

Hajautetut biojalostamot

Infokortti 22



Järvimalmin jalostus hakelämpölaitoksissa

Vuorimalmi: Rautamalmia joka on peräisin maaperästä. Käytännössä kaikki nykyään hyödynnettävä malmi on vuorimalmia.

Järvimalmi: Pohjaveden rautaioneista hapettunut ja saostunut rautahydroksidia, jota esiintyy järvissä. Tunnetaan myös limoniittina, joka on yleisnimitys vesipitoisille rautaoksidisaostumille. Parhaimmassa tapauksessa järvimalmissa voi olla rautaa yli 60 %.

Järvimalmia on monenlaista. Väriältään se voi olla keltaista, ruskeaa tai lähes mustaa. Koostumukseltaan se voi olla joko kiinteää tai haurasta. Tyypiltään se voi olla hauli-, herne-, raha-, korppu- tai perunamalmia. Hauli- ja hernemalmit ovat yleisesti ottaen laadultaan parhaita.

Pasutus: Erityisesti järvimalmin jalostuksessa käytetty prosessi, jossa erotetaan vesi sekä rikki- ja hiilihappoa järvimalmista.

Pelkistys: Rautamalmi sisältää raudan oksideja (merkittävimpinä hematiitti Fe_2O_3 ja magnetiitti Fe_3O_4), joista on poistettava happi (O) raudan (Fe) saamiseksi käyttökelpoiseen muotoon.

Hematiitin pelkistysreaktio wüstiitiksi:



Wüstiitin epäsuora pelkistysreaktio raudaksi:



Wüstiitin suora pelkistysreaktio raudaksi:



Masuuni: Raudan pelkistykseen käytettävä uuni, jossa yllä kuvatut suorat ja epäsuorat pelkistysreaktiot tapahtuvat.

Itäisessä Suomessa on erinomaiset järvimalmiesiintymät, joita paikalliset rautaruukit alkoivat hyödyntää 1700-luvulla ja järvimalmia hyödynnettiin aina 1900-luvun alkuvuosiin saakka. Läntisessä Suomessa käytettiin enemmän Ruotsista tuotua vuorimalmia järvimalmiesiintymien puuttuessa läntisestä Suomesta.

Järvimalmia muodostuu kun rauta liukenee pohjaveteen kivi- ja maalajien rapautuessa. Pohjavesi kulkeutuu järviin joko vedenalaisten lähteiden kautta tai kulkeutuu vettä läpäisevien kerrosten läpi. Pohjaveden sisältämä rauta saostuu jonkin kiinteän hiukkasen ympärille, jolloin muodostuu järvimalmia. Malmi saostuu 1-5 metrin syvyyteen hiekkapohjaisiin järviin rantojen läheisyyteen. Rauta synnyttää saostuessaan 20-30 cm paksuisia malmirikkaita kerroksia.

Järvimalmi on uusiutuva luonnonvara. Se saostuu samoille paikoille joista sitä on nostettu. Järvimalmin uudistumisnopeus riippuu pohjavesivirtauksista sekä virtaavan pohjaveden rautapitoisuudesta. Järvimalmin rautapitoisuus vaihtelee suuresti eri järvissä ja järven sisällä nostopaikoittain. Itä-Suomen perinteikkäällä Möhkön ruukilla hyödynnetyn malmin rautapitoisuus oli keskimäärin 36,9 % kuiva-aineesta vuosien 1858 ja 1907 välisenä aikana.

Osana Hajautetut Biojalostamot –hanketta tehtiin polttokoe järvimalmin pasutuksen tiimoilta. Kokeeseen hankittiin järvimalmia sisältävää sedimenttiä Loitimo-järveltä (Kuvat 1-3)



Kuvat 1-3. Haulimaisen järvimalmin nosto polttokoetta varten

Masuuniprosessissa raudan oksidit pelkistetään joko epäsuorasti häkäkaasun (CO) tai suoraan hiilen (C) avulla. Nykyään masuuneissa käytetään polttoaineena kivihiipe- räistä koksia sekä lisäksi öljyä. Prosessissa päästään 2000 – 2400 °C lämpötiloihin. Koxin hiili reagoi suoraan raudan oksidien kanssa kun masuunin lämpötila nousee yli 800 °C. Järvimalmimasuuneissa käytettiin polttoaineena koksia tai puuhiiltä. Molemmissa masuunityypeissä radan oksidien pelkistyminen alkaa epäsuorana pelkistymisenä noin 200 °C lämpötilassa.



Euroopan unioni
Euroopan sosiaalirahasto



Pohjois-Karjalan
Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013

Sedimentin polttokokeen toteutus



Sedimentti levitettiin paperiarkeille



Sedimenttipaperit ladottiin kerroksittain palotilaan



Sedimentin sisältämä järviolmi pelkistyi unissa ja erottui magneetilla muusta pohjatuhkasta

Aiheeseen liittyvää luettavaa:

Onttonen, T. 2014. Puupolttoaineita käytävien lämpölaitosten käyttömahdollisuudet järviolmin rikastamisessa.

Yhteyshenkilöt hankkeessa:

Professori Lauri Sikanen
p. 050 381 2443
lauri.sikanen@uef.fi

Kehityspäällikkö Sari Pitkänen
p. 050 363 4540
sari.k.pitkanen@uef.fi

Projektipäällikkö Simo Paukkunen
p. 050 913 1786
simo.paukkunen@karelia.fi

hajautetutbiojalostamot.forestenergy.org

Vesistöjen kunnostuspuoppauksen yhteydessä muodostuu runsaasti ruoppausmassaa, joka siirretään joko pumppaamalla tai maansiirtokalustoa käyttäen läjitysalueelle. Ruoppausmassa voi monissa tapauksissa sisältää runsaastikin järviolmia, jota ei nykyisessä toimintamallissa voida hyödyntää. Vaihtoehtoinen toimintamalli olisi toimittaa järviolmirikas ruoppausmassa lämpölaitokselle, jossa sedimentti poltetaan hakkeen seassa samalla pasuttaen järviolmin ja pelkistäen epäsuorasti raudan oksidit. Pelkistymisen yhteydessä raudalle tulee magneettiset ominaisuudet, jolloin rauta voidaan erottaa magneettisesti pohja- ja lentotuhkasta.

Järviolmin pasutusta ja raudan oksidien pelkistymistä demonstroitii polttokokeella, jossa sedimenttiä / ruoppausmassaa poltettiin puun kanssa. Sedimenttiä lisättiin noin 10 paino-% puun massasta. Oheisessa taulukossa 1. on esitetty polttokokeessa käytettyjen sedimenttien alkuainekoostumus sekä pohjatuhkan koostumus polton jälkeen sekä massataseet.

Taulukko 1. Polttokokeessa käytettyjen sedimenttien ja pohjatuhkan merkittävimmät alkuaineet

	Puun massa [g]	Sedimentin massa [g]	Pohja-tuhkan massa [g]	Rauta, Fe [g/kg]	Kalsium, Ca [g/kg]	Kalium, K [g/kg]	Natrium, Na [g/kg]	Rikki, S [g/kg]	Pii, Si [g/kg]
S, Loitimo ¹	–	–	–	38,82	1,31	0,53	0,10	0,49	0,36
S, Jukaj. ²	–	–	–	88,29	3,20	0,78	0,12	9,76	0,22
PT, Puu ³	2000	–	38,4	2,8	25,83	14,1	0,12	0,81	0,13
PT, Puu/Loitimo ⁴	2050	183	98	29,2	12,70	4,8	0,27	0,48	0,06
PT, Puu/Jukaj. ⁵	2017	196	75	40,6	19,26	6,9	0,31	2,71	0,07

¹ Loitimolta nostettujen sedimentinäytteiden keskiarvotulokset. ² Jukajärveltä nostettujen sedimentinäytteiden keskiarvotulokset. ³ Pohjatuhkan koostumus poltettaessa pelkkää puuta. ⁴ Pohjatuhkan koostumus poltettaessa puuta ja Loitimon sedimenttiä. ⁵ Pohjatuhkan koostumus poltettaessa puuta ja Jukajärven sedimenttiä.

Polttokokeessa havaittiin, että tarkastellut sedimentit sisältävät vain hyvin vähän polton ja erityisesti tuhkan sulamiskäyttötymisen kannalta haitallisia alkuaineita. Rauta konsentroitui hyvin pohjatuhkaan. Sedimentin syöttäminen puupolttoaineen seassa kattilaan järviolmin pasuttamiseksi ja pelkistämiseksi ei vaikuta kokeessa käytettyjen sedimenttien alkuaineanalyysin perusteella olevan ongelma.

Ruoppausmassat sisältävät runsaasti vettä ja sedimentin sekoittaminen hakekattilaan poltettavaksi tarkoitetun hakkeen sekaan laskee lämpölaitokselta saatavaa hyötytehoa. Esimerkiksi edellä käsitellyssä polttokokeessa käytettyjen sedimenttien vesipitoisuus oli 68 – 79 m-%. Ruoppausmassojen vaihtoehtoisen käsittelyn kannattavuutta pitääkin tarkastella vältettyjen läjityskustannusten sekä järviolmin pasutuksen tuomien hyötyjen lisäksi myös lämpölaitoksen alentuneena hyötyteho ja lisääntyneen pohjatuhkan määrän vaikutusten kautta. Oheissa (taulukko 2.) on esitetty järviolmin jalostuksesta hakelämpölaitoksessa syntyvät tuotot ja kulut vuositasona.

Taulukko 2. Järviolmin jalostuksen vuotuiset tulot ja kustannukset hakelämpölaitoksessa

Järviolmista saatava myyntitulo ¹	415	€/a
Jalostukseen kuluvan energian hinta ²	-1 823	€/a
Läjitöksen säästöt ³	1522	€/a
Tuhkan loppusijoituksen kustannukset ⁴	-5280	€/a
Sedimentin kuljetuskustannukset ⁵	-890	€/a
Yhteensä	-6056	€/a

(Esimerkin lämpölaitoksessa 2 MW:n hakekattila, hs. 75 %, vuotuinen lämmöntuotanto 6800 MWh, josta öljyllä 93 MWh. Lämpöenergian omakustannehinta 42,40 €/MWh. Laskennan tarkempi kuvaus Onttonen T. 2014.)

Energiataseen kannalta sedimentin kosteuspuiteisuus on ongelma, mutta suurin vaikutus kustannuksiin muodostuu pohjatuhkan loppusijoituksesta. Sedimentin lisäämisen myötä pohjatuhka ei käytännössä täytä tuhkalannoitteelle asetettuja vaatimuksia, jolloin se joudutaan loppusijoittamaan. Vesistöjen kunnostusten lisääntyessä ruoppausmassojen käsittelylle on aiheellista tarkastella vaihtoehtoisia menetelmiä läjittämisen sijaan. Nykymuodossaan ruoppausmassojen energiahyötykäyttö ja järviolmin jalostaminen lämpökeskuksessa ei ole taloudellisesti kannattavaa. Mikäli pohjatuhka saataisiin hyväksytyä lannoitekäyttöön sekä ruoppausmassojen kosteuspuiteisuutta hieman alennettua, muodostuisi tarkasteltu toimintamalli kannattavaksi. Lisäksi luomuraudalla voisi olla mielenkiintoisia mahdollisuuksia käsityötuotteiden raaka-aineena.