

Kiiltävä lasitepinta, artikkeli sisältyy julkaisuun F1: Materiaalin merkitys, Taideteollisen korkeakoulun tutkimuksen julkaisusarja, 2000

## **Kiiltävä lasitepinta** (Lyijyliukoisuus)

**Airi Hortling**  
Käsikirjoitus

Lisensiaatintyössäni Vaarallinen kiilto, lyijylasitteen perinne ja vähäliukoisen lasitteen kehittäminen (1999) tarkastelin lasitteiden historiaa sekä erityisesti lyijylasitetta keramiikan valmistuksessa. Selvitin lyijylasitteesta liukenevan lyijyn haitallisuutta ja sitä kontrolloivia testausmenetelmiä ja lainsäädäntöä. Kemiallisten raaka-aineiden seossuhteet ovat kehittyneet aikaa myöten sekä tavanomaiseksi ammatilliseksi käyttäytymiseksi että keramiikan valmistuksen kulttuuriseksi traditioksi, jota on vaikea muuttaa. Lasiteraaka-aineiden käytön jatkuvasti tarkentunut kontrollointi ovat tehneet välttämättömäksi lyijyraaka-aineiden käytön ja lyijylasitteen liukoisuusominaisuuksien selvittämisen. Lyijyliukoisuudella tarkoitetaan lyijyionien liukenemista poltetusta lasitepinnasta, jolloin silikaattiin sitoutumattomat lyijyionit irtoavat joutuessaan kosketukseen ravintohappojen kanssa. Tämä testataan poltetuista lyijylasitepinnoista laboratoriotutkimuksissa.

Keramiikan valmistajat puhuvat yleisesti lyijylasitteen haitasta, myrkyllisyydestä, joka vaikuttaa ihmiseen. Elintarvikkeita nautittaessa liukeneva lyijy varastoituu elimistöön ja aiheuttaa pitkäaikaisvaikutteisesti kehittyvän myrkytyksen. Viimeisimmät lääketieteelliset tutkimukset osoittavat yhdessä, että erittäin alhaiset lyijymäärät ovat verenkierrossa terveydelle vaarallisia. Siitä syytä ollaan yleisesti huolestuneita lyijyn käytöstä talous- ja kulutustavaroiden lasitepinnoissa sekä lyijyn esiintymisestä ympäristössä.

Lyijylasitteiden yleinen suosio johtuu yhä sen monista samanaikaisesti vaikuttavista hyvistä ominaisuuksista matalassa polttolämpötilassa, noin 1000- 1100 °C:n lämpötilan alueella. Lyijy höyrystyy lämpötilan noustessa ja siitä syystä lyijylasitteiden käytön tulisi rajoittua pääasiassa matalaan polttolämpötilaan. Lyijyn käytöllä saavutetut hyvät ominaisuudet lasitteessa ovat korkea kiilto, alhainen pintajännitys, hyvä tasaantumiskyky, alhainen viskositeetti, sekä laaja lämmönkestoalue ja säröilyn kestävyys.

Lyijylasitteen valmistuksessa on sen kehityshistorian aikana käytetty yleisimmin seuraavia raaka-aineita: Lyijysulfidi  $PbS$ , mönjä ( $Pb_3O_4$ ), lyijyvalkoinen  $[2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2]$ , lyijysilikaatteja ja lyijysulatteita, joista yleisimmät ovat lyijymonosilikaatti ( $PbO \cdot SiO_2$ ), lyijybisilikaatti ( $PbO \cdot 2SiO_2$ ) ja lyijyseskvisilikaatti ( $PbO \cdot 1,5SiO_2$ ). Suomessa lyijylasitteiden käytöllä on ollut savenvalajien tuotteissa erityisen merkittävä rooli johtuen tuotteiden valmistuksessa käytetyn maaperäsaven matalasta polttolämpötilasta (noin 900- 1000°C).

Nykyisin lyijyä sisältävien raaka-aineiden vähittäismyynnin yhteydessä käytetään monia lyijypitoisuuden viittaavia termejä, jotka ovat vakiintuneet englantilaisten

valmistajien kehittämäksi sanastoksi. Termien sisältö jää epätarkaksi ja niitä ei ole suomennettu tai kehitetty vastaavaa terminologiaa. Tuoteluetteloissa on selitetty käytetyt englanninkieliset termit, jotka ilmaisevat sen, miten suuria määriä lyijyä sallitaan kussakin tapauksessa sisältyvän raaka-aineeseen tai valmistukseen.

*Lead-free (lyijytön)* termiä käytetään yleisesti materiaalista, joka ei sisällä yhtään lyijyä, tai sisältää niin pienen prosenttimäärän, ettei sitä voida normaaleilla menetelmillä mitata.

*Unleaded (lyijytön, lyijyä sisältävä)* merkitsee tuotetta, mihin ei ole tarkoituksella lisätty lyijyä, mutta valmistuksessa raaka-aineet voivat sisältää vähäisiä määriä lyijyä, kuitenkin ei yhteensä enemmän kuin 0,1 painoprosenttia.

*Leadless (vähälyijyinen)* määritelmää käytetään tuotteesta, joka saa sisältää korkeintaan yksi painoprosenttia lyijyä.

*Low-lead solubility (vähäliukoinen lyijy)* tarkoittaa lyijyä sisältävää raaka-ainevalmistetta, josta saa liueta lyijyä enintään 5 painoprosenttia englantilaisen lainsäädännön mukaan

*Non-lead containing glazes* tarkoittaa lasitteita, jotka ovat lyijyttömiä.

### **Lyijyliukoisuuden laskuteoriat**

Lyijyliukoisuutta on pyritty säätämään ja ymmärtämään liukoisuuden laskuteorioita hyväksi käyttäen. Vanhimmat teoriat on kehitetty 1890-luvun lopulla ja 1900-luvun alkuvuosina. Vanhat laskuteoriat eivät pidä kaikilta osin enää paikkaansa ja eikä vastaa tutkimuksen luotettavuudessa tarkoitustaan. Nykyisin useimpien maiden hyväksymät ja allekirjoittamat kansainväliset standardisopimukset ja analysointimenetelmät ovat yhteismitallisia lyijyliukoisuutta määritettäessä.

Englantilaiset alkoivat tutkia lyijymonoksidin käyttöä taloustavaroiden lasitepinnoissa ja kiinnittivät huomion samanaikaisesti laajentuneen keramiikkateollisuuden työntekijöiden terveyteen. Vuonna 1910 julkaistiin Englannissa lyijyliukoisuuteen johtavista teollisuuden työvaiheista erikseen asetetun lyijyntutkimuskomitean laatima kolmiosainen raportti "Report of the Departmental Committee appointed to inquire into the Dangers Attendant on the use of Lead and the Danger or Injury to Health arising from Dust and Other Causes in the Manufacture of Earthenware and China".

Lyijyntutkimuskomitea kuulusteli keramiikan valmistuksesta vastuullisia henkilöitä. Kuulustelupöytäkirjat on dokumentoitu laajaan kolmiosaiseen raporttiin "Committee on Lead, Etc in Potteries", joka ilmestyi vuonna 1910. Samaan teokseen on koottu aikaisemmat Thorpen antamat selvitysraportit "The Use of Lead in the Manufacture of Pottery" vuodelta 1899 ja "Report on the Work for the Government Laboratory on the Question of the Employment of Lead Compounds in Pottery" vuodelta 1901.

Raportin seurauksena kehitettiin liukoisuuden laskentateoria. Englantilainen Sir Thomas Thorpe kehitti 1890-luvun lopulla liukoisuuden teoreettisen tutkimusmenetelmän joka tunnetaan nimellä Thorpen suhdekaava (Thorpe's ratio). Sen avulla pyrittiin laskemaan lyijylasitteen liukoisuutta. Thorpe hyödynsi lyijyliukoisuuden tutkimuksissaan segerin kaavaan perustuvaa ajattelua.

Segerin laskukaava on sopimus, missä silikaatissa osallisina olevat oksidit järjestetään kolmeen eri ryhmään emäs-ryhmä (RO- tai R<sub>2</sub>O-ryhmä), neutraali-ryhmä (R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ryhmä) ja happo-ryhmä (RO<sub>2</sub>-ryhmä). Suluissa on mainittu ryhmien nimet. R tarkoittaa metallia ja O happea. Kaikki sulamiseen osallistuvat oksidit kuuluvat RO-ryhmään. Ryhmän oksidien moolimäärien yhteenlaskettu loppusumma on päätöksen mukaan suhdeluku, joka arvotaan yksi (1). RO-ryhmää verrataan erikseen muiden oksidiryhmien moolimääriin. Seger laati kaavalle oman muodon. Segerin kaavalla pystyttiin numeerisesti käsittelemään oksidien moolimäärien suhteita ja siten lyijyliukoisuuden tarkasteleminen lukujen avulla oli mahdollista.

Thorpe havaitsi, että lyijyoksidin ja kvartsin sulattaminen eri suhteissa vaikuttivat eri tavoin todeten, että lyijysilikaatista, jossa on yhtä monta molekyyliä lyijyoksidia kuin piidioksidia (vrt. lyijymonosilikaatti), liukeni yhä vielä huomattavasti lyijyä. Thorpen selvityksen mukaan liukoisuus väheni enemmän kuin puolet edellisestä, jos piidioksidin määrä kaksinkertaistettiin (vrt. lyijybisilikaatti).

#### *Thorpen teorian laskukaava*

$$\frac{\{(Emäksiset oksidit^*) + (Alumiinioksidi^{**})\} \times 223}{(Piidioksidi^{***}) \times 60} = 2,0$$

#### *Mellorin teorian laskukaava*

$$\frac{(Emäksiset oksidit^*) + (Alumiinioksidi^{**})}{(Piidioksidi^{***})} = 0,5$$

\* Emäksisten oksidien moolimäärät, RO-ryhmän moolimäärät

\*\* Neutraalien oksidien moolimäärät, alumiinioksidin moolimäärä

\*\*\* Hapan oksidi, piidioksidin moolimäärä

Englannin kaikkein merkittävin silikaattikemian ja keramiikan teknologian kehittäjä 1900-luvun alussa oli kemisti, tohtori John Mellor, joka kehitti edelleen Thorpen suhdekaavaa yksinkertaistamalla laskutapaa. Laskukaavasta jätettiin pois kerroin 223/60. Mellorin teorian mukaan sulatteen liukoisuus on alhainen jos tulos on yhtä suuri tai pienempi kuin 0,5. (Mellor 1935, 125, ILZRO Manual 1971, 95, Salmenhaara 1975, 1-3 ja Lawrence ym. 1982, 253).

Englannissa jatkui Podmoren tehtaalla lyijysulatteiden tutkimus ja lyijylasitteiden kehitystyö. Kaikki englantilaisen posliini- ja fanjanssiteollisuuden lasitteet olivat lyijylasitteita aluksi (Freestone 1999, 11-7). Vuosisadan alussa aloitettu liukoisuuden tutkimus oli kansainvälisesti kiinnostava. Werner Lehnhäuserin (1985, 374-5) mainitsemien lähteiden mukaan myös Saksassa aloitettiin lyijyliukoisuuden selvitys 1930-luvulla.

#### *Epplerin liukoisuuden laskuteoria*

Lyijyliukoisuustutkimus levisi Euroopasta Amerikkaan, missä nykyisin tunnettu tutkija Richard Eppler (1975) kehitti kolmannen lyijyn liukoisuuden laskuteorian. Eppler edustaa tutkijana Pemco Products-yhtymää, joka on tuottanut sulatteita ja väripigmentejä. Eppler kehitti uudenlaisen teorian lyijyn liukoisuutta aiheuttavista oksideista lasiteseoksessa. Teoria esitettiin vuonna 1974 American Ceramic Society'n kokouksessa, ja julkaistiin Ceramic Bulletin numerossa 5 vuonna 1975. Eppler jakaa teorian mukaan lasitteen oksidit liukoisuutta edistäviin ja vähentäviin oksideihin. Voitiin osoittaa, että piidioksidi, alumiinioksidi, zirkoniumdioksidi, titaanidioksidi ja tinaoksidi alentavat lasitteen lyijyliukoisuutta. Näitä oksideja Eppler kutsuu yhteisellä nimellä "hyvät" (good).

Lasitteessa liukoisuutta vähentävät oksidit ovat  
 "HYVÄT" =  $2(\text{Al}_2\text{O}_3) + (\text{SiO}_2) + (\text{ZrO}_2) + (\text{TiO}_2) + (\text{SnO}_2)$

Samoin Eppler osoitti tutkimalla teollisuudessa käytettyjä matalanpolton lasitteita, että alkalit, maa-alkalit, boorioksidi, fluoridi, fosfaatti, sekä sinkki-, kadmium- ja lyijyoksidi lisäävät lasitteen lyijyliukoisuutta. Kaikki edellä mainitut toimivat lasitteen verkkorakenteen muokkaajien kanssa. Hän kutsuu näitä oksideja yhteisellä nimellä "huonot" (bad).

Lasitteessa liukoisuutta lisäävät oksidit ovat  
 "HUONOT" =  $2\{(\text{Li}_2\text{O}) + (\text{Na}_2\text{O}) + (\text{K}_2\text{O}) + (\text{B}_2\text{O}_3) + (\text{P}_2\text{O}_5)\} + (\text{MgO}) + (\text{CaO}) + (\text{SrO}) + (\text{BaO}) + (\text{F}) + (\text{ZnO}) + (\text{CdO}) + (\text{PbO})$

Epplerin teorian mukaan lasitteen liukoisuutta osoittaa luku (Figure of Merit), mikä lasketaan lasitteen oksidien moolimäärien suhdeluvuista. Lasketaan yhteen kaikki "hyvät" ja erikseen yhteen kaikki "huonot". Liukoisuuteorian suhdeluku saadaan ottamalla neliöjuuri "huonoista", ja saadulla luvulla jaetaan "hyvät".

*Epplerin liukoisuusteorian laskukaavan mukaan laskemalla saatu lukuarvo 2,5 on raja-arvo, ja tarkoittaa ettei lasite ole lyijyliukoinen.*

$$\frac{\text{"Hyvät"}}{\sqrt{\text{"Huonot"}}} = 2,05 \text{ tarkoittaa ei- liukoinen}$$

Epplerin teorian mukaan lyijylasite ei ole liukoista, kun "hyvä-huono" -suhdeluku on 2,05 tai suurempi. Teoriaan liittyy lukuarvojen 2,05-1,80 välissä oleva epävarma liukoisuusalue. Sen mukaan lyijylasite, jonka moolimäärien suhdeluku on pienempi kuin 1,8 on todennäköisesti lyijyliukoinen (Eppler 1975, Lawrence ym. 1982, 254 ja Nordyke 1984, 103-4).

### **Lyijyliukoisuuden testaus ja standardit**

Amerikassa todettiin 1960-luvulla lyijymyrkytystapauksia, joiden katsottiin johtuvan käyttöastioiden epätydyttävistä lasitepoltoista. Silloin pidettiin myös ensimmäinen kansainvälinen kongressi, jossa käsiteltiin keramiikan ruoka-astioiden

käyttöturvallisuutta lyijyliukoisuuden kannalta. “The American Society For Testing And Materials” (ASTM) oli perustettu jo vuonna 1898. ASTM julkaisi ensimmäisen standardin, jossa käsiteltiin tuotteesta liukenevaa lyijyä. Lyijy lasitteesta irtoava lyijy tekee käyttöesineestä lyijyliukoisen eli myrkyllisen joutuessaan kosketuksiin vatsahappojen tai niitä vastaavien happojen kanssa.

### *ASTM Standardi*

Hammond Lead Products yrityksen johtaja John S. Nordyke on seurannut lyijyliukoisuuteen liittyviä tutkimuksia (Nordyke 1984, 163). Järjestöt: “The Lead Industries Association” ja “The United States Potters Association” edistivät toiminnallaan ruoka-astioiden lyijyliukoisuustutkimusta 1960-luvulla. Vähän myöhemmin perustettiin kansainvälinen yhdistys “The International Lead Zink Research Organization” (ILZRO). Sen ja muiden organisaatioiden välisen yhteistyön tuloksena kehitettiin vuonna 1964 ensimmäinen standardi (ASTM), jossa käsiteltiin tuotteesta liukenevaa lyijyä Standardien luominen sekä niiden hyväksyminen kestivät useita vuosia. (Nordyke 1984, 163-5)

Vuonna 1972 hyväksyttiin täydennys ASTM C738-72 standardiin, jossa määriteltiin myös testausmenetelmä, joka koski lyijyn ja kadmiumin liukoisuutta lasitetusta keramiikkapinnasta (ASTM Standards 1972, Part 13). Standardissa esitetyssä menetelmässä näytettä pidetään 24 tuntia 4 prosenttisessa etikkahappoliuoksessa huonelämpötilassa. Lyijyn liukenevuus määritetään liuoksesta atomiabsorptiospektrofotometrillä. Lyijyn sallittu liukenevuus näytteestä oli alkuperäisen päätöksen mukaan 7 ppm. Lyijyliukoisuudella tarkoitetaan standardin mukaan silikaatin verkkorakenteeseen kiinnittymättömän lyijyionin ( $Pb^{2+}$ ) irtoamista joko lasitepinnasta tai lyijysilikaattivalmisteesta ja liukenemista happoihin elintarvikkeissa. Lyijyn liuenneut määrä ilmoitetaan ppm-yksikköinä (parts per million, eli miljoonasosa), mikä on yksi milligramma litraa kohti.

Standardissa luotu testausmenetelmä on pysynyt samankaltaisena pienin tarkennuksin ja lisäyksin (Annual Book of ASTM Standards 1994, Vol 15. 02). Sallittu lyijyn liukenevuuden määrä on alentunut jatkuvasti vuosien kuluessa.

FDA (United States Food and Drug Administration) aloitti vuonna 1972 lyijyliukoisuuden seurannan keramiikkatuotteista. Samoihin aikoihin Kanadassa pidetyssä ILZRO’n kokouksessa esitettiin uusia tutkimuksia koskien käyttöastioiden lyijyliukoisuutta. Tulokset julkaistiin ensimmäisessä “Ceramic Foodware Safety”-konferenssissa marraskuussa vuonna 1974 Maailman terveysjärjestön (WHO) päämajassa Genevessä. Kokoukseen osallistui yli 150 tieteen alan edustajaa ympäri maailmaa. Päätettiin, että lyijyliukoisuutta koskevat säädökset tulisi yhtenäistää kansainvälisesti, ja termiin “keramiikka” sisällytetään kaikki keramiikkatuotteet, myös huokoinen fajanssi sekä lisäksi lasi ja opaalilasituotteet (glassceramics). (Nordyke 1984, 164)

Vuonna 1976 WHO suositteli standardien lyijyliukoisuusrajojen tarkistamista. Määrättiin eri liukoisuusarvot eri kokoisille ja muotoisille tuotteille. Lyijyn liuenneut määrä ilmoitetaan ppm-yksikköinä (parts per million, miljoonasosa), mikä on yksi milligramma litraa kohti. Matalasta esineestä sai liueta 7ppm lyijyä, 5ppm sai liueta pienestä kulhomaisesta muodosta ja 2,5 ppm suuresta avoimesta astiasta (taulukko 1).

Taulukko 1: Lyijyn liukoisuuden raja-arvot (WHO 1976)

Keramiikkaesineen muoto	Sallittu lyijyn liukenevuus/yksikkö
Laakea astia	7 ppm
Pieni avoin astia	5 ppm
Suuri avoin astia	2,5 ppm

ASTM Standardi sisältyi kuudentoista maan allekirjoittamaan International Standard Organization standardiin (ISO) vuonna 1979, jonka nykyinen muoto on International Standard'issa (ISO 6486/1-2-1981 E), jota myös Suomi noudattaa.

### *ISO Standardi*

ISO (International Standard Organization) standardiin sisältyi WHO:n suosittelemat liukoisuusrajat. ISO Standardissa 6486/1-2-1981(E) ensimmäisessä osassa määriteltiin ruoka-astioiden lyijyliukoisuuden testausmenetelmä (Part I, Methods of Test). Sen mukaan sisältä lasitettu kulho täytetään reunoja myöten 4 prosenttisella etikkahappoliuoksella ja seisotetaan täysinäisenä 24 tuntia huoneen lämpötilassa. Etikkahappoliuoksesta mitataan liuenneen lyijyn määrä, jonka perusteella määritetään liukoisuus milligrammoina pinnan neliödesimetriä kohti.

Toisessa osassa (Part II, Limits of Release for Ceramic Foodware in Contact with Food) määrätään sallitun liukoisuuden raja-arvot. Standardissa on eri kokoisille ja muotoisille astioille määritelty sallitut liukoisuuden enimmäismäärät (taulukko 2).

Taulukko 2: ISO standardin 6486/-2-1981 mukaan lyijyn liukoisuuden enimmäismäärät

Keramiikkaesineen muoto	Sallittu lyijyn liukenevuus/yksikkö
Laakea astia	1,7 mg/dm <sup>2</sup>
Pieni avoin astia (1100 ml tai alle)	5,0 mg/l
Suuri avoin astia (1100 ml tai yli)	2,5 mg/l

Nordyken (1984, 169-78) mukaan liukenevan lyijymäärän pitoisuus ilmoitetaan amerikkalaisen käytännön mukaan ppm (eli mg/l) ja eurooppalaisittain milligrammoina neliödesimetriä kohti laakeasta astiasta tai milligrammoina litraa kohti kulhomaisesta muodosta.

ISO standardissa esitetyjä enimmäismääriä on haluttu vielä pienentää amerikkalaisessa lainsäädännössä. Amerikkalainen FDA (Food and Drug Administration)

on esittänyt 1980-luvun lopulla suurelle avoimelle astiamuodolle (large holloware) uudeksi lyijyn sallituksi liukoisuusrajaksi 0,1 mg/l voimassa olevan arvon ollessa 2,5 mg/l.

Taulukossa 3 on esitetty FDA:n suosittamat uudet raja-arvot verrattuina vanhoihin. Tiukennettuja suositusarvoja on käytetty FDA:n vaatimuksesta vuodesta 1992 lähtien. Uusissa rajoituksissa on kupit ja mikit luokiteltu erikseen, kun aikaisemmin ne luettiin kuuluvaksi pieni astia-ryhmään, jonka liukoisuuden raja-arvo oli 5,0 ppm. Kupit ja mikit-ryhmässä on vielä alhaisempi lyijyliukoisuusarvo (0,5 ppm) kuin pieni astia-ryhmässä (2,0 ppm).

Taulukko 3: Amerikkalaisen FDA:n suosittamat ruoka-astioiden lyijyliukoisuusarvot 1992 (Cubbon 1994, 240).

Esine	Lyijyliukoisuusarvot( µg/ml), ppm		
	Näytteiden määrä	Vanha arvo	Nykyinen arvo
Laakea vati	6	7,0	3,0
Pieni astia	1	5,0	2,0
Kupit ja mikit	1	(5,0)	0,5
Suuri laakea vati	1	2,5	1,0
Kaatimet	1	(2,5)	0,5

Astioiden määritykset:

Laakea vati	</= 25 mm syvä
Pieni astia	< 1,1 l tilavuus
Suuri astia	> 1,1 l tilavuus
Kaatimet	Suuret kaatimet kylmien juomien säilytystä varten.
Kermakot sekä tee- että kahvikannut	luetaan joko pieniksi tai suuriksi astioiksi riippuen koosta

Kaliforniassa on määrätty kaikkein tiukimmat lyijyliukoisuusrajat, jotka koskevat ravintoloiden käyttöastioita. Laakeasta vadiasta, esimerkiksi lautasesta, saa lyijyä liueta korkeintaan 0,226 ppm ja muista ruokailuastioista saa liueta korkeintaan 0,100 ppm. (Cubbon 1994, 240)

### Englantilainen standardi (British Standard) BS ja lainsäädäntö

Lyijyn enimmäismääristä tuotteissa ja materiaaleissa on säädetty erikseen englantilaisessa "Statutory Instruments" (SI) No 1241, joka on vuodelta 1975. Siinä käsitellään lasitetun keramiikkatuotteen turvallisuussäädökset ja siihen sisältyy myös Englannin lyijyliukoisuus standardi eli British Standard 4860, joka on samankaltainen kuin ISO Standard 6486. (Taylor 1986, 178- 80).

Ruoan tai juoman kanssa kosketuksiin joutuvista lyijylasitetuotteiden pinnoista on säädetty testausmenetelmä ja raja-arvot lyijymäärille, jotka ilmoitetaan standardissa BS 4860 (taulukko 4). (Taylor 1986, 178- 80) Standardin ensimmäisessä osassa käsitellään sallitut lyijyliukoisuuden raja-arvot ja toisessa osassa määritellään testausmenetelmä: Liukoisuus testataan 4 prosenttisella etikkahappoliuoksella, jolla täytetään avoin astia reunoja myöten. Vesi tasataan lasilevyllä. Näytettä seisotetaan 24 tuntia pimeässä +19-24 °C lämpötilassa (huoneen lämpötilassa) standardin mukaisesti.

Keittoastioiden liukoisuudesta säädetään erikseen: Kannen kanssa kuumennetaan neljäprosenttisella etikkahapolla täytetty keittoastia 120 °C lämpötilaan (+/-5 °C), jossa sitä seisotetaan kaksi tuntia ja lisätään etikkaliuosta ennen kuin annetaan seistä edelleen 22 tuntia. Etikkahappoliuokseen liuennut lyijyn määrä mitataan atomiabsorptiospektrofotometrillä.

Taulukko 4: Englantilaisen Standardin BS 4860 osassa I (SI 1241, 1975) ilmoitetut, lyijyn liukenevuusarvot (Taylor 1986, 178-80)

Keramiikkaesine	Sallittu lyijyn liukenevuus/yksikkö
Avoin astia (tilavuus 1100 ml tai yli)	2 mg/l
Avoin astia (tilavuus alle 1100 ml)	7 mg/l
Laakea astia	20 mg/l

British Standardia BS 4860 (1975) on tarkennettu vuonna 1984 Euroopan yhteisön direktiivin (European Community Council Directive) 84/500 mukaiseksi (taulukko 5), jonka asettamia lyijyliukoisuuden raja-arvoja noudatetaan. Englannissa käytetään British Standardia BS 5750 ja ISO 9000 standardia, jotka ovat molemmat vuodelta 1987. (Cubbon 1994, 241-2)

Taulukko 5: Euroopan yhteisön direktiivin 84/500 mukaiset lyijyliukoisuuden raja-arvot vuonna 1984 (Cubbon 1994, 241).

Ruokailuastia kategoriat	Lyijyliukoisuusarvot
Laakea vati, <=/= 25 mm syvä	0,8 mg/dm <sup>2</sup>
Pienet astiat, jotka voi täyttää syvyys > 25 mm	4,0 mg/l
Keittoastiat ja säilytysastiat joiden tilavuus on >3l	1,5 mg/l



Keramiikan materiaaleista ja raaka-aineista ilmoitetaan PotteryCrafts tuoteluetteloissa vuosina 1990- 97, että "Ministry of Education Administrative Memorandum No. 517" määräysten mukaan saa lyijyä sisältävistä valmisteista liueta enintään 5 prosenttia lyijyä. Keramiikkamateriaaleja välittävän yrityksen Pot clays'in johtajana toimiva Harry Fraser (1998, 132-3) mainitsee kirjassaan, että englantilaisessa koulutuksessa ja jatko-opinnoissa käytetään töissä yhä vielä korkeita lyijypitoisuuksia sisältäviä raakalyijyylasitteita tai muita lasitteita, jotka sisältävät suuria määriä liukenevaa lyijyä. Kaikkia koulutusyksiköjä on kehoitettu huomioimaan lainsäädäntöä ja noudattamaan sitä vastuuntuntoisesti. Lainsäädännössä määritellään kouluissa järjestetyissä keramiikkakursseissa raaka-aineiden ja materiaalien käyttö. Lyijyä sallitaan käyttää, mikäli lyijyn aiheuttamasta liukoisuusvaarasta on tiedotettu. Samoin lyijyä sisältävien raaka-aineiden käsittely- ja lasittamistilat sekä työvaatetus on tarkasti laissa määritelty. Tehtaissa on erityissäädöksellä "The Pottery Health Special Regulations" kielletty vuodesta 1947 lähtien käyttämästä muita lasitteita kuin lyijyttömiä tai vähäliukoisia lyijyylasitteita.

Cubbon'in mukaan Englanti on ottanut johtavan aseman kehitettäessä lasitteiden liukoisuutta koskevaa laatujärjestelmää Euroopassa. Stoke-on-Trent'issä on kehitetty keramiikkateollisuuden laatuokitusjärjestelmä CICS (Ceramic Industry Certification Scheme Ltd), joka toimii yhdessä eurooppalaisen ja amerikkalaisen keramiikkateollisuuden kanssa. Ensimmäisen englantilaisen taloustavaroiden valmistuksen laatuodistuksen sai posliinitehdas Royal Dalton Stoke-on-Trent'istä.

Lyijyliukoisuuden lainsäätö ja sen tiukentaminen ovat herättäneet keskustelua yhdessä ruokailutottumusten ja elinympäristön kehityksen kanssa. Amerikkalainen toimittaja Nancy Randall (1989, 17-9) epäilee, että laaditaan liian tiukat rajat lyijyliukoisuudelle. Randall on huolestunut siitä, että tiukoilla rajoituksilla tukahdutetaan koko perinteisen matalanlämpötilan koristekeramiikan valmistus ja vienti. Hän ennustaa kansantalouden romahdusta väkirikkaissa maissa Ceramic Industry-lehdessä ilmestyneessä artikkelissa, jonka hän otsikoi dramaattisesti: "Lyijy: keramiikkaesineiden joutsenlauluko"? Randall tuo esiin lyijyliukoisuuden seurannan ja siihen liittyvän lainsäädännön tarkistuksia ja ongelmia. Hän kommentoi liukoisuuden rajojen tiukentamista globaalisenä ongelmana. Lyijyylasitteiden käyttö ja lyijyliukoisuuden säädökset koskettavat valmistuksen lisäksi sekä markkinointia että vientiä yli maanosien rajojen.

Randallin (1989, 18-19) mukaan on säädöksiä tiukentamalla lyijyn käyttöä pyritty vähentämään. On esitetty myös, että tavoitteena tulisi olla lasitteiden ja raaka-ainevalikoimien ympäristöystävällisen käytön jatkuva seuranta. Aikaisempien sukupolvien sisäistämä yleistieto lyijymyrkyllisyydestä yhdistetään ruoka-astioihin ja autojen polttoaineeseen. Yleisesti tiedetään vähemmän lyijyn esiintymisestä ihmisen jokapäiväisessä elinympäristössä luonnossa, ravinteissa ja pakkauksissa. Elimistöön lyijy taltioituu päivittäis- tai viikoittaisina annoksina saatuna ja vaikuttaa keskushermostoon, vereen, munuaisiin ja maksaan. Nykyään tiedetään aikaisempaa enemmän lyijyn vaikutuksesta lapsiin hyvinkin pieninä määrinä. Kansainvälisessä tutkimuksessa on mitattu pikkulasten veren lyijymääriä vastasyntyneistä 7-vuotiaisiin asti ja todettu, että äidin kautta voi lyijyä siirtyä myös sikiöiden vereen aiheuttaen hermostollisia ja keskittymishäiriöitä lapsen kehityksessä. (Randall 1989, 18-19)

Englantilaisen organisaation “The Institute of Materials” kokoaman tutkimuksen mukaan lyijyn vaikutus on aikaisempaa luultua suurempi vastasyntyneisiin. Instituutin johtajana toiminut tohtori R. C. P. Cubbon (1994, 240- 42) puoltaa amerikkalaisten lyijyliukoisuuden raja-arvojen tiukentamisvaatimuksia. Hänen mukaansa on syytä olla yleisesti huolestunut lyijyn käytöstä talous- ja kulutustavaroiden lasitepinnoissa sekä värillisen keramiikan koristekuvapinnoissa.

Cubbon’in mukaan on syytä yhä vielä 1900-luvun lopulla puhua lyijyn haitallisuudesta keramiikan valmistuksessa, koska paljon julkisuudessa huomiota saaneessa tapauksessa useita aikuisia on sairastunut lyijymyrkytykseen italialaisista taideteollisuustuotteista. Näissä tuotteissa lyijypitoisuudet ylittivät amerikkalaisen FDA:n suosittelemat raja-arvot (taulukko 3). Hänen mukaansa on syytä kyseenalaistaa kokonaan lyijyä sisältävien lasitteiden käyttö ruoka-astioiden lasitteena. (Cubbon 1994, 240-42)

Amerikkalaiset, eurooppalaiset ja japanilaiset ruoka-astioiden valmistajat järjestäytyivät liitoksi, jonka tavoitteena oli turvallinen keramiikka (“Coalition for Safe Ceramic ware”). Heidän toimestaan selvitettiin aikaisempien ruokailutottumusten muutokset verrattuna nykyisiin ruokailu- ja juomatottumuksiin, sekä lisäksi tutkittiin astioiden käytön suhde tuotteen laatuun. Cubbon’in mukaan tuloksia tarkasteltaessa havaittiin, että amerikkalaisen FDA:n vaatimien lyijyliukoisuusrajoiden muuttaminen oli tarpeellista ja niiden tiukentaminen vaikutti tarkoituksenmukaiselta kuluttajien suojaamiselta.

