

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
**TIEDOTE**

**9/95**

**RAIMO ERVIÖ**

**Sokerijuurikas raskasmetalleilla saastuneen  
maan puhdistajana**

**Kirjallisuuskatsaus**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
TIEDOTE 9/95

RAIMO ERVIÖ

**Sokerijuurikas raskasmetalleilla saastuneen maan  
puhdistajana**

Kirjallisuuskatsaus

***Summary: Sugar beet as a cleaner of contaminated  
arable soil***

*A literature survey*

Maatalouden tutkimuskeskus  
Ympäristöntutkimuslaitos  
31600 JOKIOINEN  
Puh. (916) 41 881

Jokioinen 1995  
ISSN 0359-7652

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ . . . . .	5
<i>SUMMARY</i> . . . . .	5
1 JOHDANTO . . . . .	6
2 MAAPERÄN SAASTUMISLÄHTEET . . . . .	6
2.1 Viemärietteen raskasmetallisisältö ja käyttö . . . . .	6
2.2 Lannoitus . . . . .	7
3 MAAN RASKASMETALLIARVOJEN ESITTÄMINEN . . . . .	7
4 MAAPERÄN RASKASMETALLIKUORMITUS . . . . .	8
4.1 Maaperän raskasmetallipitoisuudet Pohjoismaissa . . . . .	8
4.2 Keski-Euroopan viljelymaiden raskasmetallitilanne . . . . .	9
5 SOKERIJUURIKKAAN RASKASMETALLIEN OTTO . . . . .	9
6 SOKERIJUURIKASMAAN RASKASMETALLITASEET . . . . .	11
KIRJALLISUUS . . . . .	12

ERVIÖ, R. Sokerijuurikas raskasmetalleilla saastuneen maan puhdistajana. Kirjallisuuskatsaus. (*Summary: Sugar beet as a cleaner of contaminated arable soil. A literature survey.*) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 9/95. 14 p.

Avainsanat: elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, pitoisuus, raskasmetalli, sinkki, tehokerääjäkasvi, viemäriete, viljelymaa

## TIIVISTELMÄ

Sokerijuurikas voisi soveltua raskasmetallien poistoon saastuneista maista erityisesti siksi, että sokerin valmistuksessa raskasmetallit eivät joudu syötävään tuotteeseen, niin kuin yleensä tapahtuu muiden ravinto- ja rehukasvien kohdalla.

Sokerijuurikas ottaa raskasmetalleja juureensa merkittävästi vain, jos maa sisältää niitä huomattavasti tavanomaista enemmän. Suomessa tällaisia selvästi saastuneita viljelysmaita ei ole eikä juuri muissakaan Pohjoismaissa. Sen sijaan niitä löytyy muualta Euroopasta.

Tavanomaisen, noin 30 000 tuorepainokilon suuruisen juurikassadon mukana voisi saastuneesta maasta poistua hehtaarilta vuodessa enimmillään 0,3 g elohopeaa, 17 g kadmiumia, 30 g kromia, 60 g kuparia, 220 g lyijyä, 60 g nikkeliä ja 440 g sinkkiä.

Jos lisäksi sokerijuurikkaan naattisato voitaisiin sijoittaa muualle kuin peltoon, nousisi raskasmetallien poistuma noin nelinkertaiseksi. Kuitenkin raskasmetalleja on voinut joutua maahan useita kiloja hehtaarille. Näin ollen maan puhdistamisprosessi sokerijuurikkaan avulla olisi varsin hidas ja kestäisi vuosikymmeniä.

## SUMMARY

### *Sugar beet as a cleaner of contaminated arable soil*

*Sugar beet could be used for removing heavy metals from contaminated arable land, because the metals are not transferred into sugar during beet processing. Heavy metals are taken up by sugar-beet roots in substantial amounts only if the metal contents of the soil are well above normal. No cultivated soils in either Finland or Scandinavia are so contaminated as to warrant cleaning. The highest amounts of heavy metals that can be removed from one hectare in a normal yield of sugar beet roots, about 30 000 kg FW, are: mercury 0.3, cadmium 17, chromium 30, copper 60, lead 220, nickel 60 and zinc 440 g. If the sugar-beet tops could be placed outside the fields, metal removal could be increased four-fold. Cleaning soils with sugar beet seems to be very slow and will take decades if kilograms of heavy metals have to be removed from one hectare.*

*Key words: accumulator plant, cadmium, concentration, chromium, copper, cultivated soil, Finland, heavy metals, mercury, lead, nickel, uptake, zinc*

## 1 JOHDANTO

Aivan viime vuosina on kiinnostuttu käyttämään kasveja biologisina puhdistajina ja selvittämään, mitkä kasvit voisivat toimia tehokkaina raskasmetallien kerääjinä maasta. On puhuttu tehokerääjistä (hyperaccumulators) (McGRATH ym. 1994). BAKER ja BROOKS (1993) määrittelivät tehokerääjille metallien oton raja-arvot seuraavasti: kadmium 0,01 % lehden kuiva-aineesta, kupari, lyijy ja nikkeli 0,1 % ja sinkki 1,0 %. Näitä arvoja voidaan pitää varsin korkeina, koska tehokerääjäkasvin tulisi sisältää kadmiumia 100 mg, kuparia, lyijyä tai nikkeliä 1000 mg ja sinkkiä 10 000 mg kilossa kuiva-ainetta.

On kaavailtu, että sokerijuurikasta voitaisiin käyttää kasvina, joka ottaisi viljelymaasta runsaasti raskasmetalleja ja siten jatkuvasti viljeltynä puhdistaisi ajan mittaan maata haitallisista metalleista. Sokerijuurikkaan teollisessa jalostuksessa raskasmetallit eivät joudu puhdistettuun sokerituotteeseen. Näin juurikasta saatettaisiin hyödyntää myös tietynlaisena viljelymaan ympäristöhaittojen korjaajana.

Kasvilajien välillä on selviä eroja raskasmetallien otossa. Etsittäessä viljelykasvia, jonka avulla maasta voitaisiin poistaa mahdollisimman paljon haitallisia raskasmetalleja, eikä kasvia käytettäisi suoraan ihmisen ravinnoksi, on sokerijuurikas varteen otettava kasvilaji. Juurten raskasmetallit saadaan sokerin jalostusprosesseissa jäämään sivutuotteisiin, mutta sokerijuurikkaan naattien metallit joutuvat kuitenkin joko suoraan tai rehujen kautta lannassa peltoon tai sitten eläintuotteisiin. Käytettäessä karjan ruokintaan sokerin jalostuksen sivutuotteita, melassia ja juurikasleikettä, metallit kulkeutuvat lannassa pääosiltaan takaisin peltoon.

Haitallisiin raskasmetalleihin luetaan ensi sijassa elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli ja sinkki. Näistä kupari ja sinkki ovat selvästi myös ravinnemetalleja kasveille, mutta liian suurina pitoisuuksina haitallisia kasveja syöväälle ihmiselle ja eläimille. Kromi on ihmiselle myös välttämätön aine, mutta nikkelin tarpeellisuudesta eräille eläimille ja kasveillekin ollaan vielä eri mieltä.

## 2 MAAPERÄN SAASTUMISLÄHTEET

Raskasmetallien pitoisuudet ovat lisääntyneet viljelymaissa ihmisen toiminnan tuloksena. Syitä ovat olleet laskeumina teollisuuden ja liikenteen päästöt, lannoitukset, maanparannusaineet ja kasvinsuojeluaineet. Pahimmin raskasmetallien kuormittamiksi on todettu suurten metalliteollisuusalueiden ympäristöt. Näillä alueilla raskasmetalleja on joutunut peltoon laskeumista, tulvien tuomista lietteistä tai teollisuusjätteistä. Myös runsaasti raskasmetalleja sisältävät asutuskeskukset ja teollisuuden jätelietteet ovat saastuttaneet viljelymaita.

Haitallisista raskasmetalleista kadmiumia voidaan pitää ongelmallisimpana myrkyllisyytensä ja useimmissa tapauksissa liiallisen esiintymisensä johdosta. Tässä selvityksessä kiinnitetään eniten huomiota kadmiumin puhdistamiseen maaperästä.

Raskasmetalleista saastuneita maa-alueita tavataan Suomessa suhteellisen vähän. Joidenkin pitkään metalliteollisuutta harjoittaneiden tehtaiden lähi-alueille on laskeumista kertynyt maaperään selvästi eräitä raskasmetalleja, kuten kadmiumia, nikkeliä, kuparia, lyijyä, kromia tai sinkkiä. Esimerkkeinä tällaisista alueista voidaan mainita Harjavalta, Kokkola, Tornio ja Vantaa. Pahasti saastuneita viljelymaita ei näistäkään kunnista löydy yhteensä edes satoja hehtaareja. Sen sijaan teollistuneista maista ja varsinkin Itä-Euroopan maista on monissa selvityksissä todettu merkittäviäkin alueita, joiden maaperä on saastunut tietyistä raskasmetalleista.

### 2.1 Viemäriletteen raskasmetallisisältö ja käyttö

Tavallisin viljelymaahan sijoitettu jäte on ollut viemäriletteä, jonka merkitystä maan raskasmetallisaastuttajana seuraavassa pääasiassa käsitellään. Vaikka on ollut järkevää saada viemäriletteen ravinteet hyödynnettyä ja takaisin luonnonkiertoon, lietteen sisältämistä, usein suurista raskasmetallimääristä on tullut sen käyttöä rajoittava tekijä. Suomessa maataloustuottajat ja monet tutkijatkin ovat vastustaneet viemäriletteen viemistä peltoon sen haitta-ainesisällön vuoksi. Kaatopaikoille vienin sijasta lietettä on voitu käyttää viheralueilla ja tienvarsi-istutuksilla.

Viljelymaille, joille viemäri- ja maaperä-asetuksella on Suomessa annettu vuonna 1994 asetuksella raskasmetallien raja-arvot. Suurimmat sallitut enimmäispitoisuudet maassa ovat: elohopea 0,2, kadmium 0,5, kromi 200, kupari 100, lyijy 60, nikkeli 60 ja sinkki 150 mg kilogrammassa kuiva-ainetta (Suomen säädöskokoelma 1994).

Maaperä katsotaan saastuneeksi, mikäli raskasmetallipitoisuudet ylittävät seuraavat arvot: elohopea 5, kadmium 10, kromi 400, kupari 400, lyijy 300, nikkeli 200 ja sinkki 700 mg kilogrammassa maata (Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa 1994).

Viemäri- ja maaperä-asetuksen käyttäminen ravinteiden lähteenä tai maan saastuttajana on tehty runsaasti selvityksiä. Viemäri- ja maaperä-asetuksesta maahan tulevien raskasmetallien kulkeutuminen viljelykasveihin riippuu ensi sijassa lietteen metallipitoisuudesta, mutta myös lietteen eloperäisen aineksen määrästä sekä maan pH-asteesta, kationinvaihtokapasiteetista, humus- ja savipitoisuudesta (KIEKENS ja CAMERLYNCK 1982). Juurikkaan kadmiumin ottona on todettu lisääntyneen maan orgaanisen aineksen määrän kasvaessa ja taas pienenevän pH-asteen kohotessa tai savipitoisuuden kasvaessa (KRÄMER ja KÖNIG 1982). Juurikkaan lehtien ja juurien kadmium- ja sinkkipitoisuudet pienenevät maan pH-asteen kohotessa (KÖNIG 1985).

Saksassa inventoitiin yli 300 peltoa, joista osalle oli käytetty viemäri- ja maaperä-asetusta. Sen käyttö oli lisännyt kuningasvetteen uuttuvan maan kadmiumin pitoisuutta keskimäärin 0,64:stä 0,74:ään mg/kg maata (KRÄMER ja KÖNIG 1982). Tavanomainen saksalainen arvo, 0,64 on noin nelinkertainen Suomen viljelymaiden keskiarvoon 0,15 nähden (SIPPOLA ja MÄKELÄ-KURTTO 1986).

Asutuskeskuksen viemäri- ja maaperä-asetuksen käyttö 13 vuoden ajan peltoon 2,5 ja 5,0 tonnia kuiva-ainetta hehtaarille nosti maan elohopean kokonaispitoisuuden 2,5-, kadmiumpitoisuuden noin 2,2- ja sinkkipitoisuuden 1,8-kertaiseksi vertailumaahan nähden. Elohopeapitoisuus oli silloin 0,32, kadmium 0,68 ja sinkki 70 mg/kg maata (SCHAAF ja von BOGUSLAWSKI 1982). Nämä pitoisuudet olivat suurempia kuin sallittavat määrät maassa (KLOKE 1980).

Kun tanskalaisissa hiesumaan kenttäkokeissa käytettiin viemäri- ja maaperä-asetusta vuosittain 22 tonnia kuiva-ainetta, maahan tuli kuuden vuoden aikana kaikkiaan 3,2 kg kadmiumia hehtaarille. Sokerijuurikkaan naattien kadmiumpitoisuus oli 1,11 ja juurien 0,41 mg/kg:ssa kuiva-ainetta, kun perunassa oli 0,39 ja ohran jyvässä vain 0,05 mg/kg (LARSEN 1984).

Pitkän aikaa jatkuneissa viemäri- ja maaperä-asetuksen lisäämiskokeissa 48 paikalla Saksassa sokerijuurikkaan kadmium- ja sinkkipitoisuudet nousivat monessa tapauksessa, vaikkakaan maan kadmium- ja sinkkipitoisuudet eivät ylittäneet määräysten sallimia rajoja. Sen sijaan sokerijuurikkaan kromi-, nikkeli- ja lyijypitoisuudet eivät kuvastaneet edes maan kunniasvesiliukoisten pitoisuuksia (DELSCHEN ja WERNER 1989).

## 2.2 Lannoitus

Sian ruokinnasta johtuva korkea kupari- ja sinkkipitoisuus lietalannassa nosti maan Cu- ja Zn-pitoisuuksia selvästi ja näkyi myös nurmiheinän kohonneina näiden metallien pitoisuuksina (CHRISTIE 1990).

Fosforilannoituksessa, sen epäpuhtautena, on maahan joutunut myös kadmiumia, mutta näiden määrien ei ole todettu vaikuttavan lannoitetussa maassa kasvatetun sokerijuurikkaan kadmiumpitoisuuksiin. Viidessä pitkäaikaisessa kenttäkokeessa fosforilannoitteissa annettu 135–450 gramman kadmiumlisäys hehtaarille ei lisännyt tilastollisella varmuudella sokerijuurikkaan kadmiumpitoisuutta (SMILDE ja LUIT 1983). Vaikka erittäin suurissa fosforilannoitemäärissä kadmiumia tuli 10 vuoden aikana 0,8 kg hehtaarille, ei juurikkaan lehdistä eikä juuresta kuitenkaan todettu eroa lannoittamattomassa maassa kasvaneisiin nähden (MORTVEDT 1984).

## 3 MAAN RASKASMETALLIARVOJEN ESITTÄMINEN

Maan raskasmetallipitoisuuksien vertailu eri tutkimusten välillä on vaikeaa, koska raskasmetallien määrittämisessä on käytössä hyvin monenlaisia uuttoneiteita. Kuningasvesi, typpihapon ja kloorivedyn seos, uuttaa maasta lähes kokonaismäärän me-

talleita (mm. BAGHDADY ja SIPPOLA 1983), jolloin puhutaan kokonaispitoisuudesta. Mineraalihappoja on käytetty laimeampina, eriväkevyisinä, yksin tai seoksina, jolloin saadaan kuningasvesiuuttoa pienempiä, helppoliukoisia pitoisuuksia. Niillä uuttuvat määrät ovat metallista riippuen muutamasta prosentista noin 50 prosenttiin (mm. FILIPINSKI 1989). Metallikompleksien muodostajilla, DTPA ja EDTA, on lisätty uuttokykyä metallien helppoliukoisten osuuksien määrittämisessä, kuten Suomessa käytetyssä hapanammoniumasetaatin ja EDTA:n seoksessa (LAKANEN ja ERVIÖ 1971). Myös neutraalisuoloja, kuten  $\text{CaCl}_2$ :a on käytetty uuttamaan metallien helppoliukoisia osuuksia (esim. KÖNIG 1986).

Useissa tutkimuksissa metallit on analysoitu maasta kokonaispitoisuuksina, jolloin tietysti on saatu suurempia arvoja kuin liukoisten osuuksien analysoinnissa. Suomalaisista viljelymaista on analysoitu sekä helppoliukoista että kuningasveteen uuttuvaa kadmiumia. Kokonaiskadmiumia oli viljelymaissamme vuonna 1974 keskimäärin 0,15 mg litrassa maata, kun samoista maista uuttui helppoliukoista kadmiumia keskimäärin 0,06 mg, joten helppoliukoisen osuus kokonaiskadmiumista oli 40 % (SIPPOLA ja MÄKELÄ-KURTTO 1986).

Suomalaisista, egyptiläisistä ja saksalaisista viljelymaanäytteistä selvitettiin kadmiumin, kromin, lyijyn ja nikkelin uuttumista eri liuoksilla, jolloin todettiin, että hapanammoniumasetaatti-EDTA-neste uutti kuningasvedellä uuttuvasta kadmiumista 64 %, kromista vain 0,26 %, lyijystä 34 % ja nikkelistä 4,5 % (BAGHDADY ja SIPPOLA 1984).

VERLOON ym. (1982) tutkimusten mukaan hapanammoniumasetaatti-EDTA-uutto antoi 65 % kuningasveteen uuttuneesta kokonaiskadmiumista, 53 % kuparista ja 66 % sinkistä.

## 4 MAAPERÄN RASKASMETALLI-KUORMITUS

### 4.1 Maaperän raskasmetallipitoisuudet Pohjoismaissa

Suomessa tehtiin vuosina 1974 ja 1987 normaalien peltomaiden ravinteiden ja myös raskasmetallien

inventointi elohopeaa lukuun ottamatta. Vuoden 1987 aineiston (ERVIÖ ym. 1990) mukaan viljelymaissamme oli helppoliukoisia, happaman ammoniumasetaatin ja EDTA:n seokseen uuttuvia metalleja, mg/litra maata keskimäärin: kadmium 0,08 (maksimi 0,27), kromi 0,33 (5,35), kupari 3,68 (29,8), lyijy 1,66 (36,4), nikkeli 0,90 (9,2) ja sinkki 3,70 (89,2). Elohopean keskimääräiseksi pitoisuudeksi on todettu kivennäismailla 0,05 ja eloperäisillä mailla 0,12 mg/kg maata (MÄKELÄ-KURTTO ja SIPPOLA 1986). HÄRDH (1977) on analysoinut  $\text{HNO}_3$ -uutolla elohopean viljelymaista teollisuuden ja taajamien lähialueilta ja saanut pitoisuuksien ääriarvoiksi 0,03–0,86 mg/kg maata mediaaniarvon ollessa 0,11.

Runsaasti raskasmetalleja sisältävissä pelto- ja puutarhamaissa Harjavallan teollisuuslaitosten ympäristössä saatiin keskiarvoiksi ja ääriarvoiksi seuraavat: kadmium 0,50 (0,12–1,9) mg/litra maata, kupari 83 (4,3–350), lyijy 17,2 (1,5–88), nikkeli 11 (1,4–57) ja sinkki 32 (2,5–94) (SIPPOLA ja ERVIÖ 1986). Harjavallan 44 maanäytteen eri metallien keskiarvot olivat yleisesti noin 10-kertaisia Suomen tavallisiin viljelymaihin nähden. Kuparin korkein Harjavallan arvo oli 12- ja nikkelin 6-kertainen muualta Suomesta löytyneisiin korkeimpiin arvoihin verrattuna (ERVIÖ ym. 1990).

Vantaan Tikkurilasta, lyijysulattamon lähiepelloista tavattiin erittäin suuria lyijypitoisuuksia (ERVIÖ ja LAKANEN 1973). Alle 500 metrin etäisyydeltä 10 näytteen liukoisen lyijyn keskiarvo oli 212 mg litrassa maata ja 21 näytteen keskiarvo 2000–3600 metrin etäisyydellä vielä 22 mg, kun edellä mainittu Suomen peltomaiden keskiarvo oli vain 1,7 mg.

Kokkolassa alle 4 kilometrin etäisyydellä sinkkitehtaasta todettiin puutarhamaissa keskimäärin 0,33 mg (maksimi 0,64) helppoliukoista kadmiumia ja 45 mg (maksimi 310) sinkkiä (SAARIKOSKI 1992). Kadmiumarvo oli pienempi, mutta sinkkiarvo suurempi kuin Harjavallan maaperässä keskimäärin.

Porvoon maalaiskunnan Neste Oy:n tuotantolaitosten ympäristöstä 1,3–4,4 km:n etäisyydeltä tutkittiin 13 puutarhan maat, joista todettiin kadmiumia keskimäärin 0,15 (maksimi 0,37), kuparia 9,0 (19,9), lyijyä 19,9 (98,0), nikkeliä 1,4 (2,7) ja sinkkiä

kiä 26,6 (93,0) mg/litra maata (ERVIÖ ja LINDSTEDT 1992).

