

Porakaivoveden radon- ja uraanikartasto

P. Vesterbacka, K. Vaaramaa

Porakaivoveden radon- ja uraanikartastot

P. Vesterbacka, K. Vaaramaa

Tässä raporttisarjassa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 978-952-478-777-2 (pdf)
ISSN 0781-1705

Elektroninen versio: <http://www.stuk.fi>

Helsinki 2013

VESTERBACKA P., VAARAMAA K. Porakaivoveden radon- ja uraanikartasto. STUK-A256, Helsinki 2013, 59 s.

Avainsanat: radon, uraani, porakaivo, kunta, maakunta, kalliopohjavesi

Tiivistelmä

Säteilysuojelun kannalta tärkein talousveden radioaktiivinen aine on radon-222, jota esiintyy erityisesti porakaivovesissä. Radonpitoisuuden keskiarvo verkostovedessä on 27 Bq/l, rengaskaivovedessä 50 Bq/l ja porakaivovedessä 460 Bq/l. Arviolta 200 000 suomalaista käyttää porakaivojen vettä. Noin 10 % eli 20 000 ihmistä käyttää vettä, jonka radonpitoisuus ylittää Säteilyturvakeskukseen yksityiskaivoille suositteleman enimmäisarvon 1 000 Bq/l.

Korkeita uraanipitoisuuksia tavataan etenkin eteläisimmän Suomen graniittialueiden porakaivojen vesissä. Suomessa oma porakaivo on verrattain yleinen haja-asutusseudun vesilähde ja tämän vuoksi uraanille altistuu huomattava joukko ihmisiä. Keskimääräistä uraanialtistumista talousveden välityksellä on tutkittu STUKissa vuosina 2005–2008. Talousveden keskimääräinen uraanipitoisuus Suomessa oli 1,25 µg/l, mikä on yli kymmenen kertaa suurempi kuin maailmanlaajuinen keskiarvopitoisuus 0,08 µg/l. Julkisten vesilaitosten vesissä uraanipitoisuus on yleensä alhaisempi, alle 1 µg/l. Porakaivovesissä ja yksityisten kaivovesien keskimääräinen uraanipitoisuus on Etelä-Suomessa suurempi kuin muualla Suomessa. WHO:n ohjearvon, 30 µg/l, juomaveden uraanipitoisuudelle ylittää 13 % Suomen porakaivoista.

Tämä raportti pyrkii antamaan tietoa siitä, millä alueilla esiintyy kohonneita radon- ja uraanipitoisuuksia ja mistä puuttuu mittaustuloksia. Tietoja tarvitaan, kun suunnitellaan kalliopohjavesivarojen hyödyntämistä ja haja-asutusalueiden vesihuoltoa. Raportti on yhteenveto kaikista Säteilyturvakeskukseen vesitietokantaan heinäkuuhun 2012 mennessä tallennetuista porakaivoveden radonin ja uraanin mittauksista.

Tulokset on esitetty taulukkoina ja karttoina. Taulukoissa on esitetty radon- ja uraanipitoisuuden tunnuslukuja kaikista mitatuista porakaivoista kunnittain ja maakunnittain. Koko Suomen kartoissa on tarkasteltu radon- ja uraanipitoisuuden keskiarvoja 10 x 10 km:n ruutuja kohti ja kunnittain. Yksityiskohtaisemmissa kartoissa on tarkasteltu radon- ja uraanipitoisuuden keskiarvoja 5 x 5 km:n ruuduissa eri aluehallintovirastojen alueilla.

Sisällys

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	6
2 TALOUSVEDEN RADIOAKTIIVISUUS SUOMESSA	8
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	11
3.1 Radonaineisto	11
3.2 Uraaniaineisto	11
3.3 Porakaivon sijainti	11
3.4 Vesinäytteen ottaminen	13
3.5 Radon- ja uraanipitoisuuden määrittäminen	13
4 TULOKSET	16
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	17
6 KIRJALLISUUSVIITTEET	19
7 TAULUKOT	23
8 KARTAT	42

Alkusanat

Säteilyturvakeskuksen vuonna 2000 julkaisema Suomen porakaivovesien radonkartasto toi esiin ne alueet, joissa radonia esiintyy eniten. Tässä ilmentyvässä kartastossa esitettävät radontulokset pohjautuvat tähän vuonna 2000 julkaistuun porakaivoaineistoon, joka on päivitetty Säteilyturvakeskuksen aineistolla vuoteen 2012 saakka. Porakaivovesien uraanipitoisuuksista ei ole aikaisemmin esitetty yhteenvetoja kunnittain eikä alueellisia karttoja. Tämän kartaston uraaniaineisto pohjautuu Säteilyturvakeskuksen tekemiin mittauksiin alkaen 1970-luvun lopulta vuoteen 2012 saakka.

Tällaiset kartastot eivät olisi mahdollisia ilman monien kymmenien, jopa satojen ihmisten työpanosta kymmenien vuosien aikana. Säteilyturvakeskuksen ja Geologian tutkimuskeskuksen välinen yhteistyö on tuottanut tietoa tuhansien porakaivojen radon- ja uraanipitoisuudesta. Kuntien terveystarkastajat ovat sekä toimittaneet näytteitä että auttaneet omien kuntienssa alueilla sijaitsevien kaivojen koordinaattien selvityksessä. Useat paikalliset elintarvike- ja ympäristölaboratoriot ovat antaneet Säteilyturvakeskuksen käyttöön porakaivovesien radonmittaustuloksia. Säteilyturvakeskuksessa kartastojen syntyyn ovat vuosien mittaan vaikuttaneet useat henkilöt.

Tätä tutkimusta on rahoittanut sosiaali- ja terveysministeriö.

1 Johdanto

Säteilyturvakeskus on tutkinut talousveden radioaktiivisuutta 1960-luvun lopulta lähtien (Asikainen 1977, 1982, Salonen 1992, 1994, 1995, Vesterbacka 2005, 2006). Yksityistalouksista on mitattu noin 8 700 porakaivoa ja lähes 5 000 rengas- ja lähdekaivoa. Kaikista näytteistä on mitattu radonpitoisuus ja suuresta osasta myös muita radioaktiivisia aineita.

Säteilysuojelun kannalta tärkein talousveden radioaktiivinen aine on radon (^{222}Rn), jota esiintyy erityisesti porakaivovesissä. Radon on hajuton, mauton ja näkymätön kaasu. Radon vapautuu vedenkäytön yhteydessä ilmaan, jolloin säteilyannosta aiheutuu hengityksen mukana keuhkoille. Veden mukana nautittu radon aiheuttaa säteilyannosta mahalaukulle ja jonkin verran muulle elimistölle. Juomaveden radonin aiheuttama säteilyriski on koko maan osalta huomattavasti pienempi kuin huoneilman radonin aiheuttama riski. Porakaivon käyttäjillä se on kuitenkin keskimäärin samaa suuruusluokkaa kuin maaperästä huoneilmaan tunkeutuvan radonin aiheuttama säteilyriski.

Noin 4,9 miljoonaa suomalaista saa talousvetensä vesihuoltolaitosten vesijohtoverkostojen kautta. Arviolta 500 000 ihmistä käyttää maaperään kaivettujen rengaskaivojen vettä tai kallioporakaivojen vettä. Lisäksi rengas- ja porakaivojen vettä käytetään vapaa-ajanasunnoissa.

Säteilyturvakeskus (STUK) on asettanut vuonna 1993 toimenpiderajat vesilaitosten veden ja elintarvikkeