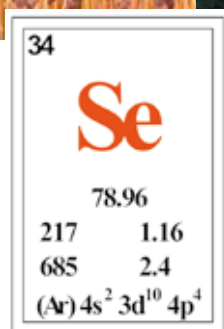
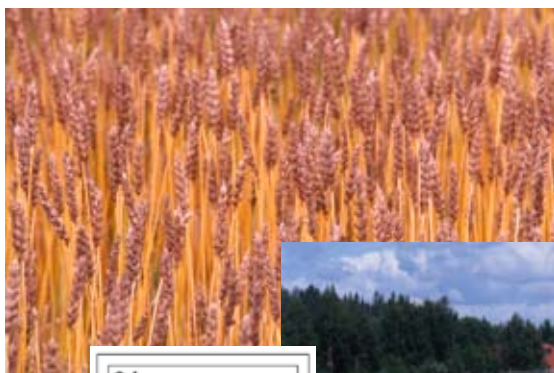


Seleenityöryhmän raportti

2008

Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm, Mirva Levonmäki,
Tarja Root, Eija-Riitta Venäläinen ja Kari Ylivainio



Maa- ja elintarviketalous numero 132

34 s.

Seleenityöryhmän raportti

2008

Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm,
Mirva Levonmäki, Tarja Root, Eija-Riitta Venäläinen
ja Kari Ylivainio

ISBN 978-952-487-194-5 (Painettu)
ISBN 978-952-487-195-2 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)
<http://www.mtt.fi/met/pdf/met132.pdf>

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietohallinto, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2008

Kannen kuva

MTT:n kuva-arkisto

Painopaikka

Tampereen Yliopistopaino Juvens Print Oy

Seleenityöryhmän raportti 2008

Merja Euroola¹⁾, Georg Alfthan²⁾, Päivi Ekholm³⁾, Mirva Levonmäki⁴⁾, Tarja Root⁴⁾,
Eija-Riitta Venäläinen⁴⁾ ja Kari Ylivainio¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾Kansanterveyslaitos, Terveyden ja toimintakyvyn osasto, Mannerheimintie 166, 00300
Helsinki, etunimi.sukunimi@ktl.fi

³⁾Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin
yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

⁴⁾Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki,
etunimi.sukunimi@evira.fi

Tiivistelmä

Suomessa on vuodesta 1984 alkaen lisätty seleeniä moniravinteisiin lannoitteisiin. Tavoitteena on ollut näin turvata kotieläinten ja väestön seleeninsaanti. Seleenilannoitus on nostanut selvästi kotimaisten elintarvikkeiden ja rehujen seleenipitoisuuksia. Niin kävi jo kasvukaudella 1985, jolloin seleenipitoiset lannoitteet olivat ensimmäistä kertaa käytössä. Seleenin määrää lannoitteissa on muutettu vuoden 1984 jälkeen kolme kertaa (1990, 1998, 2007). Muutosten taustalla ovat olleet elintarvikkeiden ja rehujen seleenipitoisuuksien sekä seleenin saannin vaihtelut. Viimeisimmän 2007 tehdyn muutoksen vaikutukset näkyvät vasta kasvukaudella 2008.

Vuonna 1998 lannoitteiden seleenipitoisuutta nostettiin kuudesta kymmeneen mg kg⁻¹, koska elintarvikkeiden seleenipitoisuudet ja sitä kautta väestön seleenin saanti ja ihmisen veren seerumin seleenipitoisuudet olivat pienentyneet. Tämän toimenpiteen vaikutuksesta rehujen, peruselintarvikkeiden ja kokoveren seleenipitoisuudet nousivat 20–50 % vuodesta 1999 vuoteen 2002. Tämä muutos ei ollut pysyvä, vaan pitoisuudet ovat tämän jälkeen laskeneet lannoitteiden käyttömäärien jatkuvasti vähentyessä.

Väestön keskimääräinen seleenisaanti on viime vuosina vakiintunut 0,065:een mg/vrk/10 MJ. Saanti on laskenut 2000-luvun alkupuolelta noin 20 %. Seleeninsaanti on yhä riittävällä ja turvallisella tasolla ja vastaa suosituksia. Tärkeimmät seleeninlähteet ovat maito ja liha, joista saadaan lähes 70 % päivittäisestä seleenistä.

Suomen olosuhteissa natriumselenaatin lisäys lannoitteisiin on osoittautunut tehokkaaksi, turvalliseksi ja edulliseksi keinoksi vaikuttaa kotieläinten ja väestön seleeninsaantiin. Systemi on myös kontrolloitavissa suunnitelmallisen ja tarkasti kohdennetun seurannan ansioista.

Avainsanat: seleeni, lannoitteet, maaperä, elintarvikkeet, vilja, maito, liha, rehu, veri, seerumi, ravinto, ravitsemus

Selenarbetsgruppens rapport 2008

Merja Euroola¹⁾, Georg Alfthan²⁾, Päivi Ekholm³⁾, Mirva Levonmäki⁴⁾, Tarja Root⁴⁾,
Eijja-Riitta Venäläinen⁴⁾ och Kari Ylivainio¹⁾

¹⁾MTT (Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi), FI-31600 Jokioinen, Finland, förnamn.efternamn@mtt.fi

²⁾Folkhälsoinstitutet, Avdelning för hälsa och funktionsförmåga, Mannerheimvägen 166, FI-00300 Helsingfors, Finland, förnamn.efternamn@ktl.fi

³⁾Helsingfors Universitet, Institutionen för tillämpad kemi och mikrobiologi, P.O. Box 27, FI-00014 Helsingfors Universitetet, Finland, förnamn.efternamn@helsinki.fi

⁴⁾Livsmedelssäkerhetsverket Evira, Mustialagatan 3, FI-00790 Helsingfors, Finland, förnamn.efternamn@evira.fi

Sammandrag

I Finland har man sedan 1984 tillsatt selen i gödsel i syfte att säkra selenintaget för både husdjur och befolkningen. Selenberikade gödslet har klart höjt selenkoncentrationen av inhemska födoämnen och foder. Förhöjningen syntes redan under växtperioden 1985 då de selenberikade gödslen togs för första gången i bruk. Mängden selen i gödsel har ändrats 3 gånger sedan 1984, dvs. 1990, 1998 och 2007. Den senaste ändringens verkan på selenhalterna framgår först under växtperioden 2008.

Selenhalten av gödslen höjdes från 6 till 10 mg/kg år 1998 för att födoämnens selenhalter och selenintaget hade klart minskat. Detta berodde på ändringen av selenmängden i gödsel från 16 till 6 mg/kg år 1990 och den minskande användningen av gödsel. Förändringen år 1998 föranledde till att selenhalterna av foder, basfödoämnen och humant blod steg från 1999 till 2002 med 20-50%. Förändringen var inte beständig och halterna har minskat i takt med den minskande gödselbrukningen.

Befolkningens selenintag har under de senaste åren uppnått nivån 0,065 mg/dag/10 MJ. Intaget har minskat från 2000-talets början med c. 20%. Selenintaget är ännu tillfredställande och tryggt och möter kraven av kostrekommendationerna för selen. De viktigaste selenkällorna är mjölk och kött vilka svarar för 70% av det dagliga selenet.

Under finska förhållanden har selenberikningen av gödsel med natriumselenat visat sig vara ett effektivt, säkert och ekonomiskt sätt att påverka selenintaget av både husdjur och människor. Systemet är kontrollerbart planmässigt och noggrant med hjälp av det på selen inriktade programmet.

Nyckelord: selen, gödsel, gödsling, jord, livsmedel, födoämnen, säd, mjölk, kött, foder, intag, blodserum, säd, cerealier

Results of the Finnish selenium monitoring program 2008

Merja Eurola¹⁾, Georg Alfthan²⁾, Päivi Ekholm³⁾, Mirva Levonmäki⁴⁾, Tarja Root⁴⁾,
Eija-Riitta Venäläinen⁴⁾ and Kari Ylivainio¹⁾,

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, FI-31600 Jokioinen, Finland, firstname.lastname@mtt.fi

²⁾ National public health institute, Department of Health and Functional Capacity,
Mannerheimintie 166, FI-00300 Helsinki, Finland, firstname.lastname@ktl.fi

³⁾ University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology, P.O. Box 27,
FI-00014 University of Helsinki, Finland, firstname.lastname@helsinki.fi

⁴⁾ Finish Food Safety Authority Evira, Mustialankatu 3, FI-00790 Helsinki, Finland,
firstname.lastname@evira.fi

Abstract

In Finland compound fertilizers have been supplemented with sodium selenate since 1984. The effects of the selenium fertilizations were significant. Selenium content of domestic foods, feeds was increased about 4 to 10-fold and human selenium intake attained an adequate level. Since 1984 the selenium content of fertilizers has been revised three times (1990, 1998, 2007). The effects of the latest revision in 2007 will be seen in the growing season 2008.

In 1998 the selenium supplementation level of fertilizers was raised from 6 to 10 mg kg⁻¹ because the lowering of the selenium supplementation level in 1990 and decreasing use of fertilizers had clearly decreased the selenium contents of foods, feeds, human blood and the dietary selenium intake. The amendment in fertilizer selenium in 1998 increased the selenium levels of basic foods, feed, whole blood and the selenium intake 20-50% during 1999-2002. Since then the selenium contents have decreased somewhat due to the continually decreasing use of fertilizer.

The average daily selenium intake has stabilized to the level of 0,065 mg/day at an energy level of 10 MJ. It has decreased about 20% from the beginning of 2000. However, the selenium intake meets well the recommendations and is considered to be a satisfactory and safe level. The most important sources of selenium are milk and meat, which contribute 70% of the total selenium intake.

In Finnish geochemical and climatic conditions the supplementation of fertilizers with sodium selenate has proved to be an effective, safe and economical way to affect the selenium intake of the population and domestic animals. The system is also systematically controlled through accurately allocated follow-up study.

Key words: selenium, fertilizer, fertilization, soil, foods, cereals, milk, meat, feeds, intake, human serum

Alkusanat

Vuonna 1983 maa- ja metsätalousministeriö nimitti seleenityöryhmän, jonka tehtävänä oli antaa toimenpidesuositus seleenin lisäämisestä yleislannoitteisiin. Tehtäviin sisältyi lisätyn seleenimäärän suunnittelu ja sen vaikutusten seuranta koko elintarvikeketjussa maaperästä aina ihmisten seleenin saantiin. Seleenin lisääminen lannoitteisiin aloitettiin heinäkuun alusta 1984 ja ensimmäistä kertaa lannoitus oli käytössä kasvukaudella 1985. Käytännössä toimenpiteen on toteuttanut Kemira GrowHow (Yara Suomi Oy) kehittämällä lannoitteiden seleeninlisäysprosessin. Nykyisin seleeniseuranta tekevät organisaatiot ovat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT), Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira), Kansanterveyslaitos (KTL) ja Helsingin yliopiston maatalousmetsätieteellinen tiedekunta. Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalaan kuuluvat laitokset osallistuvat seurantaan omalla budjettirahoituksellaan. Seurannan koordinaattorina on vuodesta 1998 toiminut MTT.

Seleenityöryhmän päätehtävänä on seleenilisäyksen vaikutusten seuranta ja toimenpidesuosituksen antaminen seurantatulosten perusteella. Lisäksi ryhmä seuraa aktiivisesti alan kotimaista ja kansainvälistä tutkimusta. Työryhmä on julkaissut jatkuvasti seurantaraportteja 25-vuotisen toimintansa aikana. Seleenityöryhmän kokoonpano vuonna 2008:

Georg Alfthan, Kansanterveyslaitos

Päivi Ekholm, Helsingin yliopisto

Merja Eurola, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Veli Hietaniemi, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Titta Pasanen tai Mirva Levonmäki, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira

Leena Ristimäki, Yara Suomi Oy

Tarja Root, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira

Pirjo Salminen, Maa- ja metsätalousministeriö

Eija-Riitta Venäläinen, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira

Kari Ylivainio, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

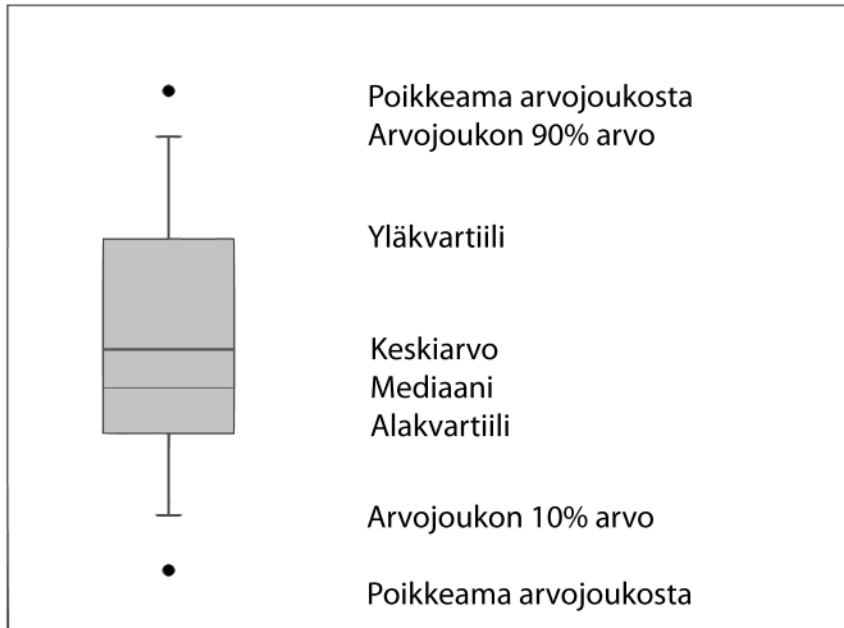
Kiitämme niitä henkilöitä ja yrityksiä, jotka ovat vapaaehtoisesti olleet mukana seleeniseurannan toteuttamisessa. Henkilöt Helsingistä ja Leppävirralta ovat vuosittain käyneet antamassa verinäytteen seleenianalyysiin. Oy Karl Fazer Ab, Raisio Oyj, Helsingin Mylly Oy ovat toimittaneet säännöllisesti näytteitä tutkimukseen. Viljavuuspalvelu Oy on luovuttanut viljelymaanäytteistä tehtyjen seleenimääritysten tulokset työryhmän käyttöön. Lämpimät kiitokset myös seurantaan osallistuvien organisaatioiden laboratoriohenkilöstölle arvokkaasta työstä seleenianalyyysien parissa.

Seleenityöryhmä

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	9
2	Aineisto ja menetelmät	9
3	Tulokset ja tulosten tarkastelu	11
3.1	Lannoitteiden seleenipitoisuus ja valvonta	11
3.2	Viljelymaan seleenipitoisuus	11
3.3	Seleeni eläinten ruokinnassa ja rehuissa.....	13
3.3.1	Eläinten seleenin tarve.....	13
3.3.2	Seleeni rehuissa	14
3.4	Elintarvikkeiden seleenipitoisuus	16
3.4.1	Vilja, jauho ja leipä.....	17
3.4.2	Maito, juusto ja kananmuna.....	23
3.4.3	Liha ja maksa.....	25
3.4.4	Kala.....	26
3.4.5	Kasvikset	26
3.5	Seleenin saanti	28
3.6	Ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuus.....	29
4	Johtopäätökset.....	31
5	Kirjallisuus.....	32

Boxplot-esityksen selitys



1 Johdanto

Geokemiallisten ja ilmastollisten tekijöiden vuoksi kasveille käyttökelpoisen seleenin määrä Suomen viljelymaissa on pieni. Jo 1960-luvulla todettiin kotieläimillä seleeninpuutostauteja, joita pystyttiin hoitamaan seleenin ja E-vitamiinin avulla. 1970-luvulla todettiin myös kotimaisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksien olevan pieniä ja väestön seleeninsaanti ($0,030 \text{ mg vrk}^{-1}$) oli selvästi alle suositusarvojen. Heräsi huoli kotimaisten elintarvikkeiden laadusta ja mahdollisen seleeninpuutteen aiheuttamista kansanterveydellisistä vaikutuksista.

Suomessa on vuodesta 1984 alkaen lisätty seleeniä moniravinteisiin lannoitteisiin, tavoitteena turvata kotieläinten ja väestön seleeninsaanti. Toimenpiteellä on onnistuttu nostamaan kotimaisten elintarvikkeiden seleenipitoisuutta ja väestön seleeninsaantia merkittävästi. Tässä seleeniryhmän raportissa esitetään yleisesti seleeniseurannan tuloksia 25 vuoden ajalta sekä yksityiskohtaisia tuloksia viime vuosilta.

Seleenin lisääminen ei ole sallittua luomutuotannossa käytettäviin lannoitteisiin. Useissa tutkimuksissa on todettu, että luomutuotettujen rehujen ja elintarvikkeiden seleenipitoisuudet ovat selvästi pienempiä kuin vastaavissa tavanomaisissa tuotteissa (Eurola ym. 2003a, b, Eurola ym. 2004). Kotieläintuotannossa tämä voi joissain tapauksissa johtaa eläinten liian pieneen seleenisaantiin. Vuosina 2001–2002 MTT:ssa tutkittiin kotimaisten luomutuotettujen elintarvikkeiden seleenipitoisuuksia ja niiden käytön vaikutusta seleenisaantiin. Osa näistä tuloksista on julkaistu tässä raportissa.

2 Aineisto ja menetelmät

Seleenilannoituksen vaikutusta, maan, rehujen, elintarvikkeiden ja ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuuksiin on seurattu säännöllisesti vuosittain eri organisaatioiden toimesta. Organisaatioiden välinen työjako näytteiden oton ja analysoinnin osalta on seuraava:

- Kansanterveyslaitos, KTL: ihmisen veri ja seerumi
- Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, MTT: viljat ja viljatuotteet, maito ja maitotuotteet, kasvikset, kala
- Elintarviketurvallisuusvirasto, Evira: liha ja sisäelimet, rehut, lannoitteet
- Viljavuuspalvelu Oy: maa

Jokainen seleeniseurantaan organisaatio on kerännyt näytteet itsenäisesti oman näytteenottosuunnitelmansa mukaisesti ja analysoinut seleenin tavanomaisella

menetelmällään. Viljavuuspalvelu Oy on toimittanut seurantaryhmän käyttöön viljelymaiden seleeniä koskevaa tulosaineistoa.

Säilörehu- ja rehuseosnäytteet. Rehunäytteet on pääsääntöisesti otettu Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen (KTTK), nykyisin Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran rehuvalvonnan Näytteenotto rehuista -ohjeen mukaisesti. Ohje perustuu direktiiviin 76/371/ETY ja maa- ja metsätalousministeriön asetukseen nro 3/06 rehujen valvonnan järjestämisestä. Näytteenottajat ovat KTTK:n/Eviran valtuuttamia tarkastajia tai tutkimuslaitosten henkilökuntaa. Rehujen seleenipitoisuudet on analysoitu KTTK:ssa/Evirassa.

Viljat ja jauhot. Jauhot ja viljojen siilonäytteet on saatu suurimmilta kauppamylyiltä: Oy Karl Fazer Ab, Raisio Oyj, ja Helsingin Mylly Oy. Jauhonäytteet on otettu joka kolmas kuukausi suoraan myllyjen tuotantolinjalta. Tilakohtaiset viljanäytteet on kerätty KTTK:n/Eviran kotimaisen viljasadon laadun seuranta-aineistosta. Vehnän osalta seurantaan on valittu leipäviljan laatuksia täyttäviä näytteitä. Muiden viljojen kohdalla ei ole eroteltu leipä- ja rehuviljaa.

Leipä, maito, juusto, kala, kasvikset. Leipä, maito, juusto ja silakkanäytteet on kerätty neljä kertaa vuodessa, joka kolmas kuukausi kahdeksasta vähittäismyymälästä, jotka edustavat eri kaupparyhmittymiä. Näytteet on yhdistetty kaupparyhmittäin siten, että analysoitavia näytteitä on ollut neljä näytettä/elintarvike/näytteenottokerta. Vuodesta 2006 lähtien näytteitä on otettu kuudesta vähittäismyymälästä ja niitä ei ole yhdistetty (= kuusi näytettä/elintarvike/näytteenottokerta). Kirjolohi, peruna ja valkokaalinäytteet kerätään kerran vuodessa. Satunnaisesti on kerätty myös muita kuin em. elintarvikenäytteitä.

Liha ja maksa. Liha- ja maksanäytteet on analysoitu kansalliseen vierasainevalvontaan tulleista teurastamonäytteistä. Näytteitä on tullut kuukausittaisen ohjelman mukaisesti n. 20 eri teurastamosta ympäri Suomen. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira (1.5.2006 saakka Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitos EELA) on huolehtinut näytteenottotarvikkeiden ja ohjeiden lähettämisestä näytteiden ottajille. Näytteet hajotettiin mikroaaltouunihajotuksella ja analysointiin atomiabsorptiospektrometrisesti hydridimenetelmällä. Seleeni on analysoitu noin vuosittain 120 näytteestä (30 naudan lihaa, 30 naudan maksaa, 30 sian lihaa ja 30 sian maksaa).

Veri ja seerumi. Ihmisen veri- ja seeruminäytteet on otettu systemaattisesti vuoden 1984 jälkeen. Maaseutuväestöä edustaa seurantaryhmä Leppävirralla (35–45 samaa henkilöä) ja kaupunkilaisia Helsingissä (30–35 henkilöä). Vuosittaisen verinäytteenoton yhteydessä on henkilöiltä kysytty erityisruokavalioidista ja varmistettu, että seleeniä sisältäviä ravintovalmisteita ei käytetä säännöllisesti.

3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 Lannoitteiden seleenipitoisuus ja valvonta

Maa- ja metsätalousministeriö päättää lannoitteisiin lisätyn seleenin määrän. Vuoden 1984 jälkeen seleenin määrää on muutettu kolme kertaa:

1984–1990	6 mg kg ⁻¹ nurmen lannoitteet 16 mg kg ⁻¹ viljan lannoitteet
1990–1998	6 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet
1998–2007	10 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet
2007–	15 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet, poikkeustapaukset 25 mg kg ⁻¹

MMM:n lannoitevalmisteasetuksen (12/07) mukaan poikkeavan seleenimäärän sisältäviä lannoitteita saa myydä kotieläintiloille ja lantaa vastaanottaville tiloille nurmen ja viljan täydennyslannoitukseen, kun pääasiallisena lannoitteena käytetään lantaa.

Viimeisimmän muutoksen taustalla on lannoitteiden käytön jatkuva väheneminen. Ympäristöehdot ja fosforin käyttörajoitukset ovat selvästi vähentäneet moniravinteisten lannoitteiden käyttöä, mikä pienentää peltohehtaarille tulevaa seleenimäärää.

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira on valvonut lannoitevalmisteiden seleenipitoisuuksia satunnaisesti. Valvontatulosten mukaan tuoteselostetiedot pitävät hyvin paikkansa ja poikkeamat ovat vähäisiä. Ammattikäyttöön Se-lannoitteita saattaa markkinoille vain yksi valmistaja, joka valvoo tuotteiden laatua myös itse Eviralle esitetyn omavalvontasuunnitelman mukaisesti.

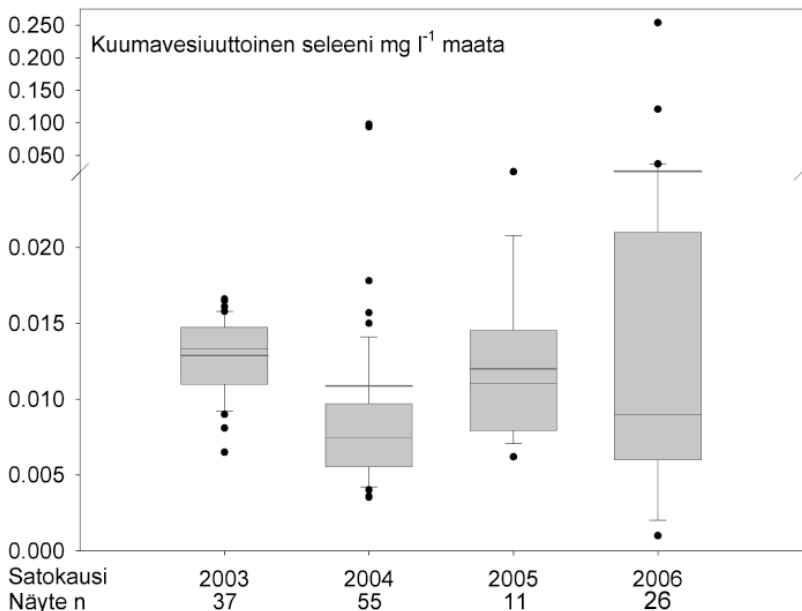
3.2 Viljelymaan seleenipitoisuus

Suomen maaperän seleenipitoisuus on alhainen. Viljelykasvien seleenipitoisuuden kohottamiseksi, ja sitä kautta ihmisten ja eläinten seleeninsaannin turvaamiseksi, lannoitteiden seleenilisäys aloitettiin vuonna 1984. Maan kokonaisseleenipitoisuus oli keskimäärin 0,2 mg kg⁻¹ ennen lannoitteiden seleenilisäystä (Sippola 1979), mikä vastaa muokkauskerroksen seleenipitoisuutena noin 500 g ha⁻¹. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa suoritetussa tutkimuksessa selvitettiin vuosien 1992-2004 välisenä aikana lannoitteissa maahan lisätyn ja sadon mukana poistuneen seleenin määriä kaikkiaan 48 peltolohkolta (Yli-Halla 2005). Kyseisenä aikana peltolohkoille lisättiin seleeniä keskimäärin 37 g ha⁻¹ ja seleenitase eli lannoitteissa lisätyn ja sadoissa poistuneen seleenimäärän erotus oli keskimäärin 8% maan kokonaisseleenipitoisuudesta muokkauskerroksessa. Kuitenkaan tätä seleenimäärän kasvua ei voitu osoittaa kuningasvesiuutossa, mikä kuvastaa maan kokonaisseleenipitoisuutta. Tutkimus

osoitti, että maan heterogeenisyydestä johtuen lannoitteissa maahan lisättyä seleenimäärää oli vaikea osoittaa näin lyhyellä tutkimusajalla.

Suomen ilmastosta ja maaperän ominaisuuksista johtuen kasveille käyttökelpoisen seleenin pitoisuus on alhainen. Suomessa kasveille käyttökelpoinen seleenipitoisuus maassa analysoidaan kuumavesiuutolla. Maan kokonaisseleenipitoisuudesta kuumavesiuutolla on todettu uuttuvan keskimäärin 4% (Yläranta 1985). Viljavuuspalvelussa viljelysmaiden seleenipitoisuus analysoitiin kuumavesiuutolla 129 maanäytteestä vuosina 2003-2006. Kaikkien näytteiden keskiarvo ja keskihajonta oli $0,014 \pm 0,026 \text{ mg l}^{-1}$. Kuvassa 1 on esitetty seleenipitoisuuden jakautuminen eri vuosina otetuissa maanäytteissä. Vuonna 2003 seleenipitoisuus analysoitiin 37:stä maanäytteestä ja vuosina 2004, 2005 ja 2006 vastaavasti 55, 11 ja 26 maanäytteestä. Vuosina 2003, 2004 ja 2005 viljelysmaiden seleenipitoisuudet olivat 0,013, 0,011 ja 0,012 mg l^{-1} maata. Vuoden 2006 maanäytteiden seleenipitoisuuden keskiarvo oli 0,025 mg l^{-1} . Kasvanut pitoisuus edellisiin vuosiin verrattuna johtui kahdesta maanäytteestä, joiden pitoisuudet olivat 0,121 ja 0,254 mg l^{-1} . Ilman näitä pitoisuuksia keskiarvo oli 0,012 mg l^{-1} vuonna 2006 ja $0,012 \pm 0,012 \text{ mg l}^{-1}$ vuosina 2003-2006.

Suomalaisten viljelysmaiden kuumavesiuuttoinen seleenipitoisuus on pysynyt samalla tasolla kuin vuonna 1990 ($n = 450$, $0,006 \text{ mg l}^{-1}$, MMM 1994) ja 1998



Kuva 1. Seleenipitoisuudet Viljavuuspalvelun analysoiduissa maanäytteissä vuosina 2003–2006.

($n = 705$, $0,010 \pm 0,005 \text{ mg l}^{-1}$, Mäkelä-Kurtto ja Sippola, 2002) analysoiduissa maanäytteissä. Ennen lannoitteiden seleenilisäystä viljelysmaiden liukoinen seleenipitoisuus oli $0,011 \text{ mg l}^{-1}$ ($n = 250$, Sippola 1979).

3.3 Seleeni eläinten ruokinnassa ja rehuissa

3.3.1 Eläinten seleenin tarve

Seleenin merkitys eläinten ravitsemuksessa havaittiin ensimmäisen kerran 1950-luvulla, kun osoitettiin, että suurin osa lampaan ja naudan lihassairauksista sekä kananpoikasten tulehdusalttius pystyttiin ehkäisemään lisäämällä Se tai E-vitamiinia rehuannokseen (McDonald ym. 1985). Seleeni on osana glutationiperoksidaasimolekyylä, mikä selittää sen vuorovaikutuksen E-vitamiinin ja rikkipitoisten aminohappojen kanssa. Seleenin tarpeen ja haitallisuuden välinen ero on kuitenkin kapea, koska seleeni on suurina määrinä myrkyllinen aine. Siksi seleenin kokonaismäärää eläinten ravitsemuksessa on seurattava jatkuvasti.

Seleeni on osallisena elimistön tärkeissä toiminnoissa ja on välttämätön kaikkien eläinten kasvulle ja lisääntymiselle. Seleenin ravitsemuksellinen tarve vaihtelee eläinlajien välillä riippuen niiden ruuansulatusjärjestelmästä ja tuotannosta. Eläinlajikohtainen seleenin vähimmäistarve vaihtelee pääasiassa sen mukaan, missä kemiallisessa muodossa se nautitaan ja mikä on ravinnon koostumus, erityisesti sen E-vitamiinipitoisuus (Underwood & Suttle 1999).

Huolimatta siitä, että seleenin ravitsemuksellinen käyttökelpoisuus elimistössä vaihtelee valittujen kriteereiden, populaation ja yksilöiden mukaan, on osoitettu, että epäorgaanisen seleenin, useimmiten seleniitinä, yleinen käyttökelpoisuus on alhaisempi kuin orgaanisen seleenin (Mutanen 1986). Kun eläinten seleenin tarvetta määritetään, on E-vitamiinin saannin oletettava olevan normaali, koska E-vitamiinin puutos lisää seleenin tarvetta.

Seleeni näyttää imeytyvän märehitjoiden ruuansulatuskanavasta tehottomammin ja vaihtelevammin verrattuna ei-märehitjiin. Pötsimikrobit muuttavat seleenin käyttökeltvottomaan muotoon (McDowell 1992) ja vain yksi kolmasosa epäorgaanisesta seleenistä imeytyy. Seleenin näennäisen imeytymisen on osoitettu olevan suurempi väkirehu- kuin sinimailasheinäruokinnalla (52,8 vs. 41,8 %) (Koenig ym. 1997).

Lampaiden rehun syönti on elopainokiloa kohti suurempaa kuin nautojen, mikä voi saada aikaan antioksidanttipuolustuksen lisääntymisen ja sitä kautta johtaa suurempaan seleenin tarpeeseen. Lampaiden villan tuotanto vaikuttaa seleenin tarpeeseen (Wilkins ym. 1982).

Suomessa seleenisuositus on naudoille 0,1 mg kg⁻¹ rehun kuiva-ainetta (ka.), si-
oille 0,2 mg kg⁻¹ ka, siipikarjalle 0,1–0,2 mg kg⁻¹ ka ja turkiseläimille 0,6–0,9
mg kg⁻¹ ka (MTT 2006). Lehmien korkea maidontuotanto lisää seleenin tarvet-
ta (Underwood & Suttle, 1999).

Norjassa kirjolohen seleenitarpeen on osoitettu olevan 0,15–0,38 mg kg⁻¹ ka.

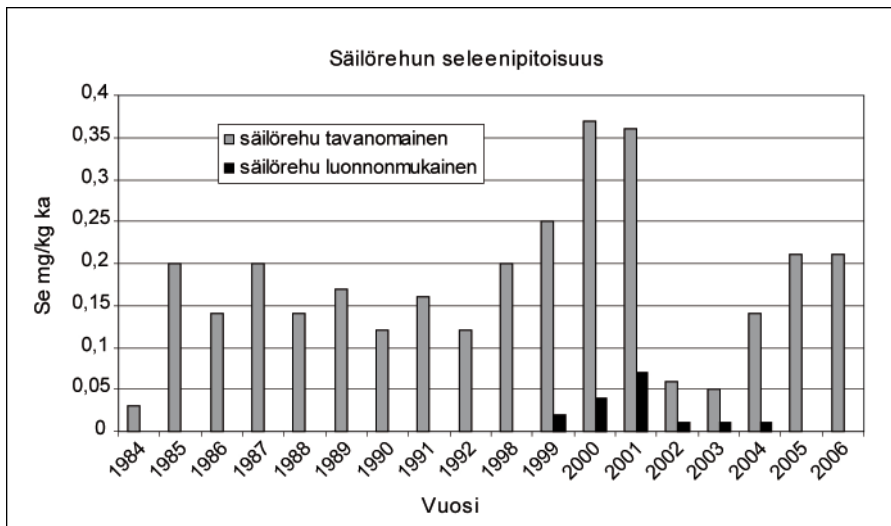
3.3.2 Seleenin rehuissa

Seleenin määrä kasviperäisissä rehuissa vaihtelee paljon kasvilajin, kasvin
osan, kasvukauden ja peltomaan mukaan (Underwood & Suttle, 1999). Suo-
messa maaperän seleenipitoisuuden tiedetään olevan alhainen, mutta sen lisäk-
si sääolosuhteista ja geokemiallisista syistä johtuen kasvien seleenin saatavuus
on rajallinen (Yläranta 1985). Tämä heijastuu suoraan rehuihin (ja elintarvik-
keisiin). Suomessa lannoitteisiin vuodesta 1984 lähtien lisätty natriumselenaat-
ti on nostanut rehuaineiden seleenipitoisuutta keskimäärin 0,02 mg kg⁻¹ ka:ta
0,2 mg kg⁻¹ ka:een (Eurola ym. 2003). Tämän seurauksena eläimistä saatavien
elintarvikkeiden seleenipitoisuus on noussut ja ihmisten seleenitarve saadaan
paremmin tyydytettyä.

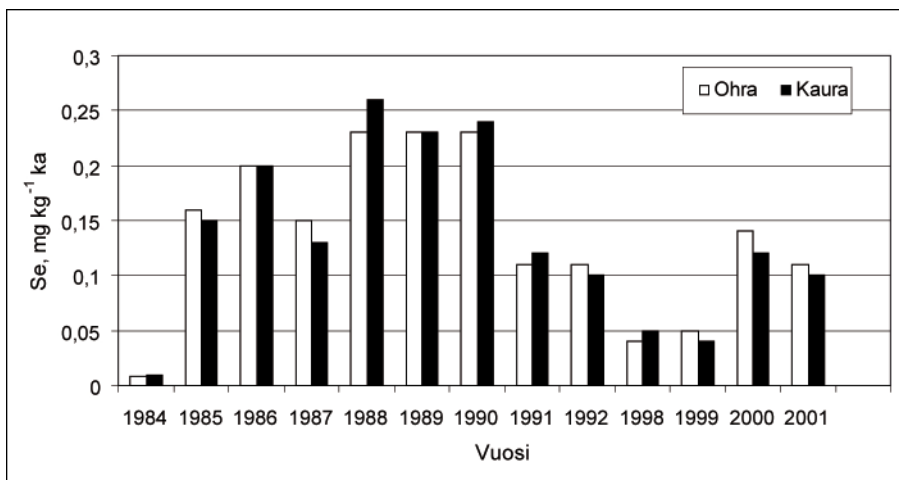
Vähemmän kuin 0,5 mg Se kg⁻¹ sisältävillä peltomailla tuotetut viljat ja lait-
met sisältävät todennäköisesti riittämättömästi seleeniä (<0,05 mg kg⁻¹ ka). Se-
leeni on kasvi- ja eläinperäisissä rehuaineissa pääasiassa orgaanisena valkuai-
seen sitoutuneena selenometioniinina ja peninä määrinä selenokysteiininä ja
seleniittinä (Underwood & Suttle, 1999).

Karkearehujen luontainen seleenipitoisuus vaihtelee etupäässä maan seleeni-
pitoisuuden mukaan. Suomalaisen seleeniseurantaohjelman mukaan nurmisäi-
lörehu sisälsi keskimäärin 0,2 mg Se kg⁻¹ ka (0,12–0,37) vuosina 1985–2006.
Vuonna 1984 säilörehun Se-pitoisuus oli 0,03 mg Se kg⁻¹ ka (Kuva 2). Luon-
nonmukaisesti tuotettu nurmisäilörehu sisälsi lähes 10 kertaa vähemmän se-
leeniä kuin tavanomaisesti tuotettu rehu (Evisa 2006). Kevätsadon säilörehut
näyttävät sisältävän enemmän seleeniä kuin kesä- ja syyssadon rehut. Palko-
kasvien seleenipitoisuus on yleensä pienempi kuin nurmikasvien (Underwood
& Suttle 1999).

Vehnä voi sisältää enemmän seleeniä kuin ohra ja kaura (Miltimore ym. 1975).
Suomessa ohran ja kauran seleenipitoisuuden vaihtelu on 1990-luvun alusta läh-
tien tasaantunut keskimäärin välille 0,10–0,14 mg kg⁻¹ ka (Eurola ym. 2003)
(Kuva 3). Viljojen viime vuosien seleenipitoisuuksista kerrotaan tämän rapor-
tin kappaleessa 3.4.1.



Kuva 2. Säilörehun seleenipitoisuus Suomessa vuosina 1984–2006 (Root 2006, 2008).



Kuva 3. Ohran ja kauran seleenipitoisuus Suomessa vuosina 1984–2001 (Root 2005). Aineisto on kerätty seleeniryhmän raporteista.

Eläimistä saatavista rehuista parhaimpia seleeninlähteitä ovat ne, jotka ovat peräisin vesiympäristöstä. Lohi- ja sillijauhojen on todettu sisältävän runsaasti seleeniä (1,9 mg Se kg⁻¹ ka) (Miltimore ym. 1975). Tonnikalajauho voi sisältää vieläkin suurempia määriä seleeniä (5,1 ja 6,2 mg Se kg⁻¹ ka) (Scott & Thompson 1971). Euroopan Unionin (EU) komission asetukseen (EY) N:o 1234/2003 mukaan kalajauho ei ole sallittu rehuaine märehitjoiden ruokinnassa, mutta se on edelleen sallittu muille elintarviketuotantoeläimille ja tarjoaa hyvän valkuaisen ja seleenin lähteen sioille ja siipikarjalle sekä turkiseläimille.

Eläinten rehuihin voidaan lisätä sekä epäorgaanista (natriumseleniitti, natriumselenaatti) että orgaanista (seleenihiiva) seleeniä rehun lisäaineena. Seleenin korkein sallittu määrä täysrehussa tai päiväannoksessa on $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ 12 % kosteutta sisältävää rehua. Määrää koostuu sekä rehuaineiden luonnostaan sisältämästä seleenistä että lisätystä seleenistä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus N:o 43/2005).

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira (aikaisemmin Kasvintuotannon tarkastuskeskus KTTK) valvoo teollisesti valmistettuja rehuja. Vuosina 2000–2001 36 % rehunäytteistä, joista analysoitiin seleenipitoisuus, ylitti rehussa sallitun seleenin enimmäismäärän (Eurola ym. 2003). Vuonna 2005 ylityksiä oli 6 %:ssa näytteistä ja 12 %:ssa näytteistä analyysitulokset poikkesi tuoteselosteessa ilmoitetusta seleenipitoisuudesta (KTTK 2005, 2006). Vuonna 2006 vastaavat luvut olivat 17 ja 14 %. (Evira 2006, 2007). Vuonna 2007 seleenipitoisuus analysoitiin yhteensä 65 rehuseosnäytteestä, joista kahdeksan (12 %) tulos poikkesi tuoteselosteessa ilmoitetusta ja kahden (3 %) tulos ylitti rehuissa sallitun enimmäismäärän (Evira 2007, 2008). Suurin osa kaikista sallitun enimmäisrajan ylittäneistä arvoista todettiin kalojen rehuseoksista, jotka eivät sisältäneet lisättyä seleeniä, vaan sisältävät luonnostaan runsaasti seleeniä. Tuoteselostearvopoikkeamia oli eniten kivennäisrehuseoksissa.

Vuonna 2005 (MMM:n nro 43/2005) poistui kansallisesta lainsäädännöstä seleeniä sisältäville kivennäisrehuseoksille annettu suurin sallittu seleenipitoisuus 20 mg kg^{-1} rehua (12 % kosteus). Tämä ei silti ole johtanut kivennäisrehuseosten aikaisempaa suurempiin seleenipitoisuuksiin, mutta joitakin runsaasti seleeniä sisältäviä täydennysrehuja on tullut markkinoille.

3.4 Elintarvikkeiden seleenipitoisuus

Seleenilannoitus on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi vaikuttaa elintarvikkeiden seleenipitoisuuksiin. Monien maataloustuotteiden seleenipitoisuudet ovat lannoituksen vaikutuksesta 5-20 kertaa suurempia kuin 1970-luvulla ennen lannoituksen aloittamista (Taulukko 1). Myös joidenkin luomutuotettujen eläinperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuudet ovat nykyisin suurempia kuin ennen seleenilannoitusta. Syynä on kaupallisten seleeniä sisältävien rehujen käyttö. Luomutuotetuissa kasvisperäisissä elintarvikkeissa seleenipitoisuudet ovat 1970-luvun tasolla. Seuraavissa viidessä kappaleessa esitetään yksityiskohtaisemmin seleeniseurannan tuloksia eri elintarvikeryhmien osalta.

Taulukko 1. Tavanomaisesti tuotettujen ja luomuelintarvikkeiden seleenipitoisuuksia Suomessa vuosina 1975–1977 ja 2000–2001.

Elintarvike	Keskimääräinen seleenipitoisuus mg kg ⁻¹ ka					
	n	1975/77*	n	2000-2007	n	Luomu 2001-2002
Kulutusmaito, 3,5% rasvaa	19	0,02	154	0,200 ± 0,026	-	-
Kevytmaito, 1,5% rasvaa	-	-	158	0,240 ± 0,029	44	0,110 ± 0,017
Juusto, Edam 40% rasvaa	5	0,07	165	0,370 ± 0,045	18	0,150 ± 0,020
Kananmuna	4	0,41	152	1,020 ± 0,130	33	1,010 ± 0,200
Ruisleipä	7	0,02	202	0,065 ± 0,023	46	0,021 ± 0,010
Ruisjauho	10	0,01	79	0,054 ± 0,032	34	0,013 ± 0,012
Vehnäleipä	5	0,01	161	0,110 ± 0,026	42	0,036 ± 0,023
Vehnäjauho	9	0,02	94	0,110 ± 0,023	38	0,017 ± 0,015
Kaurahiutale	8	0,01	16	0,130 ± 0,052	37	0,017 ± 0,029
Peruna	20	<0,01	38	0,036 ± 0,016	32	<0,010 ± 0,002
Porkkana	5	<0,01	10	0,015 ± 0,008	27	<0,010 ± 0,005
Valkokaali	5	<0,01	38	0,200 ± 0,180	11	0,013 ± 0,012
Parsakaali	4	<0,01	6	0,300 ± 0,250	8	0,023 ± 0,025
Kirjalohti	5	0,76	38	0,570 ± 0,120	-	-
Silakka	3	0,83	151	0,800 ± 0,190	-	-

* Koivistoinen 1980

3.4.1 Vilja, jauho ja leipä

Seleenilannoitus on nostanut viljojen seleenipitoisuuksia selvästi (Taulukko 2). Kauppamylyjen siiloista otettujen kevätvehnänäytteiden seleenipitoisuudet ovat 2000-luvulla (lannoitteiden seleenitaso 10 mg kg⁻¹) vaihdelleet välillä 0,093–0,200 mg kg⁻¹ ka. Pitoisuudet ovat yli kymmenkertaisia verrattuna ennen seleenilannoitusta oleviin pitoisuuksiin. Syysviljojen seleenipitoisuudet ovat hieman pienempiä kuin kevätviljoilla johtuen erilaisesta viljelytavasta ja lannoituskäytännöstä. Toisaalta seleenin lisääminen typpilannoitteeseen vuonna 1996 on nostanut myös syysviljojen seleenipitoisuuksia kolmanneksella.

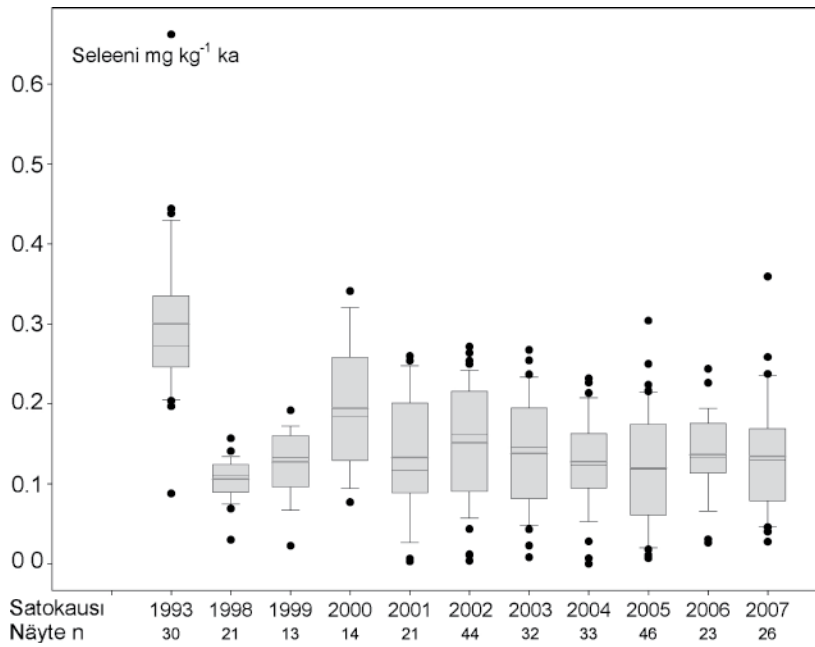
Tilakohtaisten viljanäytteiden keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin siilonäytteissä, mutta vaihtelu on suurta <0,005–0,250 mg kg⁻¹ ka (Kuvat 4–8). Suurimmat seleenipitoisuudet ovat löytyneet kevätviljoista, joille seleeniä sisältäviä lannoitteita on levitetty vähintään 350 kg ha⁻¹. Viljojen pienien seleenipitoisuuksien taustalla on ulkomailta tuotujen seleenitömien lannoitteiden käyttö tai karjanlannan käyttö, jolloin moniravinteisia lannoitteiden käyttömäärät ovat olleet varsin pieniä. Mäkelä-Kurtto ym. 2007 ovat

tutkineet karjanlannan seleenipitoisuuksia viidellä maitotilalla. Keskimääräinen pitoisuus naudan lietalannassa oli 1,05 mg kg⁻¹ ka, vaihteluväli 0,04–1,80 mg kg⁻¹ ka. Em. tulosten pohjalta näyttäisi siltä, että karjanlannan mukana seleeniä tulee viljelymaihin selvästi vähemmän kuin moniravinteisten lannoitteiden kautta. Myöskään seleenin kemiallisia muotoja lannassa ei ole tutkittu. On todennäköistä, että se ei ole kasveille käyttökelpoisessa muodossa.

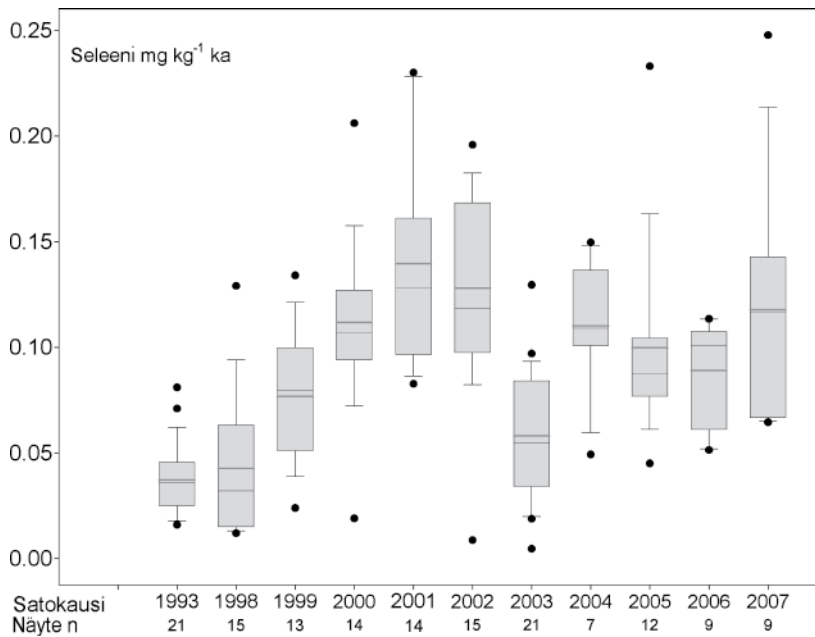
Taulukko 2. Kotimaisen leipäviljan (ruis ja vehnä) seleenipitoisuudet kaupallisten myllyjen siilonäytteissä sekä viljojen laatuseurannan tilanäytteissä.

Vuosi	Seleenipitoisuus mg kg ⁻¹ ka					
	n	Kevätvehnä	n	Syysvehnä	n	Ruis
Siilonäytteet						
1984*	12	0,012 ± 0,007			10	0,009 ± 0,003
1998	3	0,076 ± 0,011	3	0,052 ± 0,010	2	0,066 ± 0,000
1999	4	0,130 ± 0,010	2	0,097 ± 0,025	1	0,12
2000	3	0,160 ± 0,014	2	0,130 ± 0,008	2	0,110 ± 0,006
2001	4	0,160 ± 0,050	3	0,091 ± 0,022	3	0,130 ± 0,027
2002	3	0,180 ± 0,034	3	0,100 ± 0,010	2	0,070 ± 0,023
2003	3	0,120 ± 0,008	3	0,085 ± 0,007	2	0,075 ± 0,005
2004	3	0,140 ± 0,035	2	0,076 ± 0,051	2	0,092 ± 0,029
2006	3	0,160 ± 0,022	3	0,092 ± 0,007	3	0,075 ± 0,021
2007	2	0,180	2	0,130	2	0,081
Tilanäytteet						
1999	13	0,150 ± 0,021	13	0,120 ± 0,015	22	0,130 ± 0,083
2000	14	0,190 ± 0,082	14	0,110 ± 0,042	12	0,110 ± 0,048
2001	21	0,130 ± 0,080	14	0,140 ± 0,051	15	0,084 ± 0,063
2002	44	0,150 ± 0,075	15	0,130 ± 0,059	20	0,072 ± 0,057
2003	32	0,140 ± 0,070	21	0,058 ± 0,032	27	0,079 ± 0,042
2004	33	0,130 ± 0,050	7	0,110 ± 0,033	14	0,074 ± 0,032
2005	46	0,120 ± 0,071	12	0,100 ± 0,047	21	0,074 ± 0,047
2006	23	0,180 ± 0,050	9	0,089 ± 0,026	19	0,067 ± 0,042
2007	26	0,130 ± 0,076	9	0,120 ± 0,060	18	0,071 ± 0,051

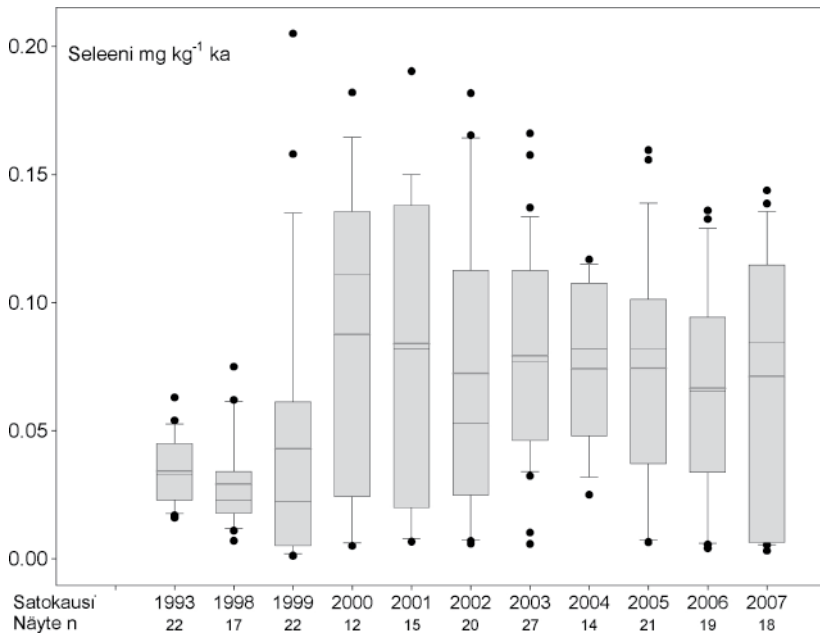
* Maa- ja metsätalousministeriö 1994



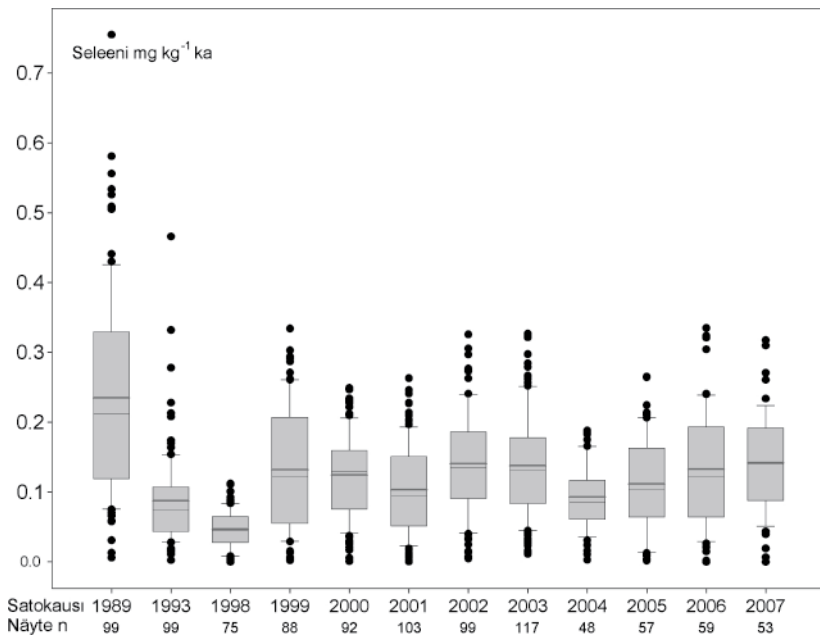
Kuva 4. Kevätvehnän seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1993 ja 1998–2007.



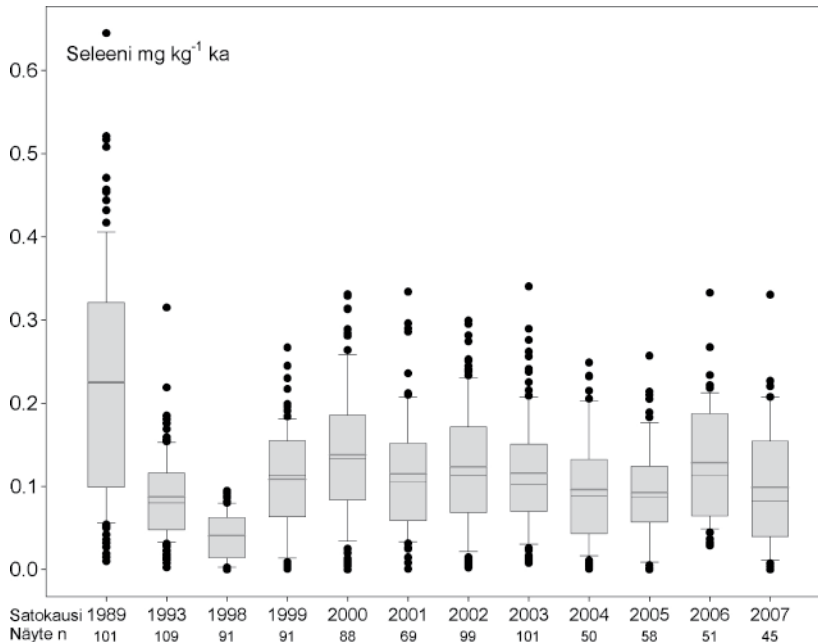
Kuva 5. Syysvehnän seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1993 ja 1998–2007.



Kuva 6. Rukiin seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1993 ja 1998–2007.



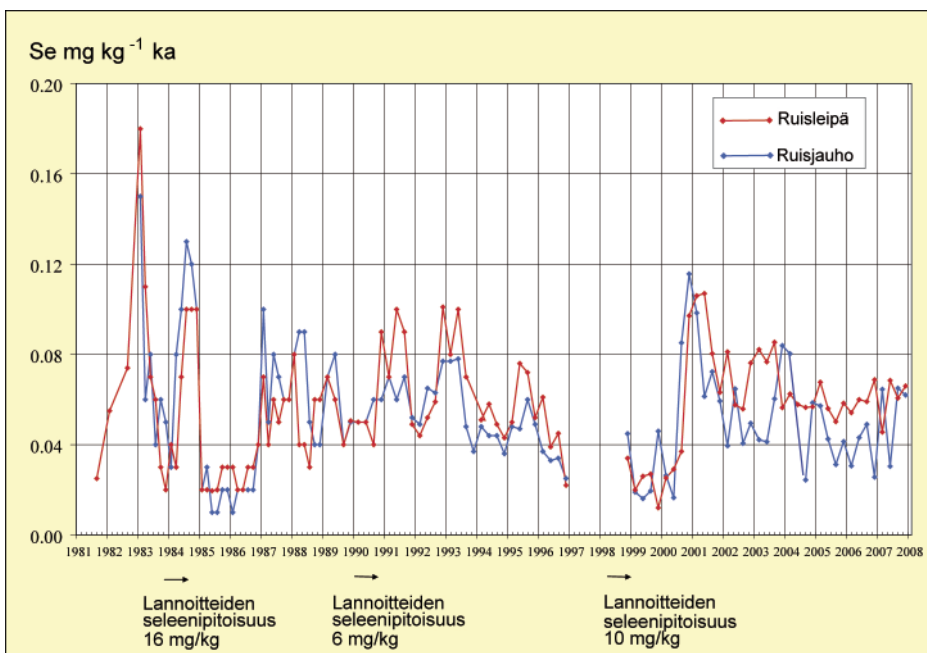
Kuva 7. Kauran seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1993 ja 1998–2007.



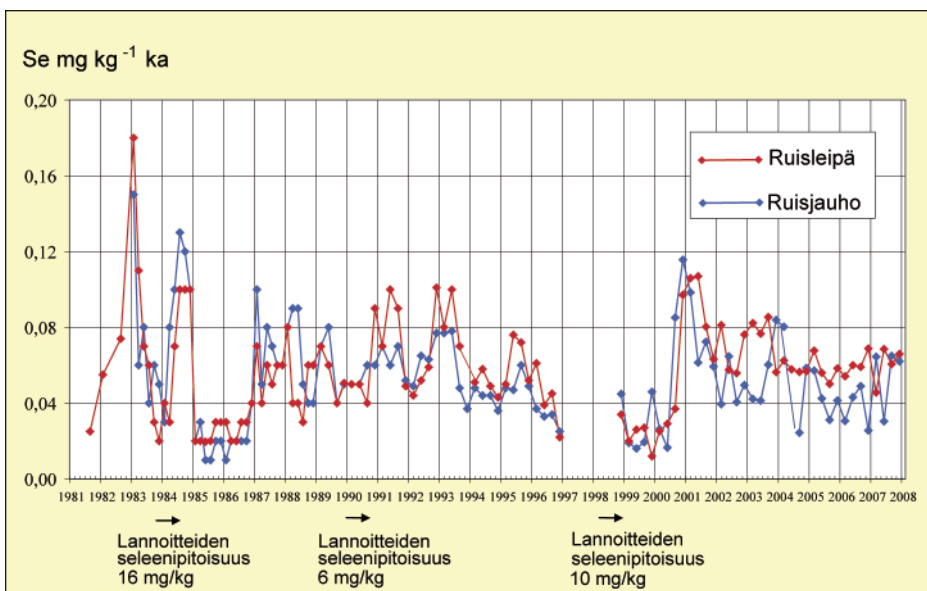
Kuva 8. Ohran seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1993 ja 1998–2007.

Vehnäjauhon ja -leivän seleenipitoisuudet nousivat 2000-luvun alussa selvästi seleenilannoituksen kasvaessa kuudesta kymmeneen mg kg^{-1} ja ovat sen jälkeen pysytelleet keskimäärin tasolla $0,130 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ka}$ (Kuva 9). Ruisjauhon ja -leivän seleenipitoisuudet ovat olleet keskimäärin tasolla $0,060 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kuva 10). Jauhojen ja leipien seleenipitoisuuksiin vaikuttaa voimakkaasti leipäviljan alkuperä. Kotimaisen viljan seleenipitoisuudet ovat yleensä suurempia kuin eurooppalaisen viljan, kun taas pohjoisamerikkalaisessa viljassa on usein suuremmat seleenipitoisuudet kuin suomalaisessa viljassa. Mikäli kotimainen leipäviljasato jää heikoksi, joudutaan jauhoihin sekoittamaan tuontiviljaa. 1980-luvulla viljaa tuotiin Pohjois-Amerikasta (Euroola ym. 1990). 2000-luvulla tuontivilja on ollut enimmäkseen eurooppalaista alkuperää, mikä seossuhteesta riippuen pienentää jauhojen seleenipitoisuutta. Vehnäjauhon kotimaisuusaste on vaihdellut 60–100 %, ruisjauhon 0–100 %. Leipien tuloksia tarkastellessa on huomioitava myös se, että vuodesta 2005 alkaen näytteiden keräystä on muutettu. Puhtaan vehnäleivän sijasta on otettu vehnäsekaleipää, jossa voi olla pieniä määriä muitakin viljalaatuja mukana. Samanlainen muutos on tapahtunut myös ruisleipien kohdalla, mikä saattaa näkyä esim. ruisleivän suurempina seleenipitoisuuksina suhteessa jauhoihin (Kuva 10).

Luomutuotettujen jauhojen ja leipien seleenipitoisuudet olivat keskimäärin noin 3–6 kertaa pienempiä kuin tavanomaisessa tuotannossa (Taulukko 1, s. 17).



Kuva 9. Vehnäjauhon ja vehnälevän seleenipitoisuus 1981–2007.



Kuva 10. Ruisjauhon ja ruislevän seleenipitoisuus 1981–2007.

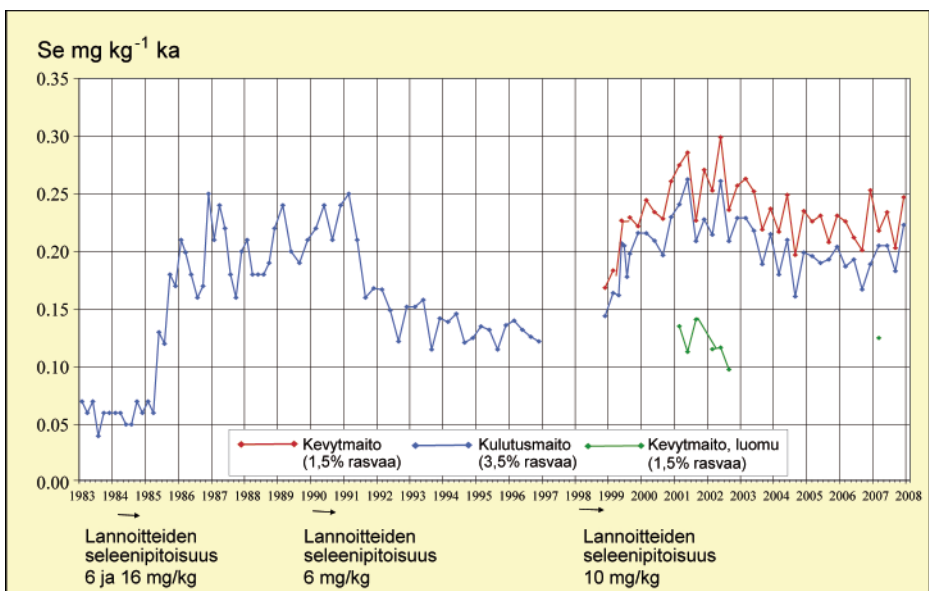
3.4.2 Maito, juusto ja kananmuna

Muutokset lypsykarjan seleenin saannissa näkyvät nopeasti maidon seleenipitoisuuksissa. Seleenilannoituksen aloittamisen jälkeen kulutusmaidon seleenipitoisuus nousi noin nelinkertaiseksi vuoden 1984 tasoon nähden (Kuva 11). Vuosina 1990 ja 1998 tehdyt muutokset lannoitteisiin lisättävän seleenin määrässä näkyvät myös selvästi maidon seleenipitoisuuksissa. Lisätyn seleenimäärän pienentäminen 6 mg kg^{-1} pienensi kulutusmaidon seleenipitoisuuksia kolmanneksella. Lisäksi 1990-luvulla on havaittavissa laskeva trendi maidon seleenipitoisuuksissa. Seleenimäärän nostaminen 6:sta 10:een mg/kg lisäsi kulutusmaidon seleenipitoisuutta noin 30 %. Pitoisuustaso stabiloitui keskimäärin tasolle $0,190 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Maidon seleenipitoisuuksissa on havaittavissa vuodenaikaisvaihtelua. Laidunkaudella seleenipitoisuudet yleensä pienenevät ja ovat alimmillaan syksyllä laidunkauden lopussa.

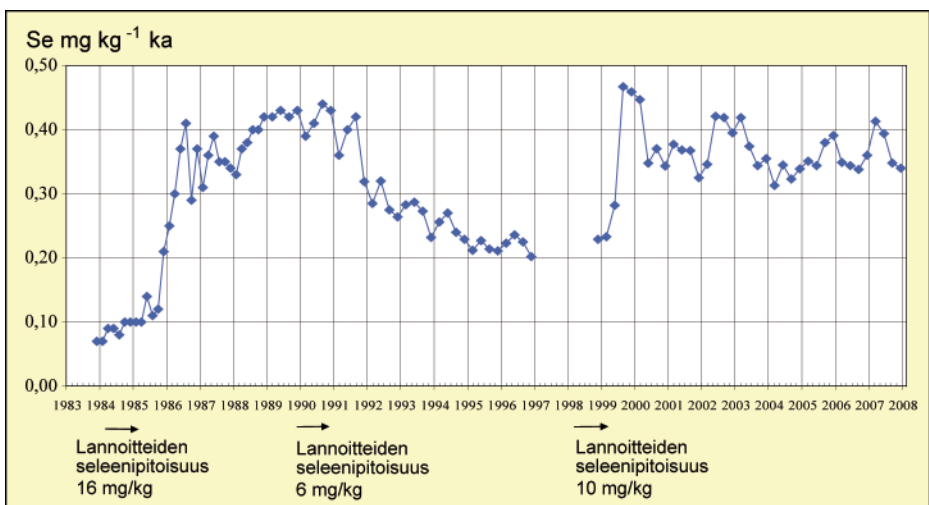
Vuonna 2007 kulutusmaidon ja kevytmaidon keskimääräiset seleenipitoisuudet olivat $0,200 \pm 0,020$ ja $0,230 \pm 0,024 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Kevytmaidon seleenipitoisuus kuiva-ainetta kohden laskettuna on suurempi kuin kulutusmaidossa, koska proteiinin määrä kuivatussa kevytmaidossa on suhteessa suurempi kuin kulutusmaidossa. Luomumaidon seleenipitoisuus on noin puolet pienempi kuin tavanomaisessa tuotannossa (Kuva 11), mutta ei kuitenkaan niin pieni kuin 1980-luvun alussa ennen seleenilannoituksen aloittamista. Myös luomutuotannossa käytettäviin kaupallisiin rehuvalmisteisiin saa lisätä seleeniä vallitsevan rehuilainsäädännön mukaisesti. Tällöin nautojen seleeninsaantiin vaikuttaa voimakkaasti teollisten rehujen osuus ravinnossa suhteessa niukasti seleeniä sisältävän nurmirehun ja viljan käyttöön.

Edamjuuston keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2007 oli $0,370 \pm 0,037 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, vaihteluväli $0,320\text{--}0,460 \text{ mg kg}^{-1}$ ka (Kuva 12). Myös juustojen seleenipitoisuus kasvaa rasvapitoisuuden pienentyessä (Kuva 13).

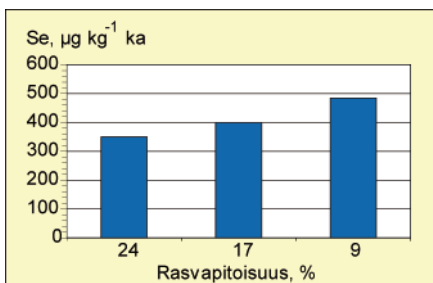
Kananmunan seleenipitoisuuksien trendi on esitetty kuvassa 14. Pitoisuudet ovat pysytelleet keskimääräisellä $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ tasolla koko 2000-luvun alkupuolen ajan. Vuosina 2006–2007 on ollut havaittavissa pientä pitoisuuksien alenemistä. Kananmunien seleenipitoisuuksissa ei ole eroja luomu- ja tavanomaisen tuotannon välillä (Taulukko 1, s. 17).



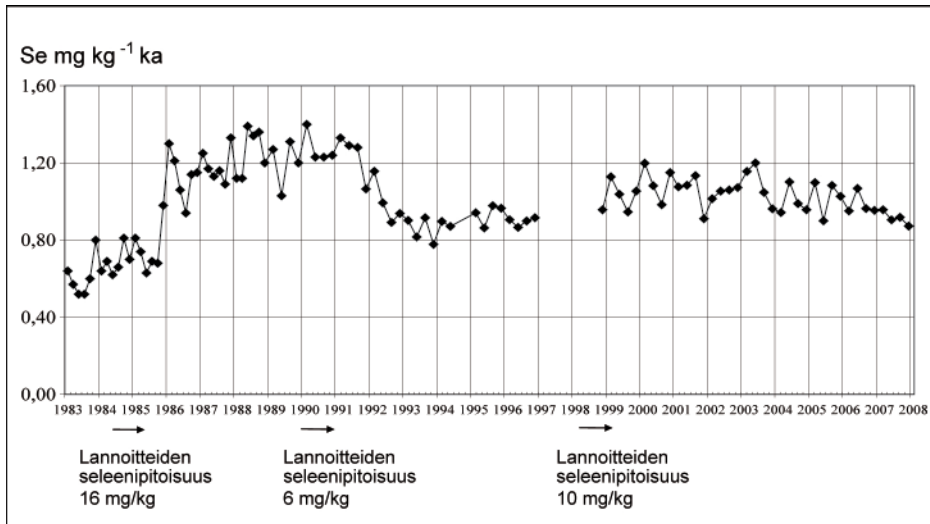
Kuva 11. Maidon seleenipitoisuus 1983–2007.



Kuva 12. Juuston seleenipitoisuus 1983–2007.



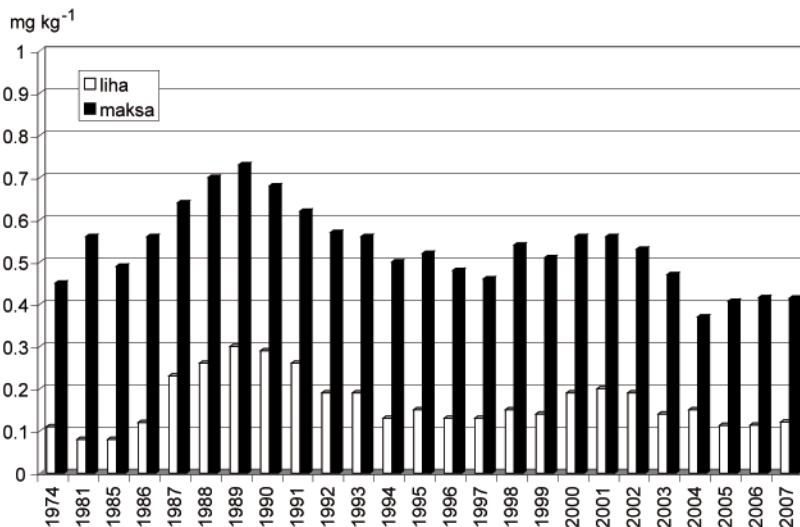
Kuva 13. Edamjuuston seleenipitoisuus rasvapitoisuuden mukaan.



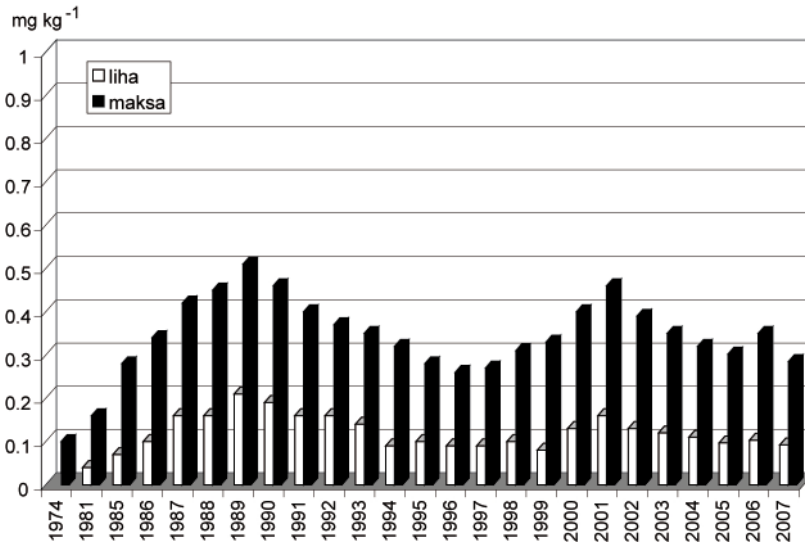
Kuva 14. Kananmunan seleenipitoisuus 1983–2007.

3.4.3 Liha ja maksa

Vuonna 2007 analysoitujen näytteiden seleenipitoisuus oli keskimäärin seuraava: naudan liha $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$, naudan maksa $0,29 \text{ mg kg}^{-1}$, sian liha $0,12 \text{ mg kg}^{-1}$ ja sian maksa $0,41 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kuvat 15 ja 16).



Kuva 15. Sian lihan ja maksan seleenipitoisuus, mg kg^{-1} tuorepainoa. Näytteiden lukumäärä n. 30 näytettä/vuosi.



Kuva 16. Naudan lihan ja maksan seleenipitoisuus, mg kg⁻¹ tuorepainoa. Näytteiden lukumäärä n. 30 näytettä/vuosi.

3.4.4 Kala

Seleenilannoituksella ei ole ollut vaikutusta silakan ja kirjolohen seleenipitoisuuksiin. Silakan seleenipitoisuudet ovat vuosina 2000–2007 vaihdelleet välillä 0,510–1,520 mg kg⁻¹ ka, keskiarvon ollessa 0,800 mg kg⁻¹ ka. 1970-luvulla ennen seleenilannoituksen aloittamista silakan keskimääräinen seleenipitoisuus oli 0,830 mg kg⁻¹ ka (Koivistoinen 1980). Kirjolohen seleenipitoisuuksien vaihteluväli on ollut 0,340–0,790 mg kg⁻¹ ka. Yleensä kalojen seleenipitoisuus on kääntäen verrannollinen kalan rasvapitoisuuteen eli vähärasvainen kala sisältää enemmän seleeniä kuin rasvainen kala. Tästä johtuen luonnonvaraisten kalojen seleenipitoisuus voi vaihdella vuodenaikojen mukaan. Esim. silakan rasvapitoisuus on suurempi syksyllä ja talvella ja pienimmillään kesällä, mikä näkyy myös seleenipitoisuuksien vaihteluna. Viljellyn kirjolohen seleenipitoisuuksiin vaikuttaa lähinnä käytetyn rehun seleenimäärä.

3.4.5 Kasvikset

Perunan keskimääräinen seleenipitoisuus vuosina 2000–2007 on vaihdellut välillä <0,01–0,073 mg kg⁻¹ ka (Taulukko 3). Keskimääräinen pitoisuus on noin 4 kertaa suurempi kuin ennen seleenilannoituksen aloittamista, mutta selvästi pienempi kuin 1980-luvun lopussa, jolloin lannoitteiden seleenipitoisuus oli yli kolmanneksen suurempi. Perunan seleenipitoisuus on pysynyt melko samalla tasolla koko 2000-luvun ajan. Porkkanan seleenipitoisuus näyttäisi pienentyneen 1980-luvun lopusta yli puoleen. Toisaalta tutkittujen näytteiden määrä on ollut pieni.

Valkokaalin ja parsakaalin seleenipitoisuuksien vaihtelu on ollut suurta, <0,010–0,860 mg ka⁻¹ ka. Yleisesti kaalikasvien ravinteiden tarve on varsin suuri ja ne vaativat voimakkaan lannoituksen. Typpi sekä rikki, boori ja mangaani ovat keskeisiä sadonmuodostuksessa. *Cruciferae* –suvun kasveina kaalit todennäköisesti ottavat rikin ohella myös seleeniä maasta tehokkaammin kuin esim. viljakasvit. Suuresta vaihtelusta huolimatta keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat 2000-luvulla olleet yleensä alle 0,300 mg kg⁻¹ ka, mikä on noin puolet pienempi kuin 1980-luvun lopussa. Myös havaittu maksimipitoisuus oli selvästi pienempi kuin 1980-luvun korkeamman lannoitustason aikana (Taulukko 3).

Luomutuotettujen kasvien seleenipitoisuudet olivat yleisesti pieniä, <0,005 mg kg⁻¹ ka. Kaalien pitoisuudet olivat keskimäärin hieman suurempia kuin muissa kasviksissa, valko- ja kukkakaali 0,013 ja parsakaali 0,023 mg kg⁻¹ ka.

Taulukko 3. Kotimaisen perunan, porkkanan ja valkokaalin seleenipitoisuuksia vuosina 1989 ja 2000–2007.

Tuote	Vuosi	n	Seleenipitoisuus mg kg ⁻¹ ka	
			Keskiarvo	Vaihteluväli
Peruna	1989*	12	0,110	0,05-0,20
	2000	4	0,026	0,016-0,042
	2001	4	0,031	0,020-0,055
	2002	4	0,038	0,027-0,045
	2003	4	0,022	<0,010-0,038
	2004	4	0,033	0,024-0,054
	2005	6	0,048	0,036-0,067
	2006	6	0,037	0,021-0,062
	2007	6	0,039	0,013-0,073
Porkkana	1989*	2	0,040	0,03-0,05
	2001	4	0,020	0,012-0,032
	2005	6	0,011	<0,010-0,018
Valkokaali	1989*	20	0,580	0,09-1,60
	2000	4	0,340	0,071-0,860
	2001	4	0,160	0,087-0,350
	2002	4	0,180	0,150-0,270
	2003	4	0,300	0,210-0,450
	2004	4	0,160	0,091-0,240
	2005	6	0,130	0,049-0,200
	2006	6	0,160	<0,010-0,620
	2007	6	0,116	0,025-0,190
Parsakaali	2002	6	0,300	0,055-0,650

* Eurola ym. 1991

3.5 Seleenin saanti

1970-luvulla tehdyssä laajassa suomalaisten elintarvikkeiden kivennäisainetutkimuksessa todettiin seleeninsaannin olevan Suomessa poikkeuksellisen alhainen (Koivistoinen 1980). Sellaisina vuosina, jolloin viljaa ei tuotu maahan saanti saattoi olla 0,025 mg/vrk, mikä on alhaisimpien koskaan raportoitujen seleeninsaantien joukossa maailmassa (Koivistoinen & Varo 1987). Vuonna 1984 aloitetun lannoitteiden seleeni täydennyksen yksi päätavoitteista olikin nostaa suomalaisten keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti turvallisen ja riittävän saannin alueelle (0,05–0,2 mg/vrk, RDA 1980).

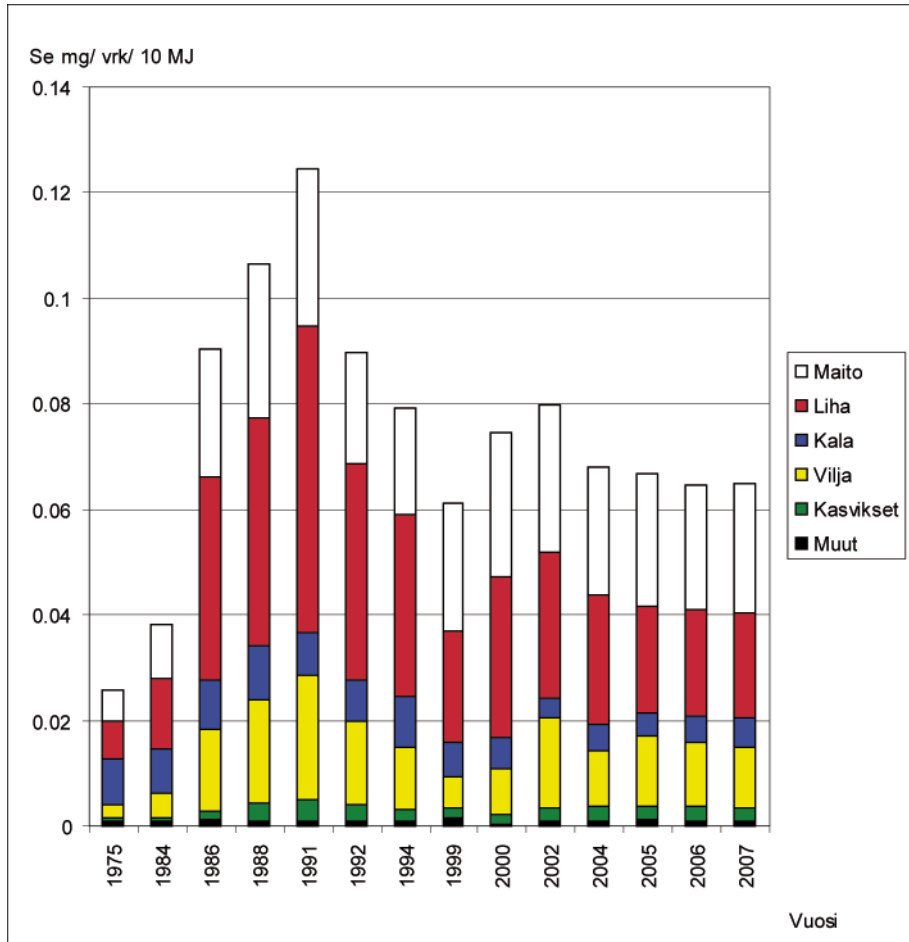
Seleenilannoituksen vaikutusta keskimääräiseen seleeninsaantiin on seurattu säännöllisesti vuodesta 1984 lähtien. Tehty saantiarvio on perustunut MMM:n kokoamaan ja julkaisemaan ravintotaseeseen (TIKE 2007). Saantilaskelmaa tehtäessä on käytetty aina uusinta olemassa olevaa ravintotaseen ennakkoa. Tämän laskentatavan on todettu antavan luotettavan ja muihin menetelmiin nähden vertailukelpoisen tuloksen (Ekholm 1997). Seleeninsaanti arvioissa oletetaan, että kaikki kulutetut elintarvikkeet ovat kotimaisia. Laskelma yliarvio seleeninsaantia tältä osin, mutta vaikka elintarvikkeiden tuonti suomen EU:hun liittymisen jälkeen on lisääntynyt, on valtaosa käytetyistä elintarvikkeista edelleen kotimaista alkuperää, joten elintarvikkeiden tuonti EU-alueelta ei ole tois- taiseksi vähentänyt tehdyn saantiarvion luotettavuutta (TIKE 2007).

Seleenilannoituksen vaikutus keskimääräiseen seleeninsaantiin on ollut selvä. Vuosina 1985–1990 seleenin saanti oli keskimäärin 10 MJ:n energiatasolla 0,11–0,12 mg/vrk. Seleeninsaanti laski vuodesta 1992 lähtien aina vuoteen 1996 asti, jolloin keskimääräinen seleeninsaanti saavutti alhaisimman arvonsa 0,06 mg/vrk/10 MJ. Lannoitteiden seleenimäärää lisättiin 10 mg kg⁻¹ vuodesta 1998 alkaen, minkä vuoksi keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti nousi 0,08 mg/vrk vuosina 2001–2002. Nykyinen keskimääräinen seleeninsaanti Suomessa on vakiintunut tasolle n. 0,065 mg/vrk/10 MJ (Kuva 17). Vuosien 2006 ja 2007 seleeninsaantia laskettaessa on käytetty vastaavan vuoden ravintotaseen ennakkoa (TIKE 2007, 2008). Seleeninsaantisuositus Suomessa on 0,04 mg/vrk naisille ja 0,05 mg/vrk miehille (Valtion ravitsemusneuvottelukunta, 2005). USA:n suositukset ovat hiukan korkeampia; 0,055 mg/vrk naisille ja 0,07 mg/vrk miehille (Food and Nutrition Board and Institute of Medicine 2000).

Tärkeimmät seleenin lähteet ovat maito ja liha. Yhteensä näistä elintarvikkeista saadaan n 70 % päivittäisestä seleeninsaannista. Jos kalan osuus lasketaan mukaan, on näiden eläinperäisten elintarvikkeiden osuus kokonaisseleenin saannista lähes 80 % (Kuva 17). Kasvisruokavaliossa seleeninsaanti saattaa edelleen olla niukkaa, joten ruokavalion koostaminen on tehtävä harkiten. Voidaan myös perustellusti olettaa, että liian korkea pitkäaikainen seleeninsaanti on erittäin epätodennäköistä millään ruokavaliolla. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan

antaman arvion mukaan suurin hyväksyttävä päiväsaanti on 0,3 mg/vrk (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005).

Lannoitteiden täydentäminen seleenillä on osoittautunut turvalliseksi ja tehokkaaksi keinoksi nostaa koko väestön seleeninsaanti riittäväksi ja suositusten mukaiseksi.



Kuva 17. Keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti Suomessa 1975–2007.