Helsingin kaupungin alueelta viljelymaista saatiin keskimäärin seuraavat helppoliukoiset raskasmetallipitoisuudet: kadmium 0,38, kromi <2, kupari 24, lyijy 41, nikkeli 3,4 ja sinkki 57 mg litrassa maata (SINERVO ja AHONEN 1990). Nämä arvot ovat selvästi korkeampia kuin Suomen pelloissa yleisesti, mutta matalampia kuin Harjavallassa, lyijyä lukuun ottamatta.

Edellä kuvatut maan raskasmetallipitoisuudet on ilmaistu helppoliukoisina, uutettuna hapanammoniumasetaatin ja EDTA:n seoksella (LAKANEN ja ERVIÖ 1973) ja ilmoitettu milligrammoina litrassa maata.

Ruotsin viljelymaiden keskimääräinen kadmiumin kokonaispitoisuus on 0,24 mg/kg maata (ANDERSSON 1992). Puutarhamaista Norjassa on todettu seuraavia keskimääräisiä kokonaispitoisuuksia: kadmium 0,31, kupari 36, elohopea 0,12, lyijy 54 ja sinkki 222 (TUNGESVIK ym. 1984).

Teollisuusympäristöjen viljelymaiden raskasmetallikartoitusten perusteella voidaan Suomessa keskimäärin merkittävästi kohonneita pitoisuuksia todeta vain Harjavallassa kadmiumista, kuparista ja nikkelistä sekä Vantaan Tikkurilassa lyijystä. Yksittäisiä, hyvinkin korkeita pitoisuuksia löytyy paikallisesti joiltakin peltolohkoilta tai puutarhoista. Suomesta ja Pohjoismaista on vaikeaa löytää kohteita, joissa sokerijuurikkaan käyttö saastuneen maan puhdistajana olisi tarpeellista ja kannattavaa.

#### 4.2 Keski-Euroopan viljelymaiden raskasmetallitilanne

Teollistuneessa Euroopassa tavataan pahastikin saastuneita viljelymaita. Pohjois-Saksassa, Nordenhamissa, kilometrin päässä saastelähteestä oli maan kokonaiskadmiumipitoisuus 35 mg/kg maata, lyijypitoisuus 1300 ja sinkkipitoisuus 2400 mg (KOWALEWSKY ja VETTER 1982). Hollannin Arnhemissa on lyijysulattamon ympäristöstä 1 km:n säteellä analysoitu maasta keskimäärin 370 mg litrukoista lyijyä kg:ssa maata ja kadmiumia 1,6 mg, korkeimpien pitoisuuksien oltua yli 1000 mg lyijyä ja yli 3 mg kadmiumia (KEIZER ym. 1982). Hollannin ja Belgian rajaseudulla sinkkitehtaasta noin

5 km:n etäisyydeltä löytyi kokonaiskadmiumia 221 mg (LUIT ja SMILDE 1983).

Plockissa, Puolassa löytyi muutaman kilometrin säteellä teollisuuslaitoksista kromia 38 mg, lyijyä 302 mg ja nikkeliä 139 mg/kg maata, kun vertailualueilla oli vastaavasti vain 9,19 ja 99 mg (BIERNACKA ym. 1985).

Brnon kaupungin maaperässä Tsekissä todettiin kokonaispitoisuutena kadmiumia 54 näytteestä keskimäärin 0,49, kromia 6,7, lyijyä 50 ja elohopeaa 0,35 mg/kg maata (STRNAD ym. 1994), huolimatta siitä ettei mitään huomattavaa teollista saastelähdettä alueella ollut.

Puutarhamaista useasta kaupungista Englannissa otetuista näytteistä saatiin keskimäärin kadmiumia 0,53 mg/kg (maksimi 5,9) ja lyijyä 217 mg (maksimi 1976) (MOIR ja THORNTON 1989). Hollannin viljelymaiden keskimääräinen kloorivedyllä uutettu kadmiumipitoisuus oli 0,41 mg/kg maata (DRIEL ym. 1983), mutta saastuneilla Rein-joen tulva-alueilla jopa 16 mg/kg (DRIEL ja SMILDE 1982).

#### 5 SOKERIJUURIKKAAN RASKASMETALLIEN OTTO

Suomalaisessa tutkimuksessa, jossa useita kasvilajeja kasvatettiin samoilla paikoilla, saatiin sokerijuurikkaan naattien kadmiumipitoisuudeksi keskimäärin 0,68 mg/kg kuiva-ainetta, kun lantun naattien oli 0,27 ja vehnän olkien 0,25. Sokerijuurikkaan juuren Cd-pitoisuus taas oli noin 0,2, kun porkkanan ja punajuuren oli enemmän 0,43 ja 0,34, mutta viljojen jyvien ja heinien vain välillä 0,03–0,08 (SILLANPÄÄ ja JANSSEN 1991). Samassa tutkimuksessa sokerijuurikkaan naattien sinkkipitoisuus oli kaikkien kokeessa olleiden kasvien korkein, keskimäärin 108 ja juurien 28 mg/kg kuiva-ainetta. Eri viljojen jyvien sinkkipitoisuudet sijoittuivat 37 ja 56 mg/kg välille, mutta esimerkiksi porkkanassa oli vain 20 mg/kg sinkkiä (YLÄRANTA ja SILLANPÄÄ 1984, JANSSEN 1986a).

Maatalouden tutkimuskeskuksen tutkimusasemilla kasvatetuissa sokerijuurikkaissa naattien raskasmetallien pitoisuudet todettiin 3–9-kertaisiksi juurten pitoisuuksiin nähden:

	naatit	juuret
kadmium	0,68 mg/kg	0,20 mg/kg
lyijy	1,25	0,14
nikkeli	1,3	4,2
kupari	8,6	4,3
sinkki	108	28

(SILLANPÄÄ 1985, SILLANPÄÄ ym. 1988, SILLANPÄÄ ja JANSSON 1991, JANSSON 1986a ja 1986b).

Sokerijuurikkaan juurten kadmiumpitoisuus (0,55 mg/kg kuiva-ainetta) oli kuuden vuoden keskiarvona 45 % korkeampi runsaalla viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetussa hiesumaassa kuin tavanomaisen mineraalilannoituksen saaneessa maassa kasvaneissa juurikkaissa (0,38 mg). Lehtien pitoisuus oli 46 % enemmän kuin juurten (LARSEN 1984).

Bonnissa tehdyssä kokeessa oli sokerijuurikkaan juuren kadmiumpitoisuus 0,25–0,32, kun perunan oli 0,11–0,21 ja syysrukiin 0,01–0,03 mg/kg kuiva-ainetta (SAUERBECK 1983).

Viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetussa sokerijuurikkaan juuret sisälsivät 0,18 mg kadmiumia kilogrammassa kuiva-ainetta naattien sisältäessä 0,50 mg. Tavanomaisesti lannoitetun koejäsenen vastaavat kadmiumarvot olivat 0,06 ja 0,22 mg (SCHAAF ja von BOGUSLAWSKI 1982). Saksalaisessa 64 peltolohkon selvityksessä viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetun koejäsenen käyttö lisäsi sokerijuurikkaan juuren kadmiumpitoisuutta keskimäärin 0,13:sta 0,18:aan ja naattien 0,48:sta 0,56 milligrammaan kg:ssa kuiva-ainetta (KRÄMER ja KÖNIG 1982).

Tanskalaisista sokerijuurikkaista on juurista todettu kadmiumia keskimäärin 0,24 mg ja lehdistä 0,93 mg ja vastaavasti lyijyä 0,79 ja 4,7 mg sekä nikkeliä 0,72 ja 1,0 mg/kg kuiva-ainetta (HOVMAND 1984), joten lehtien kadmium oli lähes neljä- ja lyijyn kuusikertainen juurten pitoisuuksiin nähden.

Annettaessa 230 tonnia viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetun koejäsenen kadmiumpitoisuuden nousseen 0,73:sta 0,96:een kuparipitoisuuden 4,0:sta 7,7:ään ja sinkkipitoisuuden 35:stä 87:ään (SAUERBECK 1983).

Kun runsaasti raskasmetalleja sisältävää viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetun koejäsenen kadmiumpitoisuutta lisättiin kuudessa kenttäkokeessa tanskalaisilla tutkimusasemilla viljelymaahan, todettiin neljänä vuonna sokerijuurikkaan juurissa kilogrammassa kuiva-ainetta 0,5–0,9 mg kadmiumia, 0,4–1,6 mg kromia, 0,5–2,8 mg lyijyä sekä 0,9–2,4 mg nikkeliä ja lehdistä 1,1–2,0 mg kadmiumia, 2,3–3,5 mg kromia, 3,3–9,0 mg lyijyä sekä 1,5–5,1 mg nikkeliä (DAMGAARD-LARSEN ym. 1979). Näissä kokeissa sokerijuurikkaan lehtien kadmiumpitoisuudet olivat 2–3-, kromipitoisuudet 1–6-, lyijypitoisuudet 2–3- ja nikkelpitoisuudet 2-kertaiset juurien pitoisuuksiin verrattuina.

Hollannissa suoritettussa kenttäkokeessa de HAAN (1985) mittasi sokerijuurikkaan naateista noin kolme kertaa niin suuria kadmium-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuksia kuin juuresta ja kuparista vastaavasti 2,5-kertaisia.

SCHAAF ja von BOGUSLAWSKI (1982) totesivat erisuuruisia määriä viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetun koejäsenen saaneilla koeruuduilla sokerijuurikkaiden naattien sisältäneen elohopeaa, kadmiumia, kromia, lyijyä, nikkeliä ja sinkkiä 2–4-kertaisen määrän juuriin nähden. Kuparin pitoisuudet olivat juurissa ja naateissa samaa tasoa.

Sokerijuurikkaan lehtien kadmiumpitoisuus oli 0,33 ja juuren 0,17 mg/kg kuiva-ainetta kenttäkokeessa, jossa viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetun koejäsenen kadmiumia hehtaarille. Lehtien ja juurten muut raskasmetallipitoisuudet olivat vastaavasti: elohopea 0,12 ja 0,04, kupari 9 ja 16, lyijy 33 ja 3 sekä sinkki 61 ja 63 viemäri- ja lehtimäärällä lannoitetun koejäsenen levitystä seuranneena vuonna (KICK ja POLETCHNY 1979).

Astiakokeessa raskasmetalleilla saastuneessa maassa kasvatetun sokerijuurikkaan naattien kadmiumpitoisuudeksi saatiin 12 mg ja juuren vain 0,3 mg/kg kuiva-ainetta (DAVIS ja CARLTON-SMITH 1980). Samassa kokeessa kasvaneen lantun naattien kadmiumpitoisuus oli 9 mg, mutta juurien sokerijuurikkasta enemmän 0,9 mg/kg kuiva-ainetta. Tämän kokeen sokerijuurikkaan muiden raskasmetallien pitoisuudet olivat: kupari lehdet 21 ja juuri 9, lyijy lehdet 4,5 ja juuri 1,5, nikkeli lehdet 7 ja juuri 1 sekä sinkki lehdet 600 ja juuri 100 mg/kg kuiva-ainetta. Naattien kadmiumpitoisuus oli siten 40 kertaa, kuparin 2, lyijyn 3, nikkelin 7 ja

sinkin 6 kertaa niin suuri kuin juuren vastaava pitoisuus.

Saastuneessa maassa Puolan Plockissa kasvaneissa juurikkaissa todettiin lehtien kromi-, lyijy- ja nikkelpitoisuuksiksi 9,7, 58 ja 12,5 sekä juurten vastaaviksi 4,3, 32 ja 8,2 (BIERNACKA ym. 1985).

Viemäri- ja sadevesissä saaneissa kenttäkokeissa Bonnissa sokerijuurikkaan kromipitoisuus oli 0,52–0,91 mg/kg kuiva-ainetta, keväthehän samaa luokkaa, syysrukiin suurempi 0,77–1,39 mg/kg kuiva-ainetta, mutta perunan alhaisempi 0,32–0,53 mg/kg kuiva-ainetta. Samassa kokeessa sokerijuurikkaan ja keväthehän kuparipitoisuus oli suunnilleen sama 5–6 mg/kg kuiva-ainetta, perunan oli hieman suurempi 5–7 ja syysrukiin pienin, alle 5 mg/kg kuiva-ainetta. Juurikkaan lyijypitoisuudeksi saatiin 0,9–1,4 mg/kg, perunan 0,5–1,0 ja syysrukiille korkein pitoisuus 2,2–2,4 mg/kg kuiva-ainetta. Muualla Saksassa suoritetuissa kokeissa viljojen lyijypitoisuudet jäivät alle 1 mg:n, mutta heinän nousi 2,5–5,1 mg:aan (SAUERBECK 1983).

Saksan Giessenissä viemäri- ja sadevesien käyttökokeessa nikkelin pitoisuus vaihteli sokerijuurikkaassa 0,3–1,3 mg/kg. Bonnin ja Münchenin kokeissa viljojen jyvien nikkelpitoisuus jäi yleensä alle 0,8 mg/kg kuiva-ainetta (SAUERBECK 1983).

Astia- ja kasvatustutkimuksissa saastuneessa maassa kasvatetun sokerijuurikkaan naattien kad-

miumpitoisuudeksi saatiin 12 mg ja juuren vain 0,3 mg/kg kuiva-ainetta (DAVIS ja CARLTON-SMITH 1980). Samassa kokeessa kasvaneen lantun naattien kadmium-pitoisuus oli 9 mg, mutta juurien sokerijuurikasta enemmän 0,9 mg/kg kuiva-ainetta. Tämän kokeen muiden sokerijuurikkaan raskasmetallien pitoisuudet olivat: kupari lehdet 21 ja juuri 9, lyijy lehdet 4,5 ja juuri 1,5, nikkeli lehdet 7 ja juuri 1 sekä sinkki lehdet 600 ja juuri 100 mg/kg kuiva-ainetta. Naattien kadmiumpitoisuus oli siten 40, kuparin 2, lyijyn 3, nikkelin 7 ja sinkin 6 kertaa niin suuri kuin juuren vastaava pitoisuus.

