEN HYÖTYKÄYTTÖMENETELMÄT	29
7.1	Kuivatus	29
7.2	Tiilien valmistus piimaalietteestä	30
7.3	Piimaalietteen käyttäminen eläinten rehuna	30
7.4	Piimaan uusiokäyttö.....	31
7.4.1	Terminen elvytys.....	32
7.4.2	Kemiallinen elvytys.....	34
8	YHTEENVETO	36

LÄHTEET38

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on kirjallisuustutkimus, joka käsittelee panimoteollisuudessa käytettävän suodatusjätteen hyötykäyttöä. Materiaalina on piimaa, joka on käytetyin suodatusmateriaali panimoteollisuudessa (Blümmelhuber 2007, 305). Vuonna 2010 olutta valmistettiin teollisesti maailmanlaajuisesti 184 miljardia litraa (Juomanlaskija). Mikäli kaikki oluet suodatettaisiin piimaasuodattimella, piimaan kulutus olisi noin 1,5 milj. kg. Näin ollen syntyvän jätteen, piimaalietteen kokonaismäärä olisi noin 5 milj. kg. (Schilbach, Ritter, Schmithals, Burbidge 140) Piimaalietteen ympäristöystävällinen jatkokäyttö on panimoille tärkeää, koska sen vienti kaatopaikalle ei ole taloudellisesti perusteltua, ottaen huomioon kaatopaikka- ja kuljetusmaksut sekä piimaalietteen hyötykäytön tuomat edut. (Knirsch, Penschke, Mayer-Pittroff 1999, 478)

Opinnäytetyön tavoite on koostaa raportti kansainvälisistä tutkimuksista, jotka käsittelevät piimaalietteen jatkokäyttöä. Pääpaino opinnäytetyössä on tutkimuksilla, jotka käsittelevät piimaalietteen hyötykäyttöä maataloudessa. Työn tilaajana toimii Coverkit Oy. Työn tilaajalla on tarve saada tietoonsa piimaalietteen jatkokäytön nykytila Suomesta ja maailmalta. Raportti on tarkoitus lähettää Elintarviketurvallisuusvirastoon (Evira). Edellinen Coverkit Oy:n koostama raportti aiheesta on 1990-luvun alusta. Piimaalietteen hyödyistä ja parhaista jatkokäyttömenetelmistä ei olla yksimielisiä. Suuri osa panimoissa käytetystä piimaasta päätyy kaatopaikalle loppusijoitukseen, vaikka sen potentiaali esim. lannoitteena tunnetaan.

Aineisto opinnäytetyöhön on kerätty pääosin Savonia-ammattikorkeakoulun ja Itä-Suomen yliopiston kirjastojen tietokannoista. Aineisto koostuu tutkimusraporteista sekä panimoalan julkaisuissa ilmestyneistä artikkeleista.

2 PIIMAA, PIIMAALIETE JA KÄYTTÖ

2.1 Piimaa

Piimaa on kaivannainen, joka on muodostunut pääasiallisesti paineessa puristuneista yksisoluisista piilevä kasveista, joiden kuori koostuu piidioksidista. Piimaan muodostuminen on tapahtunut tuhansien vuosien aikana. Piimaan yleinen kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 1. Taulukossa olevien yhdisteiden lisäksi piimaa sisältää pieniä määriä kaliumoksidia (K_2O), natriumoksidia (Na_2O) ja titaanidioksidia (TiO_2). Piimaan kosteusprosentti on alle kaksi. (Angin, Kose, Aslantas 2011, 573.)

Taulukko1. Piimaan kemiallinen koostumus. (Schilbach 1990, 58).

Piidioksidi (SiO_2)	76,3-91%
Alumiinioksidi (Al_2O_3)	2,6-7,4%
Rautaoksidi (Fe_2O_3)	1,6-9,3%
Kalkki (CaO)	0,6-1,6%
Magnesiumoksidi (MgO)	0-0,9%

Piimaan sisältämä piidioksidi on vesiliukoista ja siten se on kasvien saatavilla. Piimaata voidaan luonnehtia suojaravinteeksi ja hivenlannoitteeksi. Lisäksi piimaan ominaisuudet maanparannusaineena tekevät siitä hyvin monikäyttöisen. Piimaa myös huokoistaa maaperää ja pidättää vettä kasvualustassa. (Abdalla 2010, 1077)

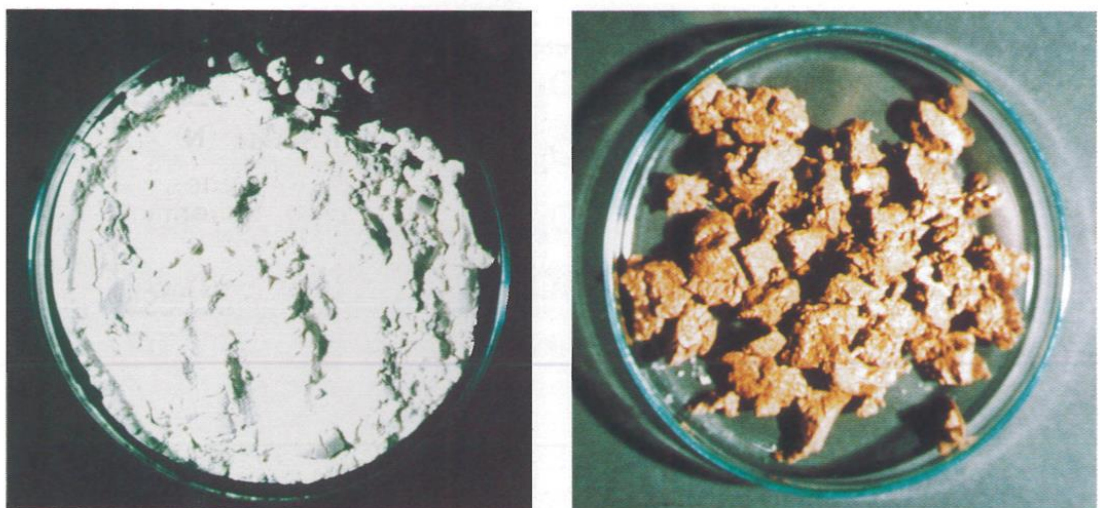
2.2 Piimaa suodatinmateriaalina

Piimaan hyvät suodatusominaisuudet perustuvat sen koostumukseen ja rakenteeseen. Piimaa koostuu pienistä muodoltaan erilaisista ontoista partikkeleista. Pienet kappaleet muodostavat hyvän suodatusmateriaalin, joka on kykeneväinen pidättämään ja ottamaan vastaan kiinteitä aineita ja liuoksia. Riippuen piimaan louhintapainasta sen koostumus vaihtelee melko suuresti (taulukko 1.) Tasalaatuista suodatinmateriaalia piimaasta saadaan muokkaamalla sitä polttamalla, kalkitsemalla, aktivoi-

malla, jauhamalla, seulomalla ja raekokoa määrittämällä. Edellä mainittujen prosessien kautta saadaan valkoista suodatinmateriaalia, jolla on seuraavat ominaisuudet:

- ei vapauta myrkyllisiä yhdisteitä suodatettavaan nesteeseen
- muodostaa kohtisuoran paikallaan pysyvän ”kakun” suodattimeen
- ”suodatinkakulla” on korkea läpäisykyky ja hyvät selkeytys ominaisuudet.

Panimoteollisuudessa piimaasuodattimessa poistetaan valmistettavasta oluesta hiiva ja muut hiukkasjäämät. Piimaan käyttö suodatusmateriaalina perustuu siihen, että se on hyvin huokoinen ja hienojakoinen, eikä se reagoi kemiallisesti useimpien nesteiden tai kaasujen kanssa. Suodatinmateriaali täytyy vaihtaa tietyin väliajoin, jotta suodattimen suodatuskyky säilyy. Tässä vaiheessa piimaasta tulee jätettä eli ns. piimaalietettä. Sisällöllisesti piimaan ja piimaalietteen suurin ero on niiden vesipitoisuudessa (vrt. taulukot 1 ja 2). Kun piimaa on käytetty suodatuksessa, sen koostumus muuttuu eli hieno jauhe muuttuu lietteeksi. Kuvassa 1 on esitetty piimaan ja piimaalietteen ero. Korkea vesipitoisuus hankaloittaa piimaalietteen jatkojalostamista, koska kuljetuskustannukset nousevat, eikä vettä kannata kuljettaa pitkiä matkoja (piimaalietteen kosteusprosentti 60–70%).



Kuva 1. Piimaa ja piimaaliete kuivattuna. (Schilbach, Ritter 1995, 8)

Piimaalietteen lannoittavien ja kasvualustaa parantavien ominaisuuksien ansiosta se sekoitettuna erilaisiin maalajeihin on erinomainen kasvualusta kasveille. Piimaalietteen lisääminen maahan huokoistaa kasvualustaa ja parantaa kasvien juuristolle elintärkeän veden liikkuvuutta maaperässä. Piimaa vähentää maaperässä ravinteiden liukenemista kasvien ulottumattomiin. (Abdalla 2011, 208). Muun muassa näistä syistä panimoiden tulisi edistää piimaalietteen jatkokäyttöä paikallisten toimijoiden kanssa. Tällä tavalla panimo säästää rahaa ja ekologinen liiketoiminta kehittyy.

Piimaan asema käytetyimpänä oluen suodatusmateriaalina ei ole kiistaton. Viime vuosikymmeninä vaihtoehtoisia suodatinmateriaaleja on pyritty kehittämään yhä enenevässä määrin. Panimoteollisuudessa on kokeiltu mm. kalvosuodatusta sekä erilaisia synteettisiä suodatinmateriaaleja. (Knirsch, Penschke, Mayer-Pittroff 1999, 478) Piimaata pidetään ongelmallisena materiaalina vaikean/vaarallisen käsittelyn johdosta. Väärin käsiteltyä piimaa voi aiheuttaa vaaran panimolla työskenteleville. Hienojakoinen piimaa saattaa tunkeutua hengitysteihin ja aiheuttaa sairauksia. (Blümmelhuber 2007, 305.) Piimaa on myös ehtyvä luonnonvara. Nykyaikaisissa panimoissa on automatisoidut ja eristetyt piimaan syöttölaitteet. Näin on minimoitu riskejä. Yhtenä ongelmana on pidetty piimaasuodattamisessa syntyvän piimaalietteen käsittelyä. Jos panimolla ei ole käytettävissään paikkaa jatkokäytölle, niin se on vietävä jätteenkäsittelykeskukseen. Useissa maissa tiukentuneet jätehuoltomääräykset ovat pyrkinet vähentämään orgaanisen aineksen kuljettamista kaatopaikan jätepenkkaan. Osittain tästä syystä piimaalietteen käsittelykustannukset panimoille ovat kasvaneet. (Schildbach 1990, 58.), (Knirsch, Penschke, Mayer-Pittroff 1999, 478.), (Blümmelhuber. 2007, 307-308.)

2.3 Piimaaliete

Piimaasuodattimen suodatuskyvyn heikettyä suodatinmateriaali vaihdetaan. Oluenvalmistuksessa piimaata kuluu noin 150 grammaa, 100 litraa suodatettua olutta kohti. Piimaalietettä syntyy noin 500 grammaa, 100 litraa suodatettua olutta kohti. (Schildbach, Ritter, Schmithals, Burbidge, 140)

Piimaalietteen käyttämistä lannoitteena ja maanparannusaineena voidaan pitää varteenotettavana vaihtoehtona. Piimaan lisääminen kasvualustaan parantaa kasvien

elinolosuhteita. Lisäksi piimaalietteen sisältämä typpi ja muut ravinteet lannoittavat kasveja. Näin ollen piimaalietettä käyttämällä voidaan vähentää muiden lannoitteiden tarvetta. Rajoittavana tekijänä on kuljetusmatka, jonka johdosta käyttöpaikat olisi oltava mielellään lähellä panimoa. Mahdollinen varastointi ja käsittelypaikka tulisi sijoittaa vähintään kolmensadan metrin päähän asutuksesta, koska hajuhaittoja voi ilmetä kesäisin. Varastointiin ja hajuhaittoihin liittyvät ongelmat voidaan kuitenkin ratkaista kalkitseamalla piimaaliete. (Baum, Wagner-Bornefeld, Wiedermeier, Wellerhoff 1999, 206)

Taulukko 2. Piimaalietteen kemiallinen koostumus. (Schilbach, Ritter 1995, 7-8)

Vesi (H ₂ O)	60–70%
Piimaa	20–30%
Orgaaniset yhdisteet (n. 8% proteiineja)	7-14%
Typpi (N)	0,8-1,5%

Taulukossa 2. on esitetty piimaalietteen kemiallinen koostumus prosenttiosuuksina. Vertaamalla piimaan – ja piimaalietteen (taulukot 1. ja 2.) koostumusta voidaan todeta, että suodatusprosessin aikana materiaalin vesipitoisuus nousee huomattavasti. Piimaalietteeeseen tulee suodatusprosessin aikana myös kasvien kehitykselle edullisia orgaanisia yhdisteitä sekä typpeä. (Schilbach 1990, 59), (Baum, Wagner-Bornefeld, Wiedermeier, Wellerhoff 1999, 206)

3 KIRJALLISUUSTUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET

Tässä opinnäytetyössä laadittiin kirjallisuustutkimus, jonka tavoitteena oli kartoittaa Suomen olosuhteisiin sopivia piimaalietteen hyötykäyttömenetelmiä. Kirjallisuustutkimuksen lähteinä on käytetty kansainvälisiä artikkeleita ja tutkimuksia. Suuri painoarvo tässä kirjallisuustutkimuksessa on aineistolla, jotka käsittelevät piimaan ja piidioksidin vaikutuksia maanparannusaineena, sekä lannoitteena.

Tässä kirjallisuustutkimuksessa käsiteltävät artikkelit/tutkimukset liittyvät piimaalietteen käyttämiseen lannoitteena ja maanparannusaineena, sillä olettamuksella että se on soveltuvin jatkokäyttömenetelmä Suomen olosuhteisiin. Piimaalietteen käytön tavoite maanviljelyssä on parantaa satojen määrää ja kasvien laatua, sekä vähentää perinteisten lannoitteiden käyttöä.

Piimaalietettä Suomessa syntyy merkittävästi kolmesta suurimmasta panimosta. Suodatettavan oluen tyypistä riippuen suodatusjätteen (piimaaliete) koostumus vaihtelee.

Ekologisuuden ja kustannustehokkuuden kannalta ajateltuna tehokkain tapa olisi sijoittaa käytetty piimaa mahdollisimman lähelle sen syntypaikkaa. Käsittelemättömän piimaalietteen kuljetuksen tekee ongelmalliseksi sen suuri vesipitoisuus. Veden kuljettaminen ei ole kannattavaa. Tältä ongelmalta voidaan välttyä esim. kuivattamalla piimaaliete ennen kuljetusta. Optimaalisessa kuvitteellisessa tilanteessa panimolta poistettu piimaa levitetään lähellä sijaitsevaan peltoon, jossa viljellään raaka-aineita panimon käyttöön. Silloin käytetyn piimaan sisältämät ravinteet saadaan täydelliseen kiertoon.

4 KIRJALLISUUSTUTKIMUKSEN AINEISTO - ARTIKKELIT JA TUTKIMUKSET

Seuraavissa kappaleissa on tiivistelmät kirjallisuustutkimuksen artikkeleista ja tutkimuksista. Suurin osa tiedonhankinnasta tapahtui Savonia-ammattikorkeakoulun sekä Itä-Suomen yliopiston tietokannoissa. Itä-Suomen Yliopiston kirjaston informaatikko Heikki Laitinen opasti tietokantojen käyttöä ja näin sain tehtyä laajempia hakuja. Savonia-ammattikorkeakoulun tietokantojen kanssa minua opasti informaatikko Mira Juppi. Hyväksi lähteeksi osoittautui myös Brauwelt International -julkaisu. Lehti käsittelee panimo-alaa ja ilmestyy kuukausittain. Lehdessä on julkaistu useita piimaalietteen liittyviä tutkimuksia. Sain käsiini lehden miltei täydet vuosikerrat 1990 vuodesta lähtien.

Coverkit Oy:n yhteyshenkilön Hannu Sulun kanssa kävimme keskusteluja raporttiin tulevista tutkimuksista. Tutkimukset liittyvät pääasiassa piimaan ja piimaalietteen käyttöön lannoitteena ja maanparannusaineena maataloudessa. Osassa artikkeleista käsitellään piimaalietteen jatkokäytön tilaa ja sen ongelmia. Luvussa 7. käsitellään piin (Si) kasveille hyödyllisiä ominaisuuksia. Luvussa 9. käsitellään piimaan muita hyötykäyttömenetelmiä

4.1 Piimaan vaikutus mansikan kasvuun

Turkissa tehdyssä koejärjestelyssä (Angin, Kose, Aslantas 2011) tutkittiin piimaan käyttöä kasvualustan lannoitteena mansikalle. Tutkimusraportti koejärjestelystä on julkaistu Pakistan Journal of Botany –lehdessä (2011, 573-577) nimellä Effect of diatomite on growth of strawberry. Kasvukokeessa käytettiin kahta erikokoista piimaaraetta: 2 - 4 mm (DE - 1) ja 4 - 8 mm (DE - 2). Koe toteutettiin kasvihuoneessa. Mansikan siemenet istutettiin muovisiin vaaseihin ja niiden kasvua seurattiin kolmen kuukauden ajan. Koejärjestelyssä oli molemmille piimaarakeelle kolme erisuuruista annostelua sekä vertailuna kasvualusta ilman piimaata. Annostelut piimaalle oli 10 %, 20 % ja 30 % kasvualustan massasta.

Viljelyssä kasvualustan laatu ja koostumus ovat hyvin tärkeitä saatavan sadon laadun ja määrän kannalta. Piimaan avulla saadaan lisättyä kasvualusten huokoisuutta, joka on merkittävä fysiologinen ominaisuus. Huokoisuuden ansiosta veden ja ravinteiden imeytyminen tehostuu kasvien juuristossa. Taulukossa 3. on esitetty piimaa annos-

tuksen vaikutus mansikan juurien määrään, juurien pituuteen, juurien painoon, lehtien yhteispinta-alaan sekä varren halkaisijaan. Taulukosta voi havaita, että juurien lukumäärä ja pituus sekä lehtien pinta-ala kasvoi merkittävästi piimaan vaikutuksesta. Juurien lukumäärän ja pituuden kasvu voidaan yhdistää parantuneeseen veden pidätyskykyyn. Lehtien pinta-alan kasvu on tärkeää fotosynteesin tehokkuuden kannalta, koska se parantaa kasvin kehitystä ja sadon tuottoa.

Tutkimuksen perusteella todettiin, että piimaa on merkittävä veden pidättäjä kevyessä maaperässä. Kasvin kehityksen kannalta parhaat tulokset saavutettiin, kun DE-1 piima-annosteltiin 30 % kasvualustaan. Piima-annostelu paransi maaperän vesifysikaalisia ominaisuuksia sekä kasvullisia ominaisuuksia. Lannoituksella voidaan myös vähentää ravinteiden liukenemistä maaperän ominaisuuksien paranemisen johdosta.

Taulukko 3. Piima-annostuksen vaikutus mansikan kasvuun (Angin, Kose, Aslantas 2011, 575.)

Koe-erä	Juurien lukumäärä	Juurien pituus (cm)	Juurien tuorepaino (g)	Juurien kuiva paino (g)	Lehtien pinta-ala (cm ²)	Varren halkaisija (cm)
10% DE-1	30ab	22,95a	22,39	4,8	80,46ab	11,15
20% DE-1	32,5ab	22,65a	19,44	3,92	68,9b	11,5
30% DE-1	34,51	24,3a	19,35	4,01	87,88a	11,65
10% DE-2	18,5c	16,35c	17,79	2,94	72,19b	11,35
20% DE-2	33ab	20,5ab	21,17	4,59	69,24b	11,3
30% DE-2	31ab	22,35a	19,44	4,62	78,26ab	11,35
Kontrolli	28,5b	17,85bc	13,89	3,39	69,99b	11,0
P	<0,05	<0,05	ns	ns	<0,05	ns

4.2 Oluen suodatuksessa syntyvän piimaalietteen uusiokäyttö lannoitteena

Tässä luvussa tarkastellaan viiniviljelyn ja viinitieteiden tutkimuskeskuksessa Blajssa, Romaniassa tehtyä tutkimusta. Illescua, Faragoa, Popa ja Crlsteac tutkivat piimaalietteen käyttöä lannoitteena maanviljelyssä. Tutkimusartikkeli Reuse of residual kieselguhr from beer filtration as a fertilizer julkaistiin Journal of Environmental Protection and Ecology –lehdessä (2009, 256-162).

Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida oluensuodatuksessa syntyneen piimaalietteen käytettävyyttä maanviljelyssä lannoitteena. Tavoitteena oli saada viljelyn kannalta laadullisesti ja määrällisesti parempaa tuottavuutta, parantamalla maan ravinnepitoisuutta lisäämällä piimaalietteen sisältämiä typpiyhdisteitä sekä pitämällä yllä kasveilla edullista mikrobitoimintaa. Koekasveina tässä tutkimuksessa ovat viinirypäleet, maissi, tomaatti ja vehnä. Viinirypälettä ja maissia tutkittiin peltoviljelykokeessa. Tomaatin ja vehnän kasvua tutkittiin laboratorio-olosuhteissa.

Laboratoriokoe toteutettiin kasvattamalla tomaatin- ja vehnän siemeniä kasvatusvaaseissa. Laboratoriokokeessa oli tarkoitus seurata kasvien käyttäytymistä ja kasvua riippuen seuraavista muuttujista:

- piimaalietteen annostelutyyli (maan päälle/maahan sekoitettu)
- piimaalietteen kosteus
- piimaalietteen annostelu
- kasvin massan kasvu
- kasvun aikaisten kasvimyrkköjen ilmenemisen seuranta.

Laboratoriotesteistä saatiin selville seuraavia ilmiöitä:

- Kasvun aikaisia kasvimyrkkyjä ei ilmentynyt.
- Kasvien, joiden kasvualustaan oli sekoitettu piimaalietettä, kasvu oli aluksi hitaampaa kuin kasvien joiden päälle siroteltiin piimaalietettä. Kymmenen päivän kuluttua piimaalla lannoitettujen kasvien kasvu ohitti ilman piimaata kasvaneet kasvit.
- Yleinen johtopäätös on, että piimaalietteellä lannoittamisesta on hyötyä kasville.

Kokeissa tutkittiin piimaalietteen annostelutavan vaikutusta vehnän kasvuvauhtiin ja kasvimassan kehitykseen. Vertailukohtina oli annostellaanko piimaaliete kuivana vai märkänä ja levitetäänkö piimaaliete kasvien päälle vai lisätäänkö se maaperään. Kasvimassan kasvuvauhti oli nopeampi, kun piimaaliete levitettiin kasvualustan päälle märkänä. Kahdenkymmenen päivän kasvujakson aikana parhaat tulokset vehnän kasvuvauhdissa saavutettiin, kun märkä piimaaliete levitettiin kasvin päälle.

4.3 Piimaan hyödylliset vaikutukset härkäpavun kasvuun ja kasvikemialliseen sisältöön

Tässä luvussa käsitellään piimaan vaikutuksia härkäpavun kehitykseen Abdallan (2010, 1076-1089) *Agriculture and biology journal of North America* –lehdessä julkaistun tutkimusraportin *Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of Vicia faba plants* pohjalta. Tutkimukseen liittyvissä kokeissa tarkasteltiin piimaan hyötyvaikutuksia härkäpapujen viljelyssä.

Härkäpapu (lat. *vicia faba*) on palkokasvi. Härkäpapu on merkittävä ravintokasvi eri puolilla Eurooppaa. Härkäpavun proteiinipitoisuus on huomattava, sitä käytetäänkin Lähi-idässä, Pohjois-Afrikassa ja Välimeren Euroopassa perusravintona. Paikoittain härkäpapu on ruokatalouden pääasiallinen valkuaislähde. Härkäpapua viljellään myös rehukäyttöön. Edellä mainittujen alueiden lisäksi härkäpavun muita merkittäviä viljelyalueita ovat Australia, Kanada ja Englanti. Härkäpapua viljellään myös Suomessa. Kasvi määritellään ns. erikoiskasviksi, jonka avulla voidaan mm. vähentää monokulttuurisuutta maanviljelyssä. Vuonna 2008 härkäpavun viljelyala Suomessa oli yhteensä 742 ha ja viljelytiloja oli 103 kpl. (Agrimarket.), (Hietanen, V. 2010, 8.)

Tutkimuksessa tehtyjen kokeiden perusteella piin (Si) käyttäminen kasvilannoitteena tuo etuja kasville ja parantaa satoa. Hyötyjen taso riippuu mm. piin lähteestä, lannoitustavasta, pitoisuudesta ja kasvilajikkeesta. Kyseisessä tutkimuksessa on kokeiltu piimaan eri pitoisuuksien vaikutusta härkämpävun kasvuun, satoon ja aineenvaihduntaan. Suoritetuissa kokeissa havaittiin, että piimaalla käsitellyissä kasveissa havaittiin seuraavanlaista kehitystä:

- morfologinen kasvu
- versot ja juuret olivat pidempiä
- enemmän lehtiä ja palkoja kasvia kohden
- versojen ja lehtien paino korkeampi
- fysiologinen aktiivisuus korkeampi
- kokonaisliukenevan sokerin ja kokonais-sokerin taso korkeampi
- fotosynteesi taso korkeampi
- ilmarakojen johtokyky parempi
- lehtien suhteellinen kosteus optimaalisempi
- solujen välinen hiilidioksiditaso parempi
- kokonaistyyppi ja kokonaisliukenevatyyppi paremmalla tasolla
- fosforitaso optimaalisempi
- kalium-, Kalsium- ja magnesiumtaso korkeampi kuin käsittelemättömillä kasveilla.

4.4 Piimaan hyödylliset vaikutukset lupiinin kasvuun, biokemialliseen sisältöön ja monimuotoiseen DNA:han, kasvin kärsiessä veden puutteesta

Abdallan (2011, 207-220) läpiviemä tutkimus Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress on käsittelyssä tässä luvussa. Tutkimus on julkaistu Agriculture and biology journal of North America –lehdessä. Tutkimuksessa toteutettiin koe, jossa tutkittiin piimaan hyödyllisiä vaikutuksia lupiin (Lupinus albus) kasvuun, biokemiallisiin ominaisuuksiin ja monimuotoiseen perimään sen kasvaessa veden puutteessa. Koejärjestelyssä lupiin kasvualustaan sekoitettiin 10g/kg piimaata. Kokeessa toteutettiin kasvukoe lupiinille kolmella eripituisella kasteluvälillä. Tarkoituksena oli tutkia miten piimaa vaikuttaa kasvien kuivuudensietokykyyn. Lupiin siemeniä istutettiin vaaseihin. Vaasit jaettiin kuuteen eri ryhmään. Kolmen ryhmän vaasien kasvualus-

taan lisättiin piimaata. Tämän jälkeen ryhmistä tehtiin parit. Jokaisessa parissa oli piimaata sisältäviä vaaseja sekä ilman piimaata olevia vaaseja. Kasteluvälit kokeessa olivat yhden ja neljän päivän välein sekä optimaalinen kastelu. Kokeen aikana kasveista tutkittiin kasvua, tuottavuutta, kaasujen vaihtoa, biokemiallisia ominaisuuksia ja perimän monimuotoisuutta. Kokeen tuloksista saatiin selville, että piimaa kasvualustassa vähentää veden puutteesta johtuvia haittavaikutuksia miltei kaikkien mitattujen suureiden kohdalla.

4.5 Piimaalietteen hävitysongelmat

Blümmelhuber (2007, 305-309) käsitteli Brauwelt International –lehdessä olleessa tutkimusartikkelissaan Kieselguhr Sludge? Disposal Problems? panimolla suodatinmateriaalina käytetyn piimaan jatkokäytön ongelmia ja esitettiin ratkaisumalleja. Viime vuosikymmenenä on pyritty kehittämään vaihtoehtoinen ns. piimaavapaa suodatinmenetelmä panimoille. Vaihtoehtoisia menetelmiä on kehitetty, mutta niiden tehokkuus ei ole yltänyt perinteisen piimaasuodatuksen tasolle. Tästä syystä piimaasuodatus on 2010- luvulla yhä käytetyin menetelmä.

Artikkelin mukaan suodatuksessa syntyvälle piimaalietteelle soveltuvat seuraavat käyttökohteet:

- elvytys
- käyttäminen lannoitteena
- rakennusmateriaalien valmistus
- vieminen kaatopaikalle.

Piimaalietteen kaatopaikalle vieminen tulee olemaan yhä epämieluisampi vaihtoehto, sillä Suomen kiristytvä jätelaki muodostaa rajoituksia kaatopaikalle kelpaaville jäteläaduille. Valtioneuvoston asetuksessa (9.5.2012) kaatopaikoista määritellään uudestaan eri jäteläatujen kaatopaikkakelpoisuutta. Asetus tulee lainvoimaiseksi asteittain. Asetuksen mukaan vuonna 2016 voimaan astuvan lain nojalla orgaanisen jätteen vieminen tavanomaiselle kaatopaikalle olisi kiellettyä. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2012.) Tästä syystä piimaalietteen kaatopaikalle vieminen hankaloituu tulevaisuudessa.