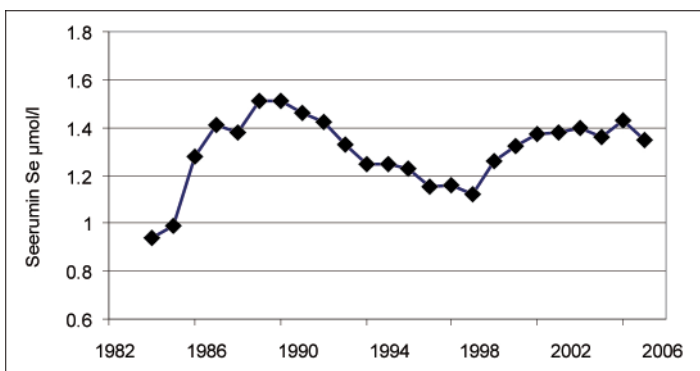
3.6 Ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuus

Veren ja seerumin seleenipitoisuuksia on systemaattisesti seurattu vuodesta 1985 lähtien seleeniseurantaryhmissä sekä Helsingissä että Leppävirralla. Helsingin seurantaryhmän (n=30) kokoonpano on vaihdellut, mutta Leppävirralla (n=35) valtaosa henkilöistä ovat samat, jotka aloittivat vuonna 1985. Koska seerumin seleenitulokset eivät poikkea ryhmien välillä, on tulokset yhdistetty.

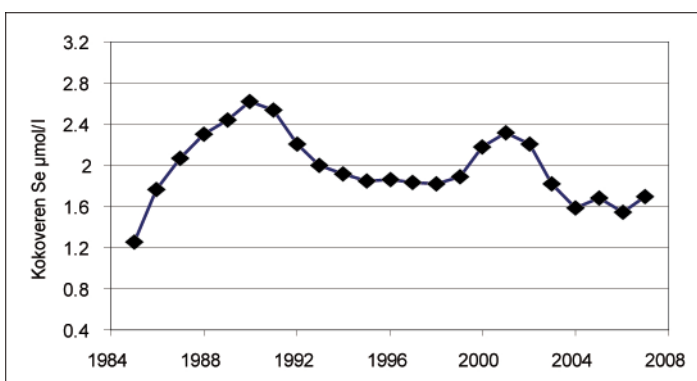
Seerumin seleenipitoisuuden keskiarvo oli ennen seleenin lisäämistä lannoitteisiin $0,85 \mu\text{mol l}^{-1}$. Seerumin seleenipitoisuus lisääntyi n. 70 % saavuttaen huipputason, $1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ vuonna 1990 (Kuva 18). Vuoden 1991 jälkeen seleenipitoisuus laski tasolle $1,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ vuoteen 1999 saakka. Lannoitteiden seleenimäärän lisääminen 6:sta 10 mg kg^{-1} vuonna 1998 havaitaan seleenipitoisuuden hitaana nousuna tasolle $1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$ vuoteen 2007. Henkilöiden välinen seerumin seleenipitoisuus on vaihdellut vuosittain 10-15 %.

Kokoveren seleenipitoisuutta on seurattu vuosittain vain Leppävirralla. Ennen seleenilannoitusta oli veren seleenipitoisuus keskimäärin $1,15 \mu\text{mol l}^{-1}$. Huippuvuosien, 1989–1991 tasosta, $2,6 \mu\text{mol l}^{-1}$ laski pitoisuus tasolle $1,9 \mu\text{mol l}^{-1}$, joka on noin 65 % korkeampi kuin lähtötaso ennen seleenilannoitusta (Kuva 19). Vuoden 2000–2002 huipun jälkeen näyttää veren seleenipitoisuus tasaantuneen tasolle $1,6 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Muutokset kokoveren ja seerumin keskimääräisissä seleenipitoisuuksissa ovat seuranneet seleenin saannissa tapahtuneita muutoksia.



Kuva 18. Ihmisen veren seerumin seleenipitoisuus 1985–2007.



Kuva 19. Ihmisen kokoveren seleenipitoisuus 1985–2007.

4 Johtopäätökset

Suomen olosuhteissa natriumselenaatin lisäys lannoitteisiin on osoittautunut tehokkaaksi, turvalliseksi ja edulliseksi keinoksi vaikuttaa kotieläinten ja väestön seleenisaantiin. Systemi on myös kontrolloitavissa suunnitelmallisen ja tarkasti kohdennetun seurannan ansioista, jonka pohjalta voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia.

Elintarvikkeiden ja rehujen seleenipitoisuudet nousivat 2000-luvun alkupuolella, kun lannoitteiden seleenipitoisuutta nostettiin kuudesta kymmeneen mg kg⁻¹. Muutos ei kuitenkaan ollut pysyvä, vaan 2004 vuonna oli havaittavissa pitoisuuksien pienenemistä lähes kaikissa elintarvikeryhmissä. Syynä on todennäköisesti lannoitteiden käyttömäärien jatkuva pieneneminen. Myös seleenittömien tuontilannoitteiden lisääntyvä käyttö sekä kasvukausien erilaiset olosuhteet voivat aiheuttaa vaihtelua seleenipitoisuuksiin. Toisaalta tilanne näyttäisi vakiintuneen vuosina 2004–2007.

Kasvit ottavat selenaattia maaperästä muuttaen sen orgaaniseksi seleeniyhdisteiksi. Näitä orgaanisia seleeniyhdisteitä ihmiset ja eläimet pystyvät hyödyntämään tehokkaammin kuin seleenin epäorgaanisia muotoja. Seleenilannoitus on vaikuttanut sekä eläin- että kasviperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksiin ja sitä kautta väestön keskimääräiseen seleeninsaanti on noussut. Nykyinen arvioitu saantitaso, 0,065 mg vrk⁻¹ on riittävä ja suositusten mukainen. Tärkeimmät seleenin lähteet ovat eläinperäiset tuotteet, maito ja liha, joista saadaan noin 70 % päivittäisestä seleeninsaannista. Kohonnut seleenin saantitaso näkyy myös ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuuksissa, jotka ovat seuranneet seleenin saannissa tapahtuneita muutoksia. Lisäksi seleenilannoitus vaikuttaa eläinten hyvinvointiin ja vähentää tarvetta lisätä seleeniä teollisiin rehuihin.

5 Kirjallisuus

- Ekholm, P. 1997. Effects of selenium supplemented commercial fertilizers on food selenium contents and selenium intake in Finland. EKT-sarja 1047. Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos. Helsinki: Yliopistopaino. 74 s.
- Eurola, M.H., Ekholm, P.I., Ylinen, M.E., Koivistoinen, P.E. & Varo, P.T. 1991. Selenium in Finnish foods after beginning the use of selenate-supplemented fertilizers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56: 57–70.
- Eurola, M., Alfthan, G., Aro, A., Ekholm, P., Hietaniemi, V., Rainio, H., Rankanen, R. & Venäläinen, E-R. 2003a. Results of the Finnish selenium monitoring program 2000–2001. *Agrifood Research Reports* 36. Jokioinen: MTT. 42 s.
- Eurola, M., Hietaniemi, V., Kontturi, M., Tuuri, H. & Kangas, A. 2004. Selenium content of Finnish oats in 1997–1999.: effect of cultivars and cultivation techniques. *Agricultural and Food Science* 13: 46–53.
- Eurola, M., Hietaniemi, V., Niskanen, M., Laine, A. & Vuorinen, M. 2003b. Trace elements in rye: comparison of organic and conventional cultivation. Teoksessa: Niemeläinen, O. & Topi-Hulmi, M. (toim.). *Proceedings of the NJF's 22nd Congress 'Nordic Agriculture and Global perspective'*, July 1–4, 2003, Turku, Finland. Jokioinen: MTT.
- Evira, 2006, 2007. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 1/2006 ja 2/2006. Helsinki: Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsinki. 154 s. ja 129 s.
- Evira, 2007, 2008. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 1/2007 ja 2/2007. Helsinki: Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, 156 s. ja 157 s.
- Food and Nutrition Board and Institution of Medicine. 2000. *Dietary reference Intakes*. Washington DC_ National Academy of Sciences. 564 s.
- Food and Nutrition Board. 1980. *Recommended dietary allowances*. 9th ed. Washington DC: National Academy of Sciences.
- Koenig, K.M., Rode, L.M., Cohen, R.D.H. & Buckley, W.T. 1997. Effects of diet and chemical form of selenium on selenium metabolism in sheep. *Journal of Animal Science* 75: 817–827.
- Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish foods. *Acta Agriculturae Scandinavica, supplementum* 22: 1–171.
- Koivistoinen, P. & Varo P. 1987. Selenium in Finnish food. Teoksessa: Combs, G., Jr., F., Spallholz, J.,F. & Levander, O.,A., (toim.). *Selenium in biology and medicine*. Proceedings of the third international symposium on selenium in biology and medicine. 1984 May 27– June 1, Beijing. New York: Van Nostrand Reinhold Company. s. 645–651.

- KTTK, 2005. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 2005/1. Vantaa: Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Maatalouskemian osasto, 137 s.
- KTTK, 2006. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 2005/2. Vantaa. Kasvintuotannon tarkastuskeskus, Maatalouskemian osasto. 182 s.
- McDonald, P., Edwards, R.A. & Greenhalgh, J.F.D. 1985. Animal nutrition. UK: Longman. 479 s.
- McDowell, L.R. 1992. Minerals in animal and human nutrition. UK: Academic Press Limited. 524 s.
- Miltimore, J.E., van Ryswyk, A.L., Pringle, W.L., Chapman, F.M. & Kalnin, C.M. 1975. Selenium concentrations in British Columbia forages, grains and processed feeds. Canadian Journal of Animal Science 55: 101–111.
- MTT 2006. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006, MTT:n selvityksiä 106. Jokioinen: MTT. 84 s.
- Mutanen, M. 1986. Bioavailability of selenium. Annals of Chlinical Research 18: 48–54.
- Mäkelä-Kurtto, R. & Sippola J. 2002. Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. Agricultural and Food Science 11: 273–284.
- Mäkelä-Kurtto, P., Laitonen, A., Eurola, M., Vuorinen, A., Pasanen, T., Rannkanen, R., Suominen, K., Laakso, P., Tarvainen, T., Hatakka, T. & Salopelto, J. 2007. Field balances of trace elements at farm level on crop and dairy farms in Finland and 2004. Agrifood Research Reports 111. Jokioinen, MTT. 131 s.
- Root, T. 2005. Oral presentation "Selenium in Animal Feeds and Nutrition" in the Workshop "Twenty years of selenium fertilization", 8.–9.9.2005, Helsinki: Finland.
- Root, T. 2006. Säilörehunäytteiden seleenipitoisuudet kesän 2005 sadosta sekä Se-pitoisuudet keskimäärin vv. 1984–2005. Dnro 2084/720/2006. Helsinki: Evira. 2 s.
- Root, T. 2008. Vuoden 2006 säilörehunäytteiden seleenipitoisuudet. Kirjallinen tiedonanto. Helsinki: Evira, Maatalouskemian yksikkö, rehujaosto. Helsinki.
- Scott, M.L. & Thompson, J.N. 1971. Selenium content of feedstuffs and effects of dietary selenium levels upon tissue selenium in chick and poults. Poultry Science 50: 1742–1748.
- Sippola, J. 1979. Selenium content of soils and timothy (*Phleus pratense* L.) in Finland. Annales Agriculturae Fenniae 18: 182–187.

- TIKE 2007. Balance sheet for food commodities. Helsinki: Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry. 27 s.
- TIKE 2008. Balance sheet for food commodities. Helsinki: Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry. 27 s.
- Underwood, E.J. & Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. UK: CABI Publishing. 614 s.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005. Suomalaiset ravitsemussuosituksset – ravinto ja liikunta tasapainoon. Helsinki: Elintarvikevirasto, Edita Publishing Oy. 56 s.
- Wilkins, J.F., Kilgour, R.J., Gleeson, A.C., Cox, R.J., Geddes, S.J. & Simpson, L.H. 1982. Production responses to selenium in northern New South Wales. 2. liveweight gain, wool production and reproductive performance in young Merino ewes given selenium and copper supplements. *Australian Journal of Experimental Agriculture and animal husbandry* 22: 24–28.
- Yli-Halla, M. 2005. Influence of selenium fertilization on soil selenium status. Teoksessa: Eurola, M. (toim.). Proceedings, twenty years of selenium fertilization. September 8-9, 2005, Helsinki, Finland. *Agrifood Research Reports* 69: 25–32.
- Ylärinta, T. 1985. Increasing the selenium content of cereals and grass crops in Finland. Academic dissertation. University of Helsinki. 72 s.