Sokerijuurikkaan juurten kadmiumpitoisuus edellä esitettyjen selvitysten mukaan vaihteli 0,13:sta 0,32 mg/kg kuiva-ainetta. Jälkimmäinen arvo edustaa kadmiumilla saastuneiden maiden arvoa. Juurten tavanomaisena kadmiumpitoisuutena voidaan pitää 0,20 mg/kg kuiva-ainetta. Juurikkaan naattien arvo taas vaihteli 0,33:sta 0,68:aan, jolloin tavanomaiseksi pitoisuudeksi muodostui 0,50 mg. Naattien kadmiumpitoisuus kuiva-aineessa oli siten 2,5-kertainen juurten pitoisuuksiin nähden.

## 6 SOKERIJUURIKASMAAN RASKASMETALLITASEET

Tanskalaisissa kenttäkokeissa juurikassato otti hehtaaria kohti laskettuna 9,3, peruna 3,2, nurmi 1,5 ja ohra 0,7 grammaa kadmiumia runsaasti viemäri- ja sadevesien saaneilta ruuduilta (LARSEN 1984).

**Taulukko 1. Raskasmetallien poistumat 30 tonnin juurikassadon ja 30 tonnin naattisadon mukana hehtaarilta.**

		Raskasmetallia mg/kg kuiva-ainetta	Sadossa poistuu hehtaarilta g
Elohopea	juuri	0,04	0,3
	naatit	0,12	3,9
Kadmium	juuri	0,2 – 2,4	1,4 – 17
	naatit	0,5	4,3
Kromi	juuri	0,5 – 4,3	3,4 – 30
	naatit	9,7	38
Kupari	juuri	4 – 9	28 – 62
	naatit	9 – 21	35 – 82
Lyijy	juuri	0,1 – 32	0,7 – 221
	naatit	1,2 – 58	4,7 – 226
Nikkeli	juuri	0,3 – 8,2	2,1 – 57
	naatit	7 – 12,5	27 – 49
Sinkki	juuri	28 – 63	193 – 435
	naatit	61 – 108	240 – 421

Kadmiumia poistui kasvien oton kautta ruotsalaisen selvityksen mukaan 0,1–0,3 g hehtaarilta vuodessa tavanomaisessa kasvinvuorotuksessa (WITTER ym. 1990).

Eri viljelykasvien raskasmetallipitoisuudet kuiva-aineessa eivät anna vielä suoraan kuvaa metallipoitumista pellostaan sadon mukana, vaan arvioissa on otettava huomioon myös kuiva-ainesadon suuruus. Sokerijuurikkaan juuren kuiva-ainesato muodostuu myös Suomen oloissa huomattavan suureksi, noin 6900 kg:ksi, kun keskisatona hehtaarilta pidetään 30 000 kg ja kuiva-ainepitoisuutena 23 %. Lantun ja perunan kuiva-ainesato jää alle 5000 kg, säilörehuheinän alle 4000 ja viljojen selvästi alle 3000 kg.

Sokerijuurikkaan todettiin saastumattomilla pelloilla kasvaessaan sisältävän kadmiumia 0,2 mg/kg

kuiva-ainetta ja saastuneessa maassa kasvaessaan jopa 2,4 mg. Juuressa poistuu 30 000 kilogramman sadon mukana hehtaarilta silloin kadmiumia 1,4 tai 16,6 g. Naattisadon ollessa Suomen oloissa hehtaarilta 30 000 kg ja kuiva-ainepitoisuuden 13 % on kadmiumpoistuma niiden mukana noin 0,2 g, jos naattien kadmiumpitoisuutena pidetään 0,5 mg/kg, mutta poistuma nousee 4,3 g:aan, jos juurikas on kasvanut saastuneessa maassa ja naattien pitoisuudeksi on todettu 1,1 mg/kg kuiva-ainetta. Naattien kadmium joutuu kuitenkin yleensä takaisin peltoon joko suoraan korjuun yhteydessä tai karjan kautta lantana. Juurikassadon kadmiumin kokonaispoistumaksi voisi edellisen perusteella tulla 2,6–20,9 g hehtaarilta. Samoilla perusteilla laskettiin muiden raskasmetallien poistumat sokerijuurikkaan sadon mukana (Taulukko 1).

## KIRJALLISUUS

- ANDERSSON, A. 1992. Cadmium in Swedish soils and wheat production. NTES Fourth Nordic Conference on Trace Elements in Health and Disease, Stockholm. 11 p.
- BAGHDADY, N. H. & SIPPOLA, J. 1983. Efficiency of aqua regia in extracting Cd, Cr, Hg, Ni and Pb from soils of different origins. *Annales Agriculturae Fenniae* 22: 240–244.
- & SIPPOLA, J. 1984. Extrability of polluting elements Cd, Cr, Ni and Pb of soil with three methods. *Acta Agriculturae Scandinavica* 34: 345–348.
- BIERNACKA, E., LIWSKI, S. & PAWLAC, L. 1985. Effect of petrochemistry and refinery industry on contamination of soil and plants with trace elements. *Annals Warsaw Agricultural University SGGW-AR Land Reclamation* No. 21: 9–13.
- CHRISTIE, P. 1990. Accumulation of potentially toxic metals in grassland from long-term slurry application. In: Merckx, R. et al. (eds.). *Fertilization and the environment*. Leuven. p. 124–130.
- DAMGAARD-LARSEN, S., SØNGAARD KLAUSEN, P. & LARSEN, F. E. 1979. Engangstilførsel af slam fra rensningsanlæg til landbruksjord. *Tidskrift for Planavl* 83: 387–403.
- DAVIS, R. D. & CARLTON-SMITH, C. 1980. Crops as indicator of the significance of soil contamination by heavy metals. Water Research Centre, Technical Report TR 140. 44 p.
- DELSCHEN, T. & WERNER, W. 1989. Zur Aussagekraft der Schwermetallgrenzenwerte in klärschlammgedüngten Böden. *Landwirtschaftliche Forschung* 42: 29–39.
- DRIEL, W. van, & SMILDE, K. W. 1982. Heavy-metal contents of Dutch arable soils. *Landwirtschaftliche Forschung. Sonderheft* 38: 305–313.
- , GOOR, B. J. van & WIERSMA, D. 1983. Cadmium in Nederlandse cultuurgronden. *Bedrijfsontwikkeling* 14: 476–480.
- ERVIO, R. & LAKANEN, E. 1973. Maan lyijysaastumien sulattamon ympäristössä Tikkurilassa. *Annales Agriculturae Fenniae* 12: 200–206.
- , MÄKELÄ-KURTTO, R. & SIPPOLA, J. 1990. Chemical characteristics of Finnish agricultural soils in 1974 and in 1987. In: Kauppi, et al. (eds.). *Acidification in Finland*. Springer-Verlag, Berlin. p. 214–234.
- & LINDSTEDT, L. 1992. Punaherukan, porkkanan ja kangastatin raskasmetallipitoisuudet Neste Oy:n tuotantolaitosten ympäristössä Porvoon mlk:ssa. *Ympäristö ja Terveys* 23: 451–457.

- FILIPINSKY, M. 1989. Pflanzenaufnahme und Lösbarkeit von Schwermetallen aus Böden hoher geogener Anreicherung und zusätzlicher Belastung. 139 p. Göttingen.
- HAAN, S. de 1985. Results of large-scaled field experiments with sewage sludge as an organic fertilizer for arable soils in different regions of the Netherlands. In: Williams et al. (eds.). Long-term Effect of Sewage Sludge and Farm Slurries Applications. London. p. 57–72.
- HOVMAND, M. F. 1984. Cycling of Pb, Cd, Cu, Zn and Ni in Danish agricultural. In: Berglund et al. (eds.) Utilization of sewage sludge on land: Rates of application and long-term effect of metals. Commission of the European Communities. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- HÄRDH, H. 1977. Raskasmetallit ravintokasveissa ja maassa. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 49: 209–220.
- JANSSON, H. 1986a. Viljelykasviemme sinkkipitoisuudet. Koetoiminta ja Käytäntö 43: 11.
- 1986b. Viljelykasviemme kuparipitoisuudet. Koetoiminta ja Käytäntö 43: 50.
- KEIZER, M. G., HOOGHMSTRA-TIELBEEK, M. & HAAN, F. A. M. de 1982. Contamination of soil and street dust with lead and cadmium near a lead smelter at Arnhem, Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science 29: 227–235.
- KIEKENS, L. & CAMERLYNCK, R. 1982. Transfer characteristics for uptake of heavy metals by plants. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 39: 255–261.
- KICK, H. & POLETSCHNY, H. 1979. Ein Kurzbericht über langjährige Feldversuche mit Müllkomposten und Klärschlämmen. Schwermetallgehalte in der Erntemasse. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 35: 412–418.
- KLOKE, A. 1980. Richtwerte '80: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente für Kulturböden. VDLUFA-Mitteilungen, Heft 1–3: 9–11.
- KOWALEWSKY, H. H. & VETTER, H. 1982. Möglichkeiten zur Herabsetzung der Schwermetallbelastung in Futter und Nahrung. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 39: 165–175.
- KRÄMER, F. & KÖNIG, W. 1982. Cadmiumgehalte in Böden und Pflanzen auf klärschlammgedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 39: 434–447.
- KÖNIG, W. 1985. Schwermetallbelastung von Böden und Kulturpflanzen im Einflussbereich verschiedener Belastungsursachen — Ergebnisse einer Erhebungsuntersuchung in Nordrhein-Westfalen. Verband Deutscher Landwirtschaftsentwicklung und Forstplanung NW 16. Kongressband: 239–248.
- 1986. Ursachen und Einflussfaktoren für die Schwermetallgehalte von Böden und Kulturpflanzen. Forschung und Beratung. Reihe C. Heft 43. 105 p.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agriculturae Fenniae 123: 223–232.
- LARSEN, K. E. 1984. Cadmium content in soil and crops after use of sewage sludge. In: Berglund et al. (eds.). Utilization of sewage sludge on land: Rates of application and long-term effects of metals. Proceedings of a Seminar held at Uppsala 1983. p. 157–165.
- LUIT, B. van & SMILDE, K. W. 1983. Onderzoek naar de verontreiniging met cadmium en zink van grond en gewas in de omgeving van zinkfabrieken. Bedrijfsontwikkeling 14: 489–492.
- McGRATH, S. P., SIDOLI, C. M., BAKER, A. J. M. & REEVERS, R. D. 1994. Using plants to clean up heavy metals in soils. 15th World Congress of Soil Science, Mexico. Volume 4a: 362–363.
- MOIR, A. & THORNTON, I. 1989. Lead and cadmium in urban soils and vegetables in the UK. International Conference Heavy Metals in the Environment. Geneva. Volume 2: 206.
- MORTVEDT, J. J. 1984. Cadmium and zinc uptake by vegetable tissues after nine annual applications of phosphate fertilizer to soil. Trace substances in environmental health. Proceeding 18th Annual Conference. Colombia, Missouri. p. 283–291.
- MÄKELÄ-KURTTO, R. & SIPPOLA, J. 1986. Viljelymaittemme elohopeapitoisuus. Koetoiminta ja Käytäntö 43:9.
- SAARIKOSKI, H. 1992. Kadmium- ja sinkkipitoisuudet Kokkolan puutarhamaissa ja -kasveissa. Ympäristö ja Terveys 23: 488–494.
- Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Ympäristöministeriö, Muistio 5. 218 p. Helsinki 1994.
- SAUERBECK, D. R. 1983. A compilation of data from field experiments with heavy additions of sludge or town waste compost in the FRG. The 4th consultation of the European Cooperative Network on Trace Elements, Aarhus. 40 p.
- SCHAAF, H. & BOGUSLAWSKI, E. von 1982. Schwermetallanreicherung in Boden und Pflanze bei langjähriger Anwendung von Klärschlamm. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 39: 224–237.
- SILLANPÄÄ, M. 1985. Comparison of microelement contents of different plant species grown side by side. Newsletter from the F.A.O. European Network on Trace Elements. Gent, Belgium. 4. issue. p. 83–91.
- , YLÄRANTA, T. & JANSSON, H. 1988. Lead contents of different plant species grown side by side. Annales Agriculturae Fenniae 27: 39–43.
- & JANSSON, H. 1991. Cadmium and sulphur contents of different plant species grown side by side. Annales Agriculturae Fenniae 30: 407–413.
- SINERVO, T. & AHONEN, S. 1990. Viljelymaan ja kasvien raskasmetallipitoisuudet Helsingin alueella 1985. Helsingin kaupungin terveystieteiden Raportteja. Sarja B. 49. 10 p.
- SIPPOLA, J. & ERVIÖ, R. 1986. Raskasmetallit maaperässä ja viljelykasveissa Harjavallan tehtaiden ympäristössä. Ympäristö ja Terveys 21: 270–275.
- & MÄKELÄ-KURTTO, R. 1986. Cadmium in cultivated Finnish soils. Annales Agriculturae Fenniae 25: 255–263.

- SMLDE, M. & LUIT, B. van. 1983. The effect of phosphate fertilizer cadmium on cadmium in soils and crops. Instituut vor Bodemvruchtbaarheid, Rapport 6. 17 p.
- STRNAD, M., SANKA, M., BOHACEK, Z., BORKOVCOVA, I. & VONDRA, J. 1994. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 54: 233–248.
- Suomen säädöskokoelma /A282/1994: 803–807. Valtionneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä.
- TUNGESVIK, K., LINDSTAD, L-C. & SKØIEN, S. 1984. Innhold av tungmetaller i jordsmonn og matplanter i Oslo-området. *Gartneryrket* 74: 612–614.
- VERLOO, M., COTTENIE, A. & LANDSCHOOT, G. van 1982. Analytical and biological criteria with regard to soil pollution. *Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft* 39: 394–403.
- WITTER, E., KIRCHMANN, H. & STEINECK, S. 1990. Cadmium removal by crops under field conditions in Sweden. In: Merckx, et al. (eds.). *Fertilization and the Environment*. Leuven. p. 116–123.
- YLÄRANTA, T. & SILLANPÄÄ, M. 1984. Micronutrient contents of different plant species grown side by side. *Annales Agriculturae Fenniae* 23: 158–170.

## MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätropsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
15. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E., NISSINEN, O., AHVENNIEMI, P., LAURILA, A. & RAVANTTI, S. Lannoituksen ja leikkuukorkeuden vaikutus nata- ja niittynurmikkalajikkeiden peittävyYTEEN ja kestävyYTEEN nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.