Aikaisemmin ei ole kaatimia luokiteltu eri ryhmään puhuttaessa säilytysastioista. Nykyisin kotitalouksissa säilytetään kaatimissa mehuja ja muita hapekkaita juomia enemmän kuin aikaisemmin. Taideteollisuustuotteina (craft potters) valmistetuissa kaatimissa on todettu sallitun liukoisuuden ylittäviä tapauksia. Raskaana olevia naisia kehoitetaan myös välttämään juomasta kahvia matalanpolton keramiikkamukeista ja kupeista (Cubbon 1994, 242).

### **Liukoisuuden raja-arvot Suomessa**

Suomessa lyijyliukoisuutta koskevaa lainsäädäntöä on kehitetty vähitellen vuosien kuluessa. “Astioita on tutkittu vuodelta 1965 olevien määräysten mukaan. Lyijyä, sinkkiä ja kadmiumia saa yhteensä liueta enintään 0,6 milligrammaa kotitaloudessa käytetyn astian jokaista neliödesimetriä kohden” kertoo tarkastaja Aatos Länsisyrjä Kauppa- ja teollisuusministeriöstä (Helsingin Sanomat, 24. 2. 1972). Englantilainen Fraser (1998, 132-3) taidekeramiikan valmistajille suunnatussa teoksessaan, jonka ensimmäinen painos on vuodelta 1973 ja uusittu teos vuodelta 1998, väittää että Suomessa suhtaudutaan kaikkein ankarimmin lyijyn, sinkin, kadmiumin ja antimonin, yhteiseen liukenevuuteen, joka saa olla enintään 0,6 milligrammaa neliödesimetriä kohti. Nykyisin yhteisliukenevuutta ei mitata.

Suomi kuuluu International Standard Organization- testimenetelmien sopimusalueeseen. Elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista yleisistä käyttö- ja kulutustarvikkeista siirtyvien metallien, lyijyn ja kadmiumin enimmäisrajat määritellään standardissa ISO 6486/1-2 esitetyllä menetelmällä, joka on vuodelta 1981. Testimenetelmän mukaan astioissa pidetään 4% etikkahappoliuosta huoneenlämpötilassa

24 tuntia. Liuoksista mitataan metallipitoisuudet atomiabsorptiospektrofotometrillä. Kauppa- ja Teollisuusministeriön (KTM) päätös 365/85 vuodelta 1985 on ECC:n direktiivin 84/500 mukainen, lyijynliukenevuusrajaksi pienistä kulhomuotoisista esineistä ilmoitetaan tällöin 4 milligramma litraa kohti.

KTM:n päätöksessä 365/85 elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista keraamisista tarvikkeista sanotaan seuraavaa: "keraamisella tarvikkeella tarkoitetaan tarviketta, joka on tavallisesti valmistettu korkean savi- tai silikaattipitoisuuden omaavien epäorgaanisten aineiden seoksesta, johon on saatettu lisätä pieniä määriä orgaanisia aineita. Kyseiset tarvikkeet on ensin muotoiltu ja näin saatu muoto tehty pysyväksi polttamalla. Tarvikkeet voivat olla lasitettuja, emaloituja tai koristeltuja". Keraamisista tarvikkeista siirtyvän lyijyn määrien ei tule ylittää seuraavia rajoja:

*Ryhmä 1:* Tarvikkeet, joita ei voi täyttää nesteellä, sekä tarvikkeet, jotka voidaan täyttää nesteellä, mutta joiden sisäsyvyys mitattuna alhaisimmasta kohdasta yläreunan kautta kulkevaan tasoon, on enintään 25 mm: Pb 0,8 mg/dm<sup>2</sup>.

*Ryhmä 2:* Kaikki muut tarvikkeet, jotka voidaan täyttää nesteellä: Pb 4,0 mg/l.

*Ryhmä 3:* Pakkaus- ja säilytysastiat, joiden tilavuus on suurempi kuin kolme litraa, sekä keittämiseen tarkoitetut tarvikkeet: Pb 1.5 mg/l.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on tarkentanut määräykset EU-lainsäädännön mukaiseksi vuonna 1992. Viimeisen lyijyliukoisuuksia käsittelevän Elintarvikeviraston raportin, "Keraamiset astiat" 8/1998, mukaan noudatetaan KTM päätöksiä 267/1992 ja 268/1992. Raportissa 8/1998 esitetään tutkimustulos viimevuosina Suomessa myynnissä olevista koriste- ja käyttökeramiikkatuotteista. Näytteet testataan edelleen ISO standardissa (ISO 6486/1-2) määritetyllä testausmenetelmällä.

Tutkimusraportin 8/1998 mukaan näytteistä, joita ei voida täyttää nesteellä, tutkitaan liukoisuus upottamalla näyte tunnettuun määrään 4 %:sta etikkahappoliuosta. Näytteestä peitetään sopivalla suojakerroksella se pinnan osa-alue, joka ei ole tarkoitettu joutumaan kosketukseen elintarvikkeen kanssa. Tulokset ilmoitetaan milligrammaa neliödesimetriä kohti (vrt. taulukko 25: laakea vati 0,8 mg/dm<sup>2</sup>). KTM:n 267/1992 3§:n mukaan näistä esineistä siirtyvän lyijyn määrän ei tule ylittää raja-arvoa 0,8 mg/l. (Elintarvikeviraston raportti 8/1998)

Suomessa tutkitaan myös ns. huuliraja juomiseen tarkoitetuista esineistä. Huulirajaksi on määritetty 2 cm:n korkuinen kaistale mukiin ulkopintaa yläreunasta mitattuna. Testausmenetelmässä muki asetetaan ylösalaisin 4 %:een etikkahappoliuokseen siten, että vain ulkopinta tulee kosketuksiin etikkahapon kanssa. Muut osat suojataan. Näytteen koeaika on 24 tuntia, kuten muissakin testausmenetelmissä. Etikkahappoliuoksesta analysoidaan liuennut lyijymäärä, joka ilmoitetaan mg/dm<sup>2</sup> huulirajan pinta-alaa kohden. KTM:n päätöksen 268/1992 2§:n mukaan elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvasta tarvikkeesta saa siirtyä pinnan neliödesimetriä kohti lyijyä enintään 0,5 mg. (Elintarvikeviraston raportti 8/1998)

### **Lyijyliukoisuuden seurannasta Suomessa**

Suomessa toimi 1970-luvulla kymmenkunta savenvalajaa, jotka jatkoivat mestariltaan oppimaansa lasitteen valmistustapaa. Savenvalajien käyttämät lasitteet ovat olleet aina lyijylasitteita. Tämän päivän vaatimuksiin kuuluvat paksut ja kiiltävät lasitekerrokset, eikä ohuet lyijylasitteet, jolloin lyijyoksidi muodosti sidoksen piidioksidin kanssa ja vähensi lyijyliukoisuutta rajapinnassa (Hortling 1992). Lyijymyrkyllisyyteen suhtautuminen ja asian käsittely muuttui lehdistössä 1970-luvulla. Ammattilaiset alkoivat keskustella. Lyijymyrkyllisyys, sen toteaminen ja testaustulosten kommentointi ammattilaisten taholta olivat merkittäviä kannanottoja. Vastaavaa keramiikan lasitteiden myrkyllisyyttä koskevaa kirjoittelua ei ole ilmennyt enää myöhemmin. Median välittämää tietoa voidaan tulkita eri tavoin, joko kuluttajaa varoittavana ja tuotteen ominaisuuksista tiedottavana, tai epäilyjä synnyttävänä hälynä, sekä ammattiin koulutettujen ja kouluttamattomien välisenä kiistelynä. Suomalaisten valmistajien lyijylasitteiden lyijypitoisuuksia tutkittiin 1970-luvulla. Raja-arvojen ylityksiä ja lasitettujen esineiden myrkyllisyyttä kommentoitiin sanomalehdissä.