4.6 Panimojätteen hävittämisen tila Saksan panimoissa

Tässä luvussa tarkastellaan panimojätteen hävittämisen tilaa Saksan panimoissa. Knirschin, Penschen ja Mayer-Pittroffin artikkeli Disposal situation for brewery waste in Germany (1999, 477-481) on julkaistu Brauwelt International -lehdessä. Artikkelissa esitellään saksalaisille panimoille suunnattu kyselytutkimus tuloksineen. Panimoilta tiedusteltiin syntyvän jätteen hävitystapoja ja niihin liittyviä kustannuksia. Yksi merkittävimmistä panimoiden jätteistä on suodatuksessa käytetty piimaa.

Artikkelin mukaan panimolla suodatinmateriaalina käytetty piimaaliete voidaan levittää viljelysmaalle. Piimaalannoitus parantaa kasvualustan laatua esim. tekemällä maaperästä huokoisemman ja lisäämällä kasvualustan vedenpidätyskykyä. Piimaalietteen sisältämät hiivat ja proteiinit toimivat samalla kasvualustan typpilannoittajina. Jos piimaalietteeseen lisätään kalkkia, saadaan siitä tehtyä varastointia kestävä. Kalkin lisäys aiheuttaa hiivan ja pieneliöiden tuhoutumisen. Kyselyn perusteella 35 % panimoiden käytetystä piimaasta käytettiin maanviljelyyn ja 24 % piimaasta kierrätettiin. Muita hävitystapoja oli kompostointi, hävittäminen panimoiden omassa jätevedenpuhdistusjärjestelmässä ja vieminen kaatopaikalle. Kyselyyn vastanneiden panimoiden piimaahan liittyvät jätehuoltokustannukset vaihtelivat selvästi. Jätehuoltokustannukset muodostuvat pääasiassa kuljetuskontin hinnasta, kuljetushinnasta ja mahdollisista jätemaksuista.

4.7 Piimaalietteen kalkkikäsittely

Brauwelt International- lehden artikkelissa Treatment of kieselguhr slurry from beer filtration (Baum, Wagner-Bornefeld, Wiedermeier, Wellerhoff, 1999, 206-207) esitellään syitä, miksi piimaalietteeeseen tulisi sekoittaa kalkkia. Artikkelissa mainitaan, että piimaalietteen käyttäminen lannoitteena ja maanparannusaineena on ekologinen tapa päästä eroon jätteestä. Kalkkia (CaO) sekoitettaessa piimaalietteeeseen syntyy siitä veden kanssa reagoidessa kalsiumhydroksidia (CA(OH)₂) eksotermisessä reaktiossa, joka tekee lietteestä kiinteämpää ja vähentää veden määrää. Kalkkikäsitellyn piimaalietteen ominaisuuksia ovat:

- käsittelyominaisuudet paranevat
- kuiva-ainepitoisuus nousee
- piimaaliete hygienisoituu
- epäorgaanisten yhdisteiden lisääntyminen piimaalietteessä parantaa maan rakennetta raskailla maalajeilla
- Hiekkaisilla maalajeilla ja kuivissa olosuhteissa veden pidättyvyys paranee
- maaperän kalkitseminen
- piimaalietteen hiiva, proteiinit, mineraalit ja typpiyhdisteet tulevat kasvien ulottuville.

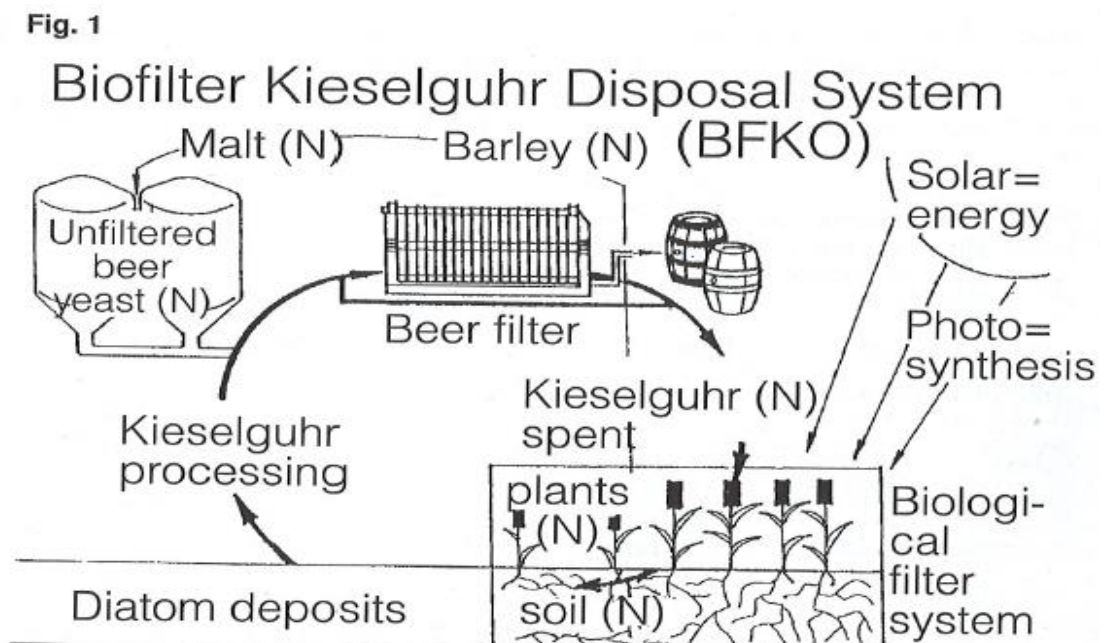
4.8 Piimaalietteen hävitysmenetelmä- biosuodatus

Tässä luvussa käsitellään Brauwelt International -lehdessä julkaistua tutkimusraporttia A new biofilter disposal system (Schildbach, 1990, 58-65). Tutkimus käsittelee panimoiden piimaalietteen hävittämistä ja jatkokäyttöä lannoitteena maataloudessa. Tutkimus on tehty yli kaksikymmentä vuotta sitten, silti siinä käsitellään yhä ajankohtaista ongelmaa. Artikkelissa Schildbach pitää käytetyn piimaasuodatinmateriaalin kaatopaikalle viemistä ongelmallisena viitaten ympäristönäkökohtiin sekä panimoiden talouteen. Kirjoittajan mukaan piimaalietteen hävittämisen ongelma on korkea vesipitoisuus sekä piimaalietteen sisältämät yhdisteet, jotka aikaansaavat nopeaa ympäristöä pilaavaa mätänemistä. Kun piimaaliete vietään kaatopaikalle, roskapenkkaan syntyy hajuhaittoja ja mahdollista nitraattien (NO₃) liukenemistä.

Schildbach käyttää piimaalietteen ekologisesta jatkokäyttömenetelmästä nimeä piimaalietteen hävitys biosuodatus menetelmällä (the new biofilter kieselguhr disposal system). Menetelmän pääkohdat ovat

- jatkokäyttö
- lannoitus
- kierrätys luonnollisessa kiertokulussa.

Menetelmän läpikäyneestä piimaalietteestä poistuvat orgaaniset yhdisteet ja piimaa palautuu alkuperäiseen muotoonsa. Piimaalietteen sisältämät orgaaniset ja epäorgaaniset yhdisteet ovat pääosin peräisin ohran, humalan ja hiivan biosynteetistä. Kirjoittajan mukaan piimaalietteen ympäristöä pilaavin tekijä on typen muuntuminen ja sen vapautuminen maaperään. Vesistöön päästessään typpi aiheuttaa rehevöitymistä. Kyseisellä menetelmällä piimaalietteen typpi käytetään kasvien lannoitteena ja näin ollen sitä ei pääse kulkeutumaan vesistöön. Kun piimaalietteellä lannoitetaan kasveja, orgaaniset ja epäorgaaniset yhdisteet lopulta muuttuvat kivennäisaineiksi maaperän pieneliöiden ansiosta. Kasvit käyttävät näitä kivennäisaineita ravinteina. Mikäli piimaalietteellä lannoitetaan samaa viljelypalstaa useiden vuosien ajan, syntyy maaperään keinotekoinen piimaaesiintymä biosuodatusmenetelmän ansiosta. Periaatteessa piimaa on sen jälkeen mahdollista kaivaa ylös maaperästä ja käyttää uudelleen suodatusmateriaalina. Kuvassa 2. on esitetty menetelmä.



Kuva 2. Biosuodatusmenetelmä. (Schildbach, 1990, 59)

Tutkimuksessa toteutettiin laaja kasvukoe kasvihuoneessa sokerijuurikkaalla, maissilla ja kevätohralla sekä monivuotinen peltoviljelykoe. Kokeiden tavoitteena oli todistaa biosuodatusmenetelmän toimivuus. Kokeessa tutkittiin pystyvätkö kasvit käyttämään piimaalietteen tyyppiä ravinteena samalla tavalla kuin typpilannoitteiden tyyppiä. Tavoitteena oli myös tutkia, onko raaka-aineella piimaalla samankaltaisia vaikutuksia kasvisatoon kuin piimaalietteellä.

Vaasikokeissa havaittiin, että maalajista riippumatta kasvualustan itämiskapasiteetti heikkenee piimaan lisäämisen johdosta sekä raakan piimaan että piimaalietteen tapauksessa. Tämä johtuu kirjoittajan tekemien havaintojen perusteella siitä, että piimaalla on taipumusta muodostaa lietettä kasvualustaan. Kokeessa ei ollut mahdollista tutkia piimaan kasvualustaa parantavia ominaisuuksia. Sen sijaan kasvien tuottavuudessa havaittiin selvä ero, kun piimaalietettä oli lisätty kasvualustaan. Raakan piimaan lisääminen toi hienoisen kasvun satoon, mutta piimaalietteen lisäämisellä saavutettiin huomattava kasvu. Saadut tulokset osoittivat selvästi sen, että piimaalietteen sisältämät oluen suodatusjäännökset hajoavat maaperässä ja tulevat kasvien käytettäviin.

Kasvihuonekokeessa oli mahdollista tutkia kuinka tehokkaasti piimaaliete ”puhdistuu” eli siitä poistuu ympäristöä kuormittavia yhdisteitä (esim. typpi). Kokeessa lisättiin toisiin vaaseihin typpilannoitetta ja toisiin vaaseihin saman verran tyyppiä sisältävää määrää kuivaa piimaalietettä. Kasvua tutkittiin sokerijuurikkaalla kevätohralla ja maissilla. Vaasit sisälsivät 8 kg savista hiekkaa ja niihin lisättiin 1,3-6,7% piimaalietettä. Kokeessa havaittiin, että lisäämällä piimaalietettä suhteellisen suuren määrän (500g/vaasi) kevätohran kasvualustaan, sen lannoittavat vaikutukset ovat parempia kuin kokeessa käytetyn typpilannoitteen (CaO_3). Kirjoittajan tekemien johtopäätösten mukaan kokeen tulokset todistavat lannoitekäytön hyväksi jatkokäyttömenetelmäksi mm. seuraavien tekijöiden johdosta:

- Piimaalietteellä on samat kasville edulliset lannoittavat ominaisuudet kuin kivennäislannoitteella. Sen lisäksi piimaalietteellä on vielä muitakin satoa parantavia ominaisuuksia, joita kivennäislannoitteilla ei ole.

- On todennäköisempää, että typpi kivennäislannoitteesta pääsee kulkeutumaan pohjaveteen tai vesistöön. Piimaalietteen orgaaninen typpi on sitoutuneessa muodossa, se ei huuhtoudu niin herkästi.

Koetulokset vaihtelivat kasvilajin mukaan. Sokerijuurikkaalla piimaalietteen hyödyt tulivat esiin lannoitus määrällä 400g/vaasi. Maissi sadosta saatiin suurin lisäämällä piimaalietettä 500 grammaa vaasiin. Maissin kasvatuskokeessa havainnoitiin sadon pienenevän, kun piimaalietettä lisättiin 750 grammaa vaasiin. Kirjoittajan mukaan tämä johtuu kasvualustan fysiologisten ominaisuuksien heikkenemisestä. Maissin kasvualustaan lisättiin myös raakaa piimaata (500g/vaasi). Kyseisellä lannoituksella ei ollut juurikaan vaikutusta satoon. Kirjoittajan mukaan tämä johtuu siitä, että piimaassa ei ole kasville käyttökelpoisia ravinteita.

Tutkimukseen liittyvät peltokasvatuskokeet suoritettiin kevätohralla. Kokeissa saatiin samansuuntaisia tuloksia kuin laboratorioskokeissa. Matalilla typpilannoitteen lannoitusmäärillä kevyessä hiekkaisessa maaperässä kivennäislannoite oli tehokkaampi lannoite kuin piimaaliete. Kivennäislannoitetta lisättäessä 120 kg/ha kasvualustaan ja vastaavan määrän typpeä sisältävä erä kosteaa piimaalietettä (40–50 t/ha) havaittiin samansuuruiset sadot. Savisessa hiekkamaassa kivennäislannoitteen ja piimaalietteen vaikutukset satoon olivat samankaltaiset aina lannoitustasoon 90 kg/ha asti. Sitä suuremmilla lannoitusmäärillä piimaalietteen lannoitetusta kasvualustasta saatiin suurempia satoja.

Schildbachin tekemien johtopäätösten mukaan piimaaliete sopii lannoitteeksi kevätohralle paremmin kuin kivennäislannoitteet mm. edellä mainittujen perustelujen takia.

5 PII LANNOITEENA

Biologien keskuudessa Piin (Si) vaikutuksesta kasvien kehitykseen ei olla yksimielisiä. Vallitsevan käsityksen mukaan pii ei kuulu kasvien kehityksen kannalta elintärkeiden alkuaineiden joukkoon. Osa tutkijoista pitää piitä merkityksellisenä tekijänä kasvien kehitykselle. (Epstein, 2009, 155.) Annual review of plant physiology & plant molecular biology -kirjassa julkaistussa Emmanuel Epsteinin kirjoittamassa kappaleessa perustellaan piin edullisia vaikutuksia kasvien kehitykselle. Kasveissa on vastaavan verran piitä kuin pääravinteita kuten kalsiumia (Ca), magnesiumia (Mg) ja fosforia (P). Pii (Si) antaa kasveille suojaa haitallisia elottomia ja elollisia räsituksia vastaan. Kirjoittajan mukaan kasvukokeissa, joissa kasvia lannoitetaan piillä (Si) ja muilla aineilla kuten fosforilla (P), kasveille tapahtuneita vaikutuksia ei voida suoraan yhdistää piihin. Silti vahvoin perustein voidaan todeta piillä olevan parantavia vaikutuksia kasvien kasvuun ja kehitykseen. Epstein perustelee näkökantonsa tutkimusartikkelissaan Piin moninaiset vaikutukset kasveihin (Silicon: it's manifold roles in plants). Hänen mukaansa kasvit voivat kehittyä täyteen mittaan ns. ihanteellisissa olosuhteissa ilman piitä. "Ihanteellisilla olosuhteilla" Epstein tarkoittaa kasveille suotuisissa olosuhteissa tehtyjä kasvukokeita. Tällä perusteella useat tutkijat vähättelevät piin roolia kasvien kehitykselle. Epstein korostaa tekstissään sitä, että käytännössä kasvit kumminkin kasvavat oikeassa luonnossa kokien erilaisia elottomia (esim. myrkylliset metallit) ja elollisia (esim. kasvitaudit, tuhohyönteiset) räsitteitä. Piin rooli erilaisten räsitusten vastustajana onkin Epsteinin mukaan merkittävä.

E. Epstein perustelee piin edullisia vaikutuksia muutamilla esimerkeillä kasvukokeista. Piin vaikutukset ravintoliuoksen kierrättäjänä kurkun kasvaessa (The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution, Adata, Besford. 1986) -tutkimuksessa toteutettiin kasvukoe kurkuilla (*Cucumis sativus* cv. Corona). Kokeessa verrattiin kahden eri piin annoksen saaneen kurkun kehitystä. Toiselle kasveista ei lisätty tietoisesti piitä ja toiselle lisättiin siten, että sillä oli käytettävissä sitä kymmenkertainen määrä. Kasvilla, jolle lisättiin piitä (Si) oli tummemman vihreät alalehdet, suurempi taipumus pidättää valoa sekä lehdet olivat selkeästi karheampia (erityisesti lehtiruoto) verrattaessa kasviin, jolle ei oltu lisätty piitä. Lannoitetulla kurkulla oli myös paksummat lehdet ja korkeampi kuivapaino. Kurkku, jota ei lannoitettu, altistui nopeammin lehtien lakastumiselle. Sato oli molemmilla kasveilla samansuuruisen. (Epstein, 1999, 650-651.)

Kahdessa seuraavassa kappaleessa on lyhyet tiivistelmät tutkimuksista, jotka käsittelevät piin kasveille edullisia ominaisuuksia.

5.1 Piin (Si) rooli parantamassa kasvien vastustuskykyä elollisia - ja elottomia rasi- tuksia vastaan

Tässä luvussa käsitellään Soil Science and Plant Nutrition –kirjassa julkaistua tutkimusta Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses (Ma 2004). Tutkimus käsittelee piin roolia kasvien kehitykselle niiden kokiessa erilaisia elollisen- ja elottoman luonnon rasituksia. Kirjoittajan mukaan pii säätelee voimakkaasti kasvien sietokykyä erilaisia tuhohyönteisiä sekä sienien ja bakteerien aiheuttamia tauteja vastaan. Pii lisää kasvien sietokykyä erilaisia elottoman luonnon rasituksia kohtaan kuten:

- suolaisuudensietokyky
- metallien myrkyllisyys
- kuivuudensietokyky
- säteilyvahinkoja
- ravinteiden epätasapaino
- korkeiden lämpötilojen sietokyky
- kylmyydensietokyky.

Nämä kasville suotuisat ominaisuudet voidaan tutkimuksen mukaan yhdistää korkeaan pii kertymään kasvien kudospinnalla.

5.2 Piin (Si) ja kuivuusrasituksen vaikutus perunan mukuloiden satoon ja biokemiallisiin ominaisuuksiin

Tässä luvussa käsitellään Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato (Crusciol, Pulz, Lemos, Soratto, Lima 2009) tutkimusta. Tutkimusraportti julkaistiin Crop Science –kirjassa. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida pii (Si) annostuksen vaikutusta perunan (*Solanum tuberosum* L.)

biokemiallisiin ominaisuuksiin ja mukulasatoon kasvin kärsiessä veden puutteesta sekä sen ollessa normaalisti kasteltu. Tutkimukseen liittyi kasvihuoneessa tehty koejärjestely. Kokeessa verrattiin neljää erilaista perunan kasvutilannetta. Neljään vaasiin istutettiin perunaa. Kahteen vaaseista lisättiin piitä (dolomiittikalkkia, kalsiumia ja magnesiumsilikaattia), joista toinen altistettiin veden puutteelle. Näissä kahdessa vaasissa kasvavien perunoiden kehitystä verrattiin ilman piin lisäystä suoritettuun kasvutilanteeseen, joista toinen altistettiin myös veden puutteeseen. Kokeessa havaittiin korkeamman piin saatavuuden kasvualustassa johtavan suurempaan pii kertymään kasvin lehtiin. Vedenpuute yhdistettynä piin lisäykseen johtaa proliini pitoisuuden kasvuun, kun taas liukenevat sokerit ja -proteiinit lehdissä vähenevät. Piin lisääminen kasvatti mukuloiden keski- ja kuivapainoa sekä satoa etenkin silloin, kun peruna kärsi veden puutteesta.

6 PIIMAALIETTEEN HYÖTYKÄYTTÖ SUOMESSA

Tämä luku on kirjoitettu Hannu Sulun tekstin pohjalta. Kirjoitus perustuu hänen omiin kokemuksiinsa piimaalietteen hyötykäytöstä Suomessa.

1990- luvun alkupuolella piimaalietteen hyötykäytöstä ei ollut paljon tietoutta Suomessa. Oy Hartwall Ab, Olvi- säätiö ja Oy Sinebrychoff Ab rahoittivat silloin selvityshanketta piimaalietteen hyötykäytöstä. Selvitystyön toteuttivat Atte von Wright ja Hannu Sulku. Tietoutta haettiin Berliinistä ja Bayernin alueelta, Saksasta.

1990- luvun puolivälissä aloitettiin ensimmäiset piimaalietteen hyötykäyttökokeilut suomalaisissa panimoissa. Ensimmäisenä Hartwallin Tornion panimo rakensi piimaalietteen betoniset varastointisiilot. Lahden panimolla piimaalietteet varastoitiin maavallisiiloihin. Olvin panimolla lisämassa piimaalietteet säilöttiin myös maavallisiiloihin. Sinebrychoffin panimolla Keravalla piimaalietteet varastoitiin ja käytettiin maanparannusaineena Keravan nuorisovankilan alueella.

Ensimmäisten hyötykäyttö kokeiluiden aikana varastosiilot tyhjennettiin keväällä ja syksyllä. Suhteellisen harvan tyhjennysvälin etuna oli se, että varastoidessa vesipitoisuus väheni. Näin kuljetuskustannukset saatiin alhaisemmiksi. Menetelmän heikkous oli kesäisin ajoittain ilmentyneet hajuhaitat. Kuivahtaneen piimaalietteen koekäyttöä tehtiin usealla paikkakunnalla:

- Lumijoki, Tyrnävä, Kuopio (peruna)
- Sipoo, Nastola, Pielavesi, Kuopio (mansikka)
- Nastola (rypsi, ruokohelpi)
- Kuopio, Sipoo (erikoiskasvualustana erilaisille nurmikentille)
- Siilinjärvi, Pyhäsalmi (teollisuuden raaka-aineeksi)

Piimaalietteen soveltuvuutta peltoviljelyyn kokeiltiin laajalti välillä Sipoo- Tornio. Kuopiossa suoritettiin vertailukokeet neitseellisen piimaan ja piimaalietteen välillä. Suoritettujen kokeiden tulokset vahvistivat saksalaisia tutkimustuloksia.

Jatkossa piimaalietettä toimitettiin peltoviljelyyn maanparannusaineeksi/lannoitteeksi. Todettiin, että se on helppo, turvallinen, taloudellinen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto.

Panimoiden toimintamallit piimaalietteen hyötykäytön osalta vaihtelevat tänä päivänä. Esim. Hartwallin Lahden panimon piimaalietteet on 2000- luvulla toimitettu maanpa-rannusaineeksi. Lahden seudulla on tutkittu piimaalietteen soveltuvuutta erikoiskas-vualustaksi (golf- kenttien greenit ym.).

7 MUUT PIIMAALIETTEEN HYÖTYKÄYTTÖMENETELMÄT

Seuraavissa kappaleissa on esitelty lyhyesti muita mahdollisia piimaalietteen hyötykäyttömenetelmiä.

7.1 Kuivatus

Piimaalietteen hyötykäytön suurimpia ongelmia on sen sisältämä suuri vesipitoisuus. Piimaalietteen suuren vesipitoisuuden takia vedenpoisto piimaalietteestä nousee yhdeksi merkittävimmistä tekijöistä, kun mietitään hyötykäyttö kohdetta ja-menetelmää. Kuivatukseen voidaan käyttää monia erilaisia menetelmiä. Useassa tapauksessa suuren vesimäärän kuivatus vaatii suuren määrän energiaa. Korkeista kuivatuskustannuksista johtuen panimon ei ole välttämättä kannattavaa panostaa piimaalietteen kuivattamiseen, varsinkaan jos järkevää hyötykäyttö kohdetta ei ole näköpiirissä. Toisaalta piimaalietteen kuivatuksella panimo voi säästää mm. seuraavissa kuluissa:

- piimaalietteen kuljetus
- piimaalietteen varastointi
- piimaalietteen jatkokäyttö

Tässä kappaleessa käsitellään Drying Technology –kirjassa julkaistua Adamiecin tutkimusta Drying of waste sludges in a fluidized bed dryer with a mixer (2002). Adamiec on tutkinut jätelietettä, joka sisälsi käytettyä viljaa, hiivaa ja piimaata sekä biotekniikan prosessissa syntyvää sivutuotetta. Molempien lietteiden vesipitoisuus on 65-70%. Tutkimuksessa tehtiin kokeita lietteiden kuivattamiseksi sekoittimella varustella leijupetikuivaimella. Adamiec kirjoittaa, että erilaisia kuivattavia seoksia varten soveltuvat erilaiset kuivatusmenetelmät. Tutkimuksessa mainitaan seuraavanlaiset menetelmät

- epäsuorasti lämmitettävä ontto ruuvikuljettimella varustettu höyrykuivain
- rotaatiokuivain
- hihnakuivain
- leijupetikuivain
- kourupetikuivain
- ruuvikuivain suoralla/epäsuoralla lämmityksellä

7.2 Tiilien valmistus piimaalietteestä

Piimaalietteen käyttämisestä keraamisten tiilien valmistuksessa on tehty useita tutkimuksia. Menetelmässä piimaaliete ensin kuivataan ja poltetaan, sitten sekoitetaan savimassaan. Tässä luvussa käsitellään Manufacture of Ceramic Bricks Using Recycled Brewing Spent Kieselguhr –tutkimusta, joka on julkaistu Materials and Manufacturing Processes –kirjassa (Ferraz, Coroado, Silva, Gomes, Rocha, 2011). Tutkimuksessa esitellään laboratoriokokeita aiheesta. Laboratoriokokeissa tutkittiin mm. piimaalietteen optimaalista sekoitussuhdetta, polttolämpötilaa sekä piimaalietteen lisäämisen vaikutuksia tiilien laatuun. Tutkimuksen perusteella tehtyjen johtopäätösten mukaan piimaalietteen käyttö tiilien valmistuksessa tuo seuraavanlaisia etuja:

- vähentää panimoiden jätehuoltokuluja
- pidentää kaatopaikan ikää
- auttaa säästämään luontoa
- säästää raaka-aineita
- piimaalietteen vesi voidaan käyttää hyväksi valmistusprosessissa
- piimaa lisäaineena vähentää savimassan tiheyttä, ja tällöin ei tarvitse käyttää synteettisiä lisäaineita

Tutkimuksen mukaan piimaalietteen käyttäminen tiilien lisäaineena ei vaikuta lopullisen tuotteen laatuun.

7.3 Piimaalietteen käyttäminen eläinten rehuna

Piimaalietettä on käytetty aikaisemmin ainakin Saksassa eläinten rehuna. Euroopan yhteisön (EY) tekemän lakiuudistuksen myötä piimaalietteen käyttäminen suoraan rehuna tuli mahdolliseksi. Happoliukoisen tuhkan pitoisuus rajoitettiin kahteen prosenttiin kaupallisessa rehussa. Piimaalietettä olisi mahdollista sekoittaa oluen valmistuksessa sivutuotteena syntyvään mallasjyvämassaan. Tällä sekoituksella ei kuitenkaan ole ollut kaupallisia markkinoita. (Insung, 1999, 30)

7.4 Piimaan uusiokäyttö

Tässä luvussa käsitellään Blümmelhuberin Brauwelt International –lehdessä julkaistua artikkelia Kieselguhr Sludge? Disposal problems? (2007). Artikkelissa käsitellään piimaalietteen elvyttämistä uusiokytettäväksi suodatinmateriaaliksi. Artikkelissa esitellään erilaisia piimaalietteen elvytysmenetelmiä.

Piimaalietteen elvytystä uudelleenkäytettäväksi suodatinmateriaaliksi on tutkittu panimoteollisuudessa. Piimaalietteen elvytys piimaaksi on mahdollista, mutta nykytekniikalla ja energian hinnalla se ei kuitenkaan ole välttämättä kustannustehokasta. Raakan piimaan markkinahinta on sen verran alhainen, että uuden suodatinmateriaalin hankkiminen on panimolle kannattavampaa kuin piimaalietteen elvytys. Toisaalta nousevat jätehuoltokustannukset saattavat vaikuttaa elvytyksen kannattavuuteen. Suurin ongelma piimaalietteen elvyttämisessä on korkea vesipitoisuus. Jotta elvyttäminen olisi kannattavaa, pitäisi veden poisto piimaalietteestä järjestää kustannustehokkaalla menetelmällä. Tämän jälkeen massa täytyy vielä kuivattaa ja poistaa piimaan suodattamat yhdisteet esim. kuumentamalla massaa.

Piimaalietteen yleisimmät elvytysmenetelmät ovat: kuumentaminen ja kemialliset menetelmät. Blümmelhuberin artikkelissa esitetään taulukko, jonka mukaan piimaan elvytysjärjestelmä liitettynä normaaliin olut-tuotantoon tuo taloudellisia säästöjä panimolle. Taulukko 4. kuvaa raaka-aine menekkiä ja suodatusjärjestelmän käyttökustannuksia perinteisessä suodatusjärjestelmässä sekä piimaan elvytyksen ollessa liitettynä järjestelmään.

Taulukko 4. Perinteisen suodatusjärjestelmän sekä elvytysjärjestelmän sisältävän suodatuksen vertailu. (Blümmelhuber 2007, 307)

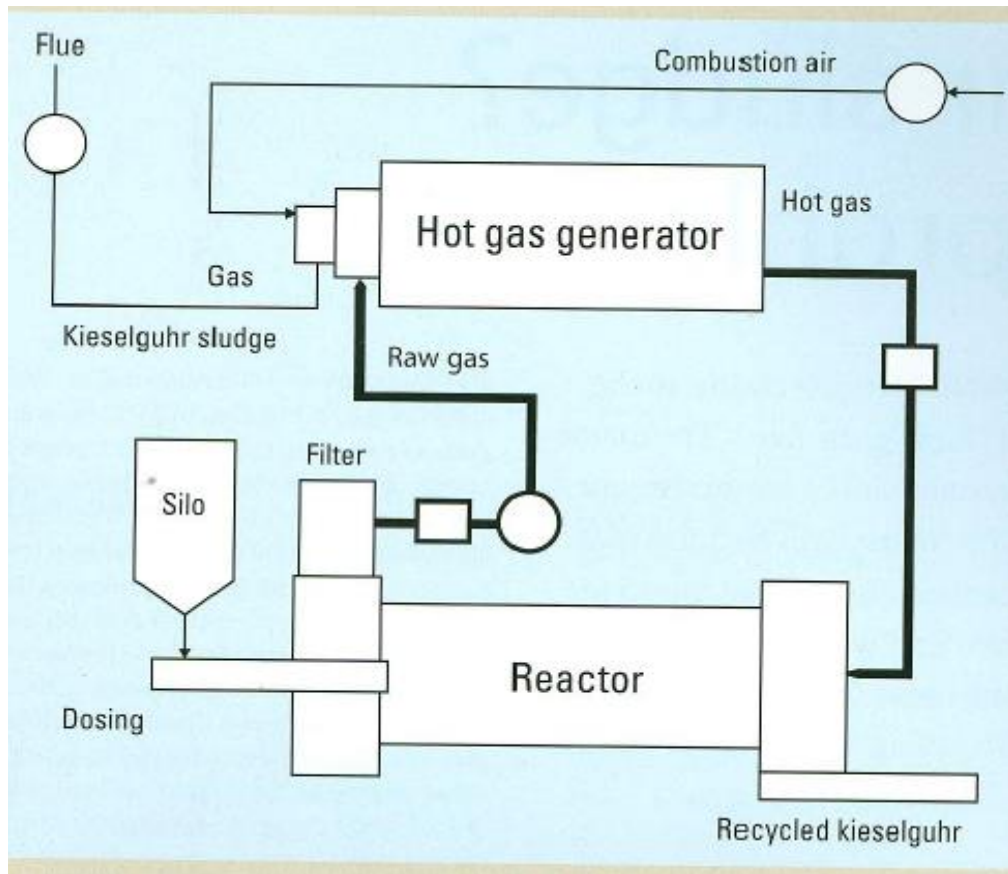
Raaka-aineiden kulutus ja suodatus menetelmän käyttökustannukset		
Tavanomainen piimaasuodatus		
Raaka-aine/kulu	Määrä	Hinta (€)
Piimaa	150 t	82500
Stabilointi aineet	30 t	49500
Jätehuolto	180 t (jätteiden kuivapaino)	9000
Yht.		141000
Stabilointi aineiden ja piimaan kierrätys integroitu suodatusprosessiin		
Raaka-aine/kulu	Määrä	Hinta (€)
Piimaa	26 t	14300
Stabilointi aineet	15 t	24750
Vesi	3900 m3	4290
Jätevesi	3900 m3	6825
Lipeä	2,5 t	375
Sähkö	19,8 kWh	2574
Jätehuolto	41 t (jätteiden kuivapaino)	2000
Huolto ja kunnossapito		15000
Yht.		70114

7.4.1 Terminen elvytys

Blümmelhuberin artikkelissa esitellään kolme merkittävintä kuumentamismenetelmää piimaan elvyttämiseen: Tremonis- prosessi, WTU- prosessi, leijupetireaktori.

- Tremonis- prosessi on ollut käytössä pisimmän ajan. Siinä menetelmässä piimaaliete kerätään useammasta panimosta ja poltetaan pyörivässä uunissa. Tämän jälkeen piimaa voidaan käyttää uudelleen.
- WTU- prosessissa piimaaliete poltetaan pyörivässä uunissa. Tähän menetelmään liittyy muitakin vaiheita, kuvassa 3. on WTU menetelmän prosessikaa-

vio. Kirjoittajan mukaan prosessin läpi käyneellä piimaalla on paremmat suodatus ominaisuudet kuin neitseellisellä piimaalla.



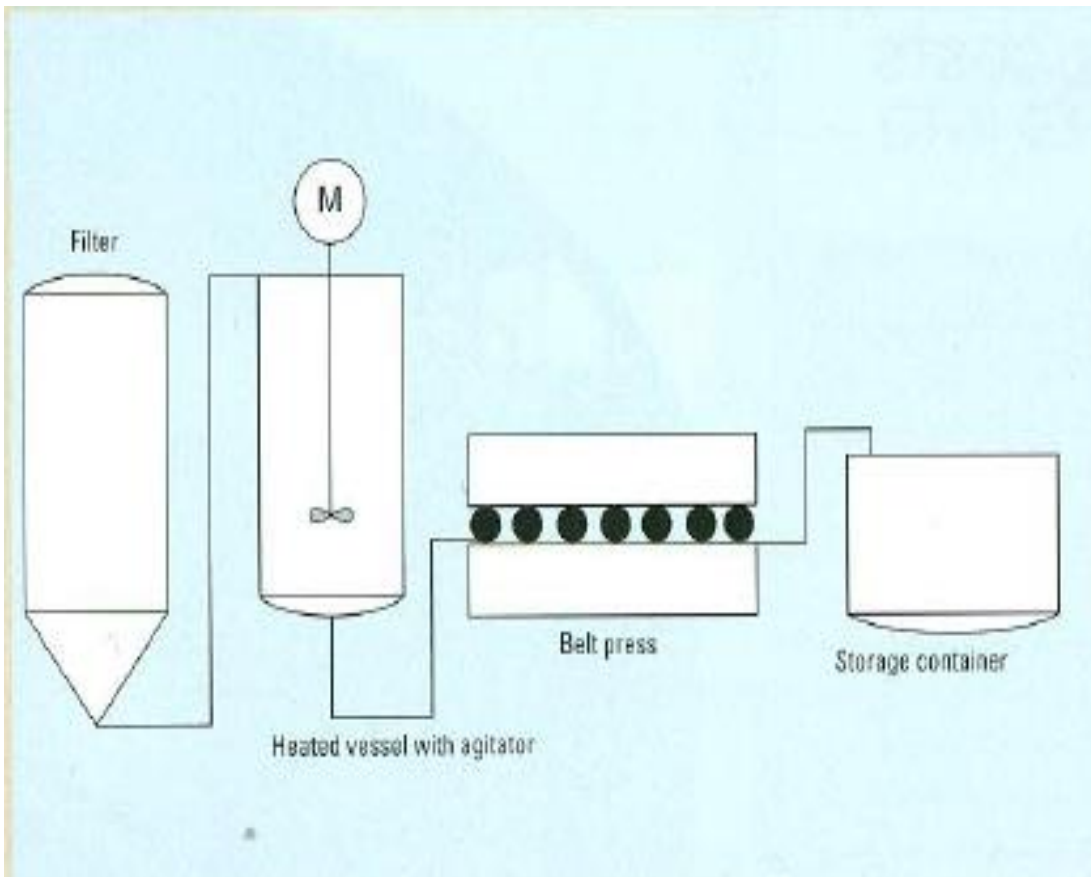
Kuva 3. WTU menetelmän prosessikaavio. (Blümmelhuber, 2007, 306)

- Kolmas kirjoittajan mukaan kaupallisesti merkittävä menetelmä on leijupetireaktori, joka saa energian maakaasusta. Piimaaliete siirretään reaktoriin, joka lämmitetään savukaasuilla. Tämän jälkeen piimaa puhdistetaan ja suodattetaan sykloonissa sekä kangas-suodattimella.

7.4.2 Kemiallinen elvytys

Piimaalietteen kemiallisia elvytysmenetelmiä on kehitetty useita. Vuonna 1986 patentoitua Henninger- prosessia pidetään kemiallisten elvytysmenetelmien ”äitinä”. Menetelmässä piimaaliete siirretään säiliöön, jossa siihen lisätään 3-4 prosentista syövyttävää liuosta. Seos kuumennetaan 80 asteiseksi (°C), 60 minuutin ajaksi. Lopuksi seos puhdistetaan ja syövyttävyys poistetaan. Henninger- prosessissa syntyi paljon jätevettä verrattuna elvytettyyn piimaahan. Prosessi loi tärkeää pohjaa kemiallisille elvytysmenetelmille. Kuvassa 4. Henninger- prosessin periaatekuva.

Artikkelissa esitellään kolme kemiallista piimaalietteen elvytysmenetelmää: Henninger- prosessi, The BeFis- prosessi ja The Mayer-Breloh- prosessi.

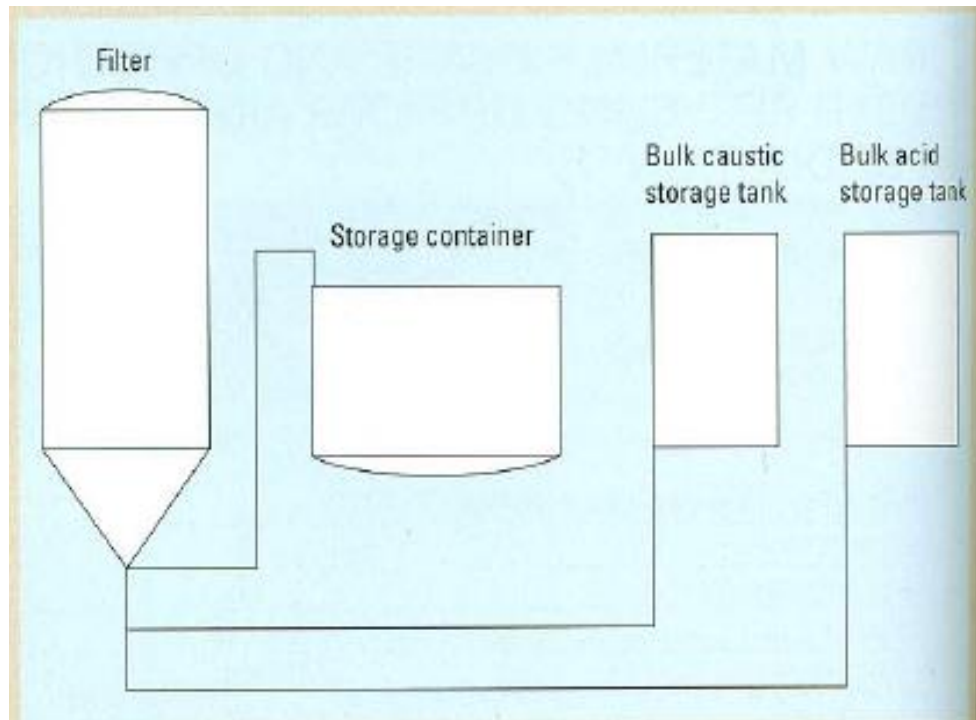


Kuva 4. Henninger- prosessi (Blümmelhuber, 2007, 308.)

- The BeFis- prosessi

Piimaa elvytetään oluen valmistusprosessissa suodatuksen aikana. Elvytetty piimaa siirretään suodattimesta säiliöön odottamaan käyttöä. Menetelmässä on käytössä kaksiosainen suodatus. Esisuodattimeen lisätään raa-

kaa piimaata. Pääsuodattimeen lisätään jatkuvasti elvytettyä piimaata. Menetelmän etuna on PVPP stabilointiyhdisteen pysyminen prosessissa. Normalissa suodatusprosessissa PVPP on kertakäyttöistä, mutta BeFis prosessissa sen voi käyttää useaan kertaan. Menetelmällä on saatu tyydyttäviä suodatustuloksia. Kuvassa 5. The BeFis- prosessin periaatekuva.



Kuva 5. The Befis- prosessi (Blümmelhuber, 2007, 308)

- The Mayer-Brelloh- prosessi
Menetelmässä piimaaliete pestään emäksisellä vedellä. Lopuksi puhdistetusta piimaasta poistetaan vesi hydrosyklonissa ja tämän jälkeen piimaa voidaan käyttää uudestaan suodattimessa.

8 YHTEENVETO

Kirjallisuustutkimusta aloitettaessa kartoitimme tilaajan kanssa pääpiirteet raportin sisällölle. Kävimme läpi 90- luvun alussa tehdyn kirjallisuustutkimuksen raportin ja keskustelimme tiedonhankintamenetelmistä. Tiedonhankinnassa päätimme turvautua Itä-Suomen yliopiston ja Savonia-ammattikorkeakoulun tietokantoihin. Tietokannoista sain piimaata ja piimaalietettä käsitteleviä artikkeleita ja tutkimuksia. Pidin yhteyttä tilaajan kanssa tiedonhaun kulusta ja näin sain koottua lähteet raporttiin.

Opinnäytetyön pääsisältö on koosteet tutkimuksista ja artikkeleista. Kirjallisuustutkimukseen koottujen tutkimusten perusteella piimaalietteen hyötykäyttö maataloudessa tai kierrätys muilla tavoin on huomattavan ekologista ja monissa tapauksissa taloudellista verrattuna sen viemiseen kaatopaikalle. Seuraavat seikat tukevat edellä mainittua väitettä:

- Piimaalietteen sisältämä piimaa parantaa kasvualustan laatua. Tutkimustulosten perusteella kasvien ominaisuudet (juurien ominaisuudet, lehtien koko, varren paksuus) paranevat piimaalannoituksen myötä.
- Piimaaliete lannoituksella voidaan ainakin osin korvata typpilannoitteiden käyttöä. Piimaalietteen sisältämä typpi on paremmin kasvien saatavilla kuin tavanomaisten typpilannoitteiden. Lisäksi muut piimaan vaikutukset tulisivat kasvien käyttöön.
- Piimaa parantaa kasvien sietokykyä kuivuutta ja muita ääriolosuhteita vastaan.
- Uuden jätelain myötä orgaanisia yhdisteitä sisältävää jätteen kaatopaikalle viemistä rajoitetaan. Laki astunee voimaan 2016 ja tämän myötä panimoiden tulee suunnitella vaihtoehtoisia jätehuoltomenetelmiä piimaaliettele.
- Oluen suodatusprosessiin liitetty piimaan kierrätysjärjestelmä tuo säästöjä panimolle. Piimaa ja stabilointiaineet voidaan kerätä talteen prosessista ja käyttää uudelleen.

Piimaalietteen hyötykäyttö typpilannoitteiden osittaisena korvaajana sekä maanparannusaineena on Suomen olosuhteisiin soveltuva käytötapa. Kyseinen hyötykäytömenetelmä vaatii panimolta panostusta seuraaviin asioihin:

- piimaalietteen varastointijärjestelyihin
- piimaalietteen käsittelymenetelmiin
- piimaalietteen markkinointiin

Piimaaliete voidaan varastoida aumoihin ja tarvittaessa kalkita. Piimaalietteen lannoitteen käytön mahdollistaminen on panimolle hyvin yksinkertaista. Tarvitaan vain riittävän suuri varastointitila ja kalkin sekoittamiseen soveltuva laitteisto. Kun kalkki on sekoitettu piimaalietteeeseen, voidaan se varastoida huoletta odottamaan myöhempää levittämistä pellolle.

Voittoa tekevinä yrityksinä panimot eivät aina tee kaikkien tahojen kannalta optimaalisia päätöksiä. Luonto, ympäristö tai ihmiset saavat jäädä huomiotta, kun tiukassa kilpailussa operoiva yritys pyrkii tekemään voittoa. Poliittinen ohjaus on tärkeässä roolissa näyttämässä tietä, jotta yritykset tekisivät yhteiskunnan kannalta edullisia ratkaisuita. Lainsäädännön tulisi ohjata yrityksiä tekemään jätteisiin ja niiden hyödyntämiseen liittyvissä asioissa mahdollisimman ekologisia ja järkeviä valintoja. Toimiva ohjausmekanismi on tehdä ekologisesti arveluttavista menetelmistä kannattamattomia. Esimerkiksi nostaa hyödyntämiskelpoisen jätteen jätteenkäsittelymaksuja. Lainsäädännön ei tulisi kumminkaan olla niin tiukka, että se liialla byrokratialla vähentäisi yritysten omaa innovatiivisuutta. Piimaalietteen kohdalla malli voisi olla toimiva, kun yritykset pyrkivät kehittämään jätehuoltoaan siten, että siitä koituu säästöjä tai jopa tuloja ja ympäristöasiat on huomioitu. Näin syntyy ns. itsestään uusia kokeiluita ja menetelmiä, joita voidaan mahdollisuuksien mukaan soveltaa muuallakin.

LÄHTEET

A. Angin, I., Kose, M., Aslantas, R. 2011. Effect of diatomite on growth of strawberry. *Pakistan Journal of Botany*. (2), 573-577.

B. Illescu, M., Farago, M., Popa, M., Crîsteac, M. 2009. Reuse of residual kieselguhr from beer filtration as a fertilizer. Blaj, Romania: *Journal of Environmental Protection and Ecology* 10. (1), 156–162.

C. Johnson, M. 1997. Management of spent diatomaceous earth from the brewing industry. The University of Western Australia, Department of Environmental Engineering.

D. Härkäpaju viljelykasvina, Agrimarketin www-sivu. Saatavissa: http://www.agrimarket.fi/Maatalous_ja_Elaimet/Kasvuohjelmat/Kasvuohjelmatilabrtoiminta_2008/Harkapaju_viljelykasvina/

E. Hietanen, V. 2010. Opinnäytetyö: Härkäpavun (*Vicia faba*) viljely. Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoki.

F. Abdalla, M. 2010. Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of *Vicia faba* plants. *Agriculture and biology journal of North America* (5), 1076-1089.

G. Abdalla, M. 2011. Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. *Agriculture and biology journal of North America*(2), 207-220.

H. DR.-Ing. Gerrit Blümmelhuber. 2007. Kieselguhrsludge? Disposal problems? *Brauwelt International*, (5) 305-309.

I. Knirsch, M., Penschke, A., Mayer-Pittroff, R. 1999. Disposal situation for brewery waste in Germany. *Brauwelt International*, (6) 477-481.

J. Baum, U., Wagner-Bornfeld, W.A., Wiedermeier, Ch., Wellerhoff, F.J. 1999. Treatment of kieselguhr slurry from beer filtration. *Brauwelt International*, (3) 206-207.

- K. Schilbach, R., Ritter, W., Schmithals, K. Burbidge, M. New Developments in the Environmentally Safe Disposal of Spent Grains and Waste Kieselguhr from Breweries. *Twenty-Second Convention, Proceedings*. 139-143.
- L. Schilbach, R. 1990. A new biofilter disposal system. *Brauwelt International* (1), 58-65.
- M. Epstein, E. 2009. Silicon: its manifold roles in plants. *Silicon: its manifold roles in plants. Annals of Applied Biology*, 155-160
- N. Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual review of plant physiology & plant molecular biology*, 641-664
- O. Feng Ma, J. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 11-18.
- P. Crusciol, C., Pulz, A., Lemos, L., Soratto, R., Lima, G. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop Science*, 949-954.
- Q. Ferraz, E., Coroado, J., Silva, J., Gomes, C., Rocha, F. 2011. Manufacture of Ceramic Bricks Using Recycled Brewing Spent Kieselguhr. *Materials and Manufacturing Processes*, 2011 .
- R. Insung, O-A. 1999. Use of diatomite filter aid residue in cattle feed.
- S. Adamiec, J. 2002. Drying of waste sludges in a fluidized bed dryer with a mixer. *Drying Technology*, 839-853.
- T. Sulku, H. 2012. Kirjoitus aiheesta, Piimaalietteen hyötykäyttö Suomessa.
- U. Juomanlaskija www-sivu [viitattu 17.10.2011]
Saatavissa: <http://www.kolumbus.fi/juomanlaskija/arkisto/2011/uutisia.html>
- V. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. 2012. [viitattu 9.5.2012]
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=136403&lan=sv>