18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kainuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***  
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.  
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970–90. 116 p.

## 1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloja Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehokasvatuskokeiden tuloksia.**  
 SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyshiehot. P. 4–23.  
 KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.  
 KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.  
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. Lapinlahti. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91.** 57 p. + 1 liite.  
 KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.  
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.  
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.  
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

## 1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu–vilja- ja heinä–vilja–urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.–6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th–6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen “Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla.” *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled ‘Energy production in the areas released from food production.’* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. (*Summary: The significance of culinary herbs to bees.*) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljelyyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. (*Summary; Sammanfattning.*) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. (*English summary.*) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profitability.* 52 p. + 3 liitettä.  
 SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7–43.  
 SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44–52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.*) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.  
 MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) p. 7–23.  
 RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) p. 25–33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasen viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 66 p. + 7 liitettä.

## 1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
3. HAKKOLA, H. Turpeeseen sekoitetun naudanlietelannan lannoitusvaikutus ja varastoinnin aikaiset ravinnehävikit. (*Summary: The fertilization effect of peat manure and nutrient losses during storage.*) 20 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
5. KEMPPAINEN, R. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. (*Summary: Effect of fertilization method on yield and yield quality of carrot, potato and barley. Comparison between compost and mineral fertilizer.*) 29 p. + 5 liitettä.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.
7. VÄNNINEN, I. Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Vuoden 1992 kyselytutkimuksen tulokset. (*Summary: Pests and pesticide usage on greenhouse cultivations. Results of a questionnaire survey from 1992.*) 30 p.
8. VIRKAJÄRVI, P. & KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. 21 p. + 1 liite.
9. RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S. & HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (*Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.*) 54 p.

10. KALLIO, M. & SAIRANEN, S. Kotieläinten luonnonmukainen ruokinta. Kirjallisuuskatsaus. 20 p.
11. REGÅRDH, E. & NIEMELÄINEN, O. Luonnonvaraisten ruohovartisten kasvien siemenlisäyksen kehittäminen. Kirjallisuusselvitys. (*Summary: Developing the seed multiplication of herbaceous wild plants. A literature survey.*) 50 p. + 2 liitettä.
12. PAHKALA, K., MELA, T. & LAAMANEN, L. Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Alustavan tutkimuksen loppuraportti 1990–1992. (*Summary: Prospects for the production and use of agrofibre in Finland. Final report of the preliminary study in 1990–1992.*) 56 p. + 2 liitettä.
13. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA, H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen kaliumlannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. (*Summary: Grass production on cut-away peatlands. Potassium fertilization of timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.*) 23 p. + 10 liitettä.
14. LAITINEN, P. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. 44 p.
15. URVAS, L. Salaojavesien ravinnehuhtoutumat karjatiljoilla. (*Summary: Leached nutrients in drain water on livestock farms.*) 32 p.
16. KEMPPAINEN, E. Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. (*Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial.*) 46 p. + 2 liitettä.
17. ALAKUKKU, L. & ELONEN, P. Syksyn kuljetusajon aiheuttama savimaan tiivistyminen. (*Summary: Compaction of a heavy clay soil by transport traffic in autumn.*) 30 p. + 13 liitettä.
18. KOIKKALAINEN, K. Luonnonmukaisen viljelyn talousseuranta. (*Summary: Economic follow-up of ecological farming.*) 23 p.
19. NISSINEN, O. & HAKKOLA, H. Korjuutavan ja kasvilajin vaikutus nurmen tuottokykyyn Pohjois-Suomessa. (*Summary: The effect of the harvesting method and plant species on the grassland productivity in North Finland.*) 48 p.

## 1995

1. LEPPÄNEN, A. & ESALA, M. Keväisen mineraalityppianalyysin käyttö lannoitustarpeen enustamisessa. Esitutkimus. (*Summary: Analysis of mineral nitrogen in soil in spring for assessing nitrogen fertilizer requirement in Finland. A preliminary study.*) 29 p. + 1 liite.
2. JÄRVI, A., KANGAS, A., MUSTONEN, L., SALO, Y., TALVITIE, H., VUORINEN, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1987–1994. 126 p.
3. AULA, S. & TALVITIE, H. Ruis- ja kevätvehnälajikkeiden soveltuvuus luonnonmukaiseen viljelyyn. (*Summary: The suitability of rye and spring wheat varieties for ecological cultivation.*) 46 p. + 6 liitettä.

4. **Lammas ja laidun.** (*Summary: Sheep production on pasture.*) (*Sammandrag: Får på betet.*) 60 p.  
 SAIRANEN, S. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Laidun lampaiden ruokinnassa. Kirjallisuuskat-  
 saus. (*Sheep grazing. Literature review.*) p. 8–40.  
 SORMUNEN-CRISTIAN, R., SAIRANEN, S. & PAASIKALLIO, A. Lampaiden ruokintatutkimuk-  
 set laitumella. (*Grazing experiments with sheep.*) p. 41–60.
  
5. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maiseman- ja ympäristönhoito osana maaseudun kehittämis-  
 tä. Delfoi-tutkimuksen tulokset. (*Abstract: Landscape and environmental management as a  
 part of the rural development. Results of the Delphoi study.*) 33 p. + 2 liitettä
  
6. JUHANOJA, S. & HEIKKILÄ, M. Hallitusti liukenevan lannoitteen käyttö alppiruusujen taimi-  
 kasvatuksessa. (*Summary: Effect of three modifications of controlled-release fertilizer (Os-  
 mocote) on the growth and flowering of micropropagated plantlets of rhododendrons.*) 22 p.  
 + 4 liitettä.
  
7. HUOKUNA, E., DALMAN, P., NYKÄNEN-KURKI, P., GALAMBOSI, B., HÄKKINEN, S. &  
 SORMUNEN-CRISTIAN, R. Etelä-Savon tutkimusasema 75 vuotta. Tutkimusta ja koetoimintaa  
 viljelijän hyväksi vuodesta 1919. 69 p.
  
8. **Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla.** (*Summary: The effect of plant growth regula-  
 tors on rye.*) 31 p.  
 ERVIÖ, L-R., VANHALA, P., KONTTURI, M. & KANGAS, A. Kasvunsäätteiden käyttökelpoi-  
 suus rukiilla. (*Summary: The effect of plant growth regulators on rye.*) p. 1–19.  
 JUNNILA, S. Moddus 250 EC rukiin kasvunsäätteenä. (*Summary: Moddus 250 EC as a plant  
 growth regulator in rye.*) p. 21–27.  
 Viljojen kasvunsäätteitä käsittelevää kirjallisuutta. (*Litterature concerning plant growth regu-  
 lators in cereals.*)
  
9. ERVIÖ, R. Sokerijuurikas raskasmetalleilla saastuneen maan puhdistajana. Kirjallisuuskat-  
 saus. (*Summary: Sugar beet as a cleaner of contaminated arable soil. A literature survey.*)  
 14 p.

**JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**Kirjasto**

**31600 JOKIOINEN**

**puh. (916) 41881, telekopio (916) 4188 339**

**HINTA: 50 mk (+ alv.)**