Muutaman lehtiartikkelin kautta voidaan nähdä sen informaation sävy jolla tietoa lyijylasitetusta keramiikasta vuosilta 1976, 1977 ja 1978 annettiin. Artikkelit ovat säästyneet Kyllikki Salmenhaaran toimesta, joka toimi vuosien 1963-1981 välisenä aikana Taideteollisen oppilaitoksen, ja vuodesta 1973 lähtien korkeakoulun keramiikkaosaston yliopettajana ja taiteilijaprofessorina sekä alasta vastaavana asiantuntijana. (Salmenhaara 1983)

Taideteollisessa oppilaitoksessa ja korkeakoulussa ammatillisen koulutuksen saaneet keraamikot sekä alan järjestö Teollisuustaitteen Liitto Ornamo ry lähtivät selvittämään lyijyliukoisuutta keraamisissa käyttöesineissä vuonna 1977. Ornamo teetti lasitetutkimuksen Valtion Teknillisen Tutkimuslaitoksen Elintarvikelaboratoriossa. Näyttää siltä, että tutkimuksessa mukana olleet 20 ammattilaista halusivat puhdistautua epäilyiltä ja leimautumiselta lyijyliukoisten tuotteiden valmistajina. "Ornamon kaikki tutkitut keraamiset käyttöastiat täyttivät lyijyn suhteen elintarvikeasetuksen vaatimukset" (Kotiteollisuus 4/1977). Selvitystä huomioitiin lehdistössä ja sitä käsiteltiin kolmessa artikkelissa eri lehdissä. "Studiokeramiikka on turvallista, Ornamo teetti tutkimuksen", otsikoitiin Helsingin Sanomissa kesäkuun ensimmäisenä päivänä vuonna 1977. Samaa tiedotetta käsiteltiin myös Uudessa Suomessa heinäkuun 3. päivänä sekä Kotiteollisuus lehden 4. Numerossa.

Uusi Suomi julkaisee kirjoituksen Ornamon teettämästä tutkimuksesta otsikolla "Matkamuistokulhot jopa hengenvaarallisia". Matkamuistona tuodun astian käyttäminen esimerkiksi salaattiastiana voi olla suorastaan hengenvaarallista, sillä astiasta saattaa liueta ns. raskasmetalleja, kadmiumia, lyijyä, ja antimonia, jotka voivat aiheuttaa vakavia myrkytystiloja varoittaa ylitarkastaja Pekka Lehto Elinkeinohallituksesta. - Kotimaista studiokeramiikkaa sen sijaan voi käyttää melko turvallisina mielin myös ruoka-astioina. Viime keväänä Teollisuustaitteenliitto Ornamon keramiikkataiteilijat tutkituttivat tuotteitaan VTT:llä." (Uusi Suomi 3. 7. 1977)

Ornamoon kuuluneiden ammattilaisten teettämän lyijytutkimuksen jälkeen seuraavana vuonna maaliskuussa kirjoittaa Helsingin Sanomat Elinkeinohallituksen keramiikkaesineiden myrkyllisyyttä koskevasta tutkimuksesta, joka oli tehty syyskaudella 1977. Lehdessä tiedotettiin, että Elinkeinohallitus oli julkaissut tutkimuksen suomalaisten valmistajien saviastioista. Tutkimus koostui 60 erilaisesta saviastianäytteestä 25 tekijältä. Näytteistä selvitettiin sinkki-, lyijy- ja

kadmiumpitoisuudet. Julkaistussa tutkimuksessa ilmeni, että 13 valmistajan tuotteet eivät täyttäneet laatuvaatimuksia. Helsingin Sanomien artikkeli alkoi "Suomen Keraamikot: Saviastioiden myrkyt tiukkaan valvontaan. Seitsemän savipajan järjestö, Suomen Keraamikot, vaatii lyijy-yhdisteiden käyttöä lasitteissa luvanvaraiseksi." (Helsingin Sanomat 21.3.1978).

Keramiikkatuotteiden lyijyliukoisuuden seuranta ei näytä kehittyneen Suomessa viranomaisten ylläpitämäksi systemaattiseksi tilastotiedon keruuksi. Syy lienee siinä, että pientuotantotasolla lyijylasitteita käyttäviä keramiikan valmistajia on ollut ja on edelleen suhteellisen vähän, vain muutamia, verrattuna korkeanpolton kivitavaratuotteiden valmistajiin. Lyijyliukoisuuden tarkistus ei ole keramiikan valmistajiin kohdistettua jatkuvaa kontrollointia, vaan silloin tällöin tehtyjä pistokokeita. Myynnissä olevien lyijyliukoisten tuotteiden joutuminen viranomaisten lyijytestaukseen vaikuttaa käytännössä sattumalta. Suomalaisten valmistajien keramiikkatuotteissa liiallisen lyijyn määrän toteaminen alkaa olla harvinaista. Todetun esiintymisen perusteella voidaan olettaa, että nykyisin Suomessa valmistajien valistuneisuus on kohtalaisen hyvä ja korkeanpolton keramiikkaesineitä valmistetaan määrällisesti enemmän kuin matalanpolton lyijypitoisia tuotteita.

Taideteollisen korkeakoulun koulutuskeskuksen ja Keramiikka- ja lasitaiteen laitoksen järjestämällä koulutuspäivillä vuonna 1992 piti Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkija, Helena Liukkonen- Lilja esitelmän "Raskasmetallien esiintymisestä ja testaamisesta". Koulutuspäivän teema oli "Terveydelle vaaralliset aineet keramiikassa". VTT:n elintarvikelaboratorion tutkimista näytteistä hän totesi keraamisten astioiden lyijyliukoisuudesta, että hylättyjen näytteiden määrä on asteittain vähentynyt verrattaessa edeltäneisiin vuosikymmeneihin. Tutkituista näytteistä oli 1970-luvulla hylättyjä noin 30 %. Vuonna 1982 hylättiin noin 16 %, samana vuonna tutkituista matkamuistoista hylättiin 12-37 %. Ulkomaisista tuotteista hylättiin 18 % vuonna 1987. Kaikista vuoden aikana tutkituista näytteistä lyijyn enimmäismääräksi kohosi 1700 milligrammaa litraa kohti. Vuonna 1988 tutkituista hylättiin 5-10 %. (Liukkonen-Lilja 1992) Saviastioiden raskasmetallikartoitus tehtiin matalanpolton keramiikkavalmisteista kunnallisten laboratorioiden toimesta koko Suomen osalta vuosina 1982-87. Tutkittuja näytteitä oli yhteensä 348 kappaletta, joista hylättyjä oli yhteensä 34 kappaletta eli 9,8 %.

Selvitin eri tutkimuslaitoksien asiantuntijoilta ja virkamiehiltä lyijyliukoisuuden esiintymistä suomalaisissa keramiikkatuotteissa keväällä vuonna 1998. Tutkimustyöni aineiston keruun aikana oli tapahtunut EU:hun liittymisen aiheuttamia muutoksia. EU:n rajojen sisälle tulleita keramiikkatuotteita voidaan tutkia joko kunnallisella sektorilla tai tullilaboratorion toimesta satunnaisesti, kertoo Tullilaboration jaostonjohtaja Partanen. Hänen vastuullaan on kulutustavaroiden osalta lyijyn, kadmiumin, nikkelin, ja kromin määritykset astioista (Partanen 1998 ja Tullilaboratorio 1997a).

Yhä edelleen elintarvikeviraston ja kuntien toimesta tehdään Suomessa käsityömaisesti valmistetuista keramiikkatuotteista joitakin satunnaisia liukoisuuksien selvityksiä. Esimerkiksi Länsi-Suomen lääninhallituksesta ylitarkastaja Raimo Isakssonin (1998) toimesta selvitettiin yksittäisinä pistokokeina vuoden 1998 aikana läänin kunnista 21 näytettä ja 29 muuta näytettä, jotka olivat tuotu Suomeen joko EU:n alueelta tai muualta. Tutkimustulokset on julkaistu Elintarvikeviraston julkaisussa 8 vuonna 1998. Näytteistä selvitettiin lyijyn liukeneminen kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM

päätökset 267/1992 ja 268/1992) lainsäädännön mukaisella menetelmällä. Raportin mukaan näistä 50:stä näytteestä todetut lyijy- ja kadmiumpitoisuudet olivat joko alle havaintorajan tai pitoisuudet olivat hyvin pieniä. (Elintarvikevirasto 8/1998)

### **Lyijy ihmisen ympäristössä**

Lyijyn haitta tiedostetaan nykyisin laajasti vaikuttavana, koska lyijy on mukana ihmisen elinympäristössä. Ravinteissa ja niiden pakkauksissa, sekä polttoaineissa se koskettaa sekä aikuista että lasta. Elimistöön päivittäin taltioituva lyijyn määrä kumuloituu ja vaikuttaa kokonaismääränä, jota voidaan haluttaessa seurata mittaamalla ihmisistä viikottainen saanti. Lyijy vaikuttaa ihmiseen myrkyllisesti riippumatta siitä, miten lyijy joutuu kehoon, jossa aiheutuu myrkytys.

Ympäristössä esiintyy jatkuvasti lyijyä pieninä määrinä. Lyijymääriä mitattaessa on pystytty osoittamaan, että usean vuoden aikana on tapahtunut kehitystä lyijyn vähentymiseen päin. Lainsäädäntöä kiristämällä on pitoisuuksia saatu vähentymään. Myös asenteet ovat muuttuneet. Median suhtautuminen lyijymyrkyllisyyteen ja ympäristöongelmiin on tiedottavaa eikä ei provosoivaa. Lyijyhaitasta puhutaan julkisuudessa yleensä aikaisempaa avoimemmin.

Lyijy kulkeutuu elimistöön pääasiassa hengitysteiden, mutta osittain myös ruoansulatusteiden kautta ja vähäisessä määrin ihon kautta. Höyryinä kaikki lyijy-yhdisteet imeytyvät helposti keuhkojen kautta vereen. Elimistöön joutunut lyijy varastoituu etupäässä luihin, osa kiertää veressä ja poistuu munuaisten ja suoliston kautta. Luihin varastoitunut lyijy ei poistu normaalin kuonanerityksen myötä vuosienkaan kuluessa, ja se voi aiheuttaa myrkytysoireita, vaikka asianomainen ei olisi pitkään aikaan ollut lyijyn kanssa missään tekemisissä. (Noro 1964, 88-89).

“Viime vuosina on tapahtunut ilahduttavaa kehitystä. Lyijyn vaikutus tunnetaan hyvin biologisesti vaikuttavana tapahtumana. Lyijyn haittavaikutuksia käsittelevistä tutkimusjulkaisuista on pikemminkin runsaudenpula kuin päinvastoin” toteaa lyijyn aiheuttamia pitkäaikaisvaikutteisia sairauksia tutkiva erikoislääkäri Vesa Riihimäki Työterveyslaitokselta. Lyijyn kumuloitumista ihmisissä seurataan verestä, ja riippumatta siitä, miten ihminen saa lyijymäärän, vaikuttaa se ihmisen kehoon. Vaikutus on sama kuin olipa kyseessä keramiikkaesineen pinnasta saatu lyijy tai bensiinistä vapautuva lyijytetraetyyli. (Riihimäki 1998)

Ihmiselle vaarallinen ja ympäristöä uhkaava lyijyn myrkyllisyys yhdistetään usein julkisessa keskustelussa vanhoihin savenalajien puurokulhoihin ja lyijypitoiseen polttoaineeseen. Muihin raskasmetalleihin suhtaudutaan julkisuudessa neutraalimmin kuin lyijyyn. Sen vaarallisuuden informointi ymmärretään. Viime vuosina on tiedostettu lyijyn haitallinen vaikutus ihmisen elinympäristöön vaikuttavana tekijänä laajemmin. Elintarvikkeisiin lyijyä joutuu ilmasta, teollisuudesta ja liikenteestä.

Lyijyä joutui 1980-luvulla ympäristöön liikenteen polttoaineista ja siirryttäessä vähittäin lyijyttömään bensiiniin on lyijymäärien todettu alentuneen 1990-luvulla. Helsingin Sanomat kirjoitti Metlan tekemästä metsäsammalten raskasmetallitutkimuksesta Kotimaa-osastossa marraskuussa 1996: “Raskasmetallien

laskeuma vähentynyt merkittävästi”. Ilmasta laskeutuva lyijy kerääntyy sieniin sekä eläinten että kalojen sisäelimiin. Helsingin Sanomat otsikoi alkuvuodesta 1998: “Helsingin sisälahtien kalat ja saaliit parantuneet”

Lyijyn myrkyllisyyden käsittely näyttää saavan mediassa julkisuutta, johon välittömästi reagoidaan ja joka ei jätä neutraaliksi. Informoinnin ohella saatetaan otsikoilla herättää suuren yleisön kiinnostusta muita ympäristöhankkeita kohtaan. Asian käsittelytapaan on saattanut vaikuttaa yleisesti lisääntyneen ympäristötiedotuksen laajeneminen ja osallisuus EU:ssa. Ongelmaa käsitellään kokonaisvaltaisempaan yhteiskunnan vastuuongelmana kuin yksittäisen keramiikkatarvikkeen lasitepinnan aiheuttamana kuluttajaongelmana. Lyijyn tuoma uhka on siirtynyt kuluttajatasolta etäämmälle ja laajempaan yhteiskunnalliseen kontekstiin.

Liikenteen lisäksi metalliteollisuus, sulattamot ja akkuteollisuus ovat vakavasti otettava ympäristöhaitta. Nykyisin tarkkaillaan polttokaasujen laskeutumista ja mitataan ympäristöpäästöjä sekä niiden levinneisyyttä. Helsingin Sanomien Ulkomaat- osastossa otsikoitiin Puolasta vuonna 1996: “Lapset kärsivät lyijystä ja rikistä Katowicen teollisuuskaupungissa”. Lapsilla lyijy vaikuttaa hermostolliseen ja kognitiiviseen kehitykseen syntymähetkestä 7-vuotiaaseen asti. Englantilaisen Cubbonin (1994) mukaan viimeiset tutkimukset ovat osoittaneet, että äidin kehon välittämänä jo sikiö saa lyijyä. Hufvudstadbladet tiedotti hyvistä saavutetuista tuloksista Helsingistä lehdessään 8. 8. 1997: “Helsingfors-barn uppvisar rekordlaga blyhalter.”

Käytännön tasolla ihmisen ympäristössä esiintyvä lyijy taltioituu päivittäis- tai viikottaisannoksina. Lyijyn saantia ravinnosta mitataan WHO:n (World Health Organisation) alaisen FAO:n (Food and Agricultural Organisation of United Nations) asiantuntijakomitean antaman suositusarvon mukaan. Viikottaisannos, (Provisional Tolerable Weekly Intake) on 0,05 mg ruumiinpainokiloa kohden. Lyijyn saannin enimmäisarja-arvona 60 kg:n painoiselle aikuiselle pidetään 3 mg eli 3000 mikrogrammaa ( $\mu\text{g}$ ) viikon pituisen jakson aikana. Päivän saanti on 0,43 mg eli 430  $\mu\text{g}$ . Vastaavasti lyijyn saannin enimmäisarvo on 1 mg 20 kg:n painoiselle lapselle viikon aikana ja päivässä 0,14 mg (140  $\mu\text{g}$ ).

Suomessa Asetuksessa 393/87, Elintarvikkeiden vieraista aineista, määritellään tavallisimpien raskasmetallien enimmäismäärät, jotka ovat sallittuja elintarvikkeissa. Tullilaboratorio tutkii jatkuvasti elintarvikkeiden eri pitoisuuksia ja palauttaa vuosittain vihanneksia, hedelmiä, marjoja jne. liian suurien jäämien takia. Viime vuosien tullilaboratorion vuosikertomuksista ilmenee, että palautuksen syynä on ollut harvoin lyijy.

Ihmisen elinympäristöön haitallisena tekijänä on lyijyn käytöstä yleisesti luovuttava. Keramiikan opetuksessa on kehitetty lyijylasitetta täysin ominaisuuksiltaan korvaava lyijytön lasite suomalaiselle punasavelle. Taideteollisessa korkeakoulussa on koulutuksessa luovuttu opetuksessa lyijylasitteen käytöstä 2000-luvun alusta alkaen.

## LÄHTEET

ASTM Standards 1994: Annual Book of ASTM Standards Vol 15. 02. Glass and Glass Products (C-14); Ceramic White wares and Related Products (C-21). American Society For Testing and Materials. Philadelphia, PA 19103-1187 USA.

CUBBON, R. C. P. 1994: Consumer and Environmental Pressures on the Use of Lead Glazes and Colours. *Interceram*. Vol. 43. No. 4, Great Britain.

COMMITTEE ON LEAD, Etc. in *Potteries 1910: Vol.I.-III report*. Presented to both Houses of Parliament by Command of His Majesty. Report of the Departmental Committee appointed to inquire into The Dangers Attendant on The Use of Lead and the Danger or Inquiry to Health Arising from Dust and Other Causes in the manufacture of Earthenware and China. And in the Processes incidental thereto, Including the Making of Lithographic Transfers. Printed for his Majesty's Stationery Office. London.

ELINTARVIKEVIRASTO Tutkimuksia 8/1998, Keraamiset astiat, Taskumatit.. OY Edita AB, Helsinki.

EPPLER, R. A. 1975: Formulation of Glazes for Low Pb Release. *Society Bulletin* Vol. 54, No. 5. May. The American Ceramic Society.

EPPLER, R. A.; EPPLER, D. R. 1993: What is a low-lead glaze *Ceramic Engineering and Science Proceedings, the 94th Annual Meeting*, American Ceramic Soc. Westerville, OH, USA.

EPPLER, D. R.; EPPLER, R. A. 1993: Color in lead- and lead-free glazes, part II. *Ceramic Engineering and Science Proceedings, the 94th Annual Meeting*, American Ceramic Soc. Westerville, OH, USA.

EPPLER, R. A.; EPPLER, D. R. 1995: Controlling the gloss of leadless glazes. *Proceedings of the 96th Annual Meeting on Ceramic Engineering and Science*.

FRASER, H. 1998: *Glazes for the craft potter*. 4th ed. 1 st ed.1973. A & C Black, London. The American Ceramic Society, Ohio.

FREESTONE, I. C. 1999: The Science of Early English Porcelain. Department of Scientific Research, British Museum. *British Ceramic proceedings* no. 60 (pp.11-17). The Sixth Conference and Exhibition of the European Ceramic Society, 20-24 June 1999 Brighton, UK.

HORTLING, A. 1989: Esitutkimus lyijyn korvaamisesta matalanpolton lasituksissa. Tutkimusraportti. Keramiikka- ja lasitaiteen laitos, Taideteollinen korkeakoulu. Helsinki.



HORTLING, A. 1990: Korvaavia vaihtoehtoja terveydelle vaarallisille aineille. Luentomoniste. Koulutuskeskus, Taideteollinen korkeakoulu. Helsinki.

HORTLING, A. 1992: Lyijymonosilikaatin käyttö lasituksessa ja siitä johtuva lyijyliukoisuus. Keramiikka- ja lasitaiteen laitos. Taideteollinen korkeakoulu. Helsinki.

HORTLING, A. 1994: Lead release by earthenware glazes containing coloring engobes, Eight Cimtec World Ceramic Conference Proceedings. June 28, July 4, Florence. Italy. Julkaistu italiaksi Ceramurgia 1995.

HIMBERG, K.; LIUKKONEN-LILJA, H. 1990: Elintarvikelaboratorion tutkimusselostus ELIO 18/90. Saatekirje, jossa mainitaan tutkimuksen suoritus ja tulokset. Helsinki 5. 1. 1990.

ILZRO Manual, 1971: Lead Glazes For Dinnerware, International Lead Zink Research Organization, Inc. 9/71 N.Y. USA

INTERNATIONAL STANDARD 6486/1-2, 1981: Ceramic ware in contact with food. Release of lead and cadmium- Part 1: Method of test. Part II: Permissible limits. First edition. Ref. No. 6486/1-1981. Standardi on liitteenä teoksessa Nordyke, John, S. 1984: Lead in the World of Ceramics. The American Ceramic Society, USA.

LAWRENCE, W. G.; WEST, R. R. 1982: Ceramic science for the potter, Chilton Book Company, 2 nd. Pennsylvania.

LEHNHÄUSER, W. 1966: Glazuren und ihre Farben 2. völlig Auf. Wilhelm Knapp Verlag, Düsseldorf.

LEHNHÄUSER, W. 1985: Glazuren und ihre Farben 3. völlig neubearb. Auf. Wilhelm Knapp Verlag, Düsseldorf.

LIUKKONEN-LILJA, H. 1990: Raskasmetallien esiintymisestä ja testaamisesta, esitelmä, Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen tutkija. Koulutuspäivä 9. 3. 1990: Terveydelle vaaralliset aineet keramiikassa. Koulutuskeskus, Taideteollinen korkeakoulu.

MARQUIS, J. E.; EPPLER, R. A. 1974: Leadless Glazes for Dinnerware. Ceramic Bulletin. Vol. 53, No. 5. USA.

MELLOR, J. W. 1934: The Durability of Pottery Frits, Glazes, Glasses, and Enamels in Service. Artikkelit sisältyy teokseen Transactions of The Ceramic Society including The refractory Materials Sections. Founded in 1900 as "The North Staffordshire Ceramic Society", and continued from 1903 to 1916 as "The English Ceramic Society". Volume XXXIV. - Session 1934-1935. Published by the Society Stoke-on-Trent. Printed in Great Britain by William Clowes and sons.

NORDYKE, J. S. 1984: Lead in the World of Ceramics. The American Ceramic Society, USA.

RANDALL, N. 1989: Lead: Ceramic ware's Swan Song? Ceramic Industry, January. USA.

SALMENHAARA, K. 1968: Tutkimus: Savet ja lasitukset, julkaisematon tutkimusraportti. Oppimateriaaliarkisto 1983. Taideteollinen korkeakoulu, Helsinki.

SALMENHAARA, K. 1974: Laskuharjoitus, missä mainitaan Wengerin monosilikaatti 1453W. Julkaisematon opetusmoniste. Oppimateriaaliarkisto 1983. Taideteollinen korkeakoulu, Helsinki.

SALMENHAARA, K. 1975: Lyijyglasituksien myrkyllisyys. Julkaisematon opetusmoniste. Oppimateriaaliarkisto 1983. Taideteollinen korkeakoulu, Helsinki.

SALMENHAARA, K. 1981: Lyijyliukoisuuslaskuja Thorpen teorian mukaan. Julkaisematon opetusmoniste, tammikuu. Oppimateriaaliarkisto 1983. Taideteollinen korkeakoulu, Helsinki.

SALMENHAARA, K. 1983: Keramiikka, massat-lasitukset-työtavat, 2p. Otava, Keuruu. Ensimmäinen painos 1974.

TAYLOR J. R.; BULL A. C. 1986: Ceramics Glaze Technology. The Institute of Ceramics. Pergamon Press.

THE INSTITUTE OF CERAMICS 1991: Health & Safety in Ceramics. Pergamon Press. England.

THORPE, T. E. 1899: "Use of Lead in the Manufacture of Pottery", British Government paper 8383-150093/1901. 1901: "Report on the Work of the Government Laboratory on the Question of the Employment of Lead Compounds in Pottery" British Government paper 9264-1500-6/1901. Raportit sisältyvät kolmiosaiseen raporttiin vuodelta 1910: "The Report of the departmental Committee appointed to inquire into The Dangers attendant on the use of Lead and the Danger or injury to Health Arising From Dust and other Causes in the manufacture of earthenware and china. And in the Processes incidental there to, including the making of Lithographic transfers." Vol I-III Presented to both Houses of Parliament by Command of his Majesty. Printed for his Majesty's stationery office Jas Truscott & Son, Ltd. London.

#### MUITA LÄHTEITÄ

ISAKSSON, Raimo: Puhelinkeskustelu 27. 4. 1998. Länsi-Suomen Lääninhallituksen ylitarkastaja. Keraamisten astioiden näytteiden keruun toimeksianto: Näytteitä käsiteltiin parhaillaan. Julkaistu tutkimuksen tulokset Elintarvikeviraston raportissa 19. 11. 1998 tutkimuksia 8/1998. Helsinki.

RIIHIMÄKI Vesa: Puhelinkeskustelu 22. 4. 1998. Lääket.tr. Työterveyslaitoksella pitkäaikaisesti vaikuttavien aineiden aiheuttamien sairauksien tutkija. Helsinki.

LIUKKONEN-LILJA, Helena: Puhelinkeskustelu 28. 4. 1998. Valtion teknillisen tutkimuskeskus (Elintarvike- ja ravitsemuslaboratorio) tutkija. Helsinki.

PARTANEN, Leena: Puhelinkeskustelu 20.4. 1998. Tullilaboratorion jaostonjohtaja ja raskasmetallien määrittelytyön vastaava julkaisuaineiston tutkimuksissa raportissa Elintarvikeviraston tutkimuksia 8/1998. Helsinki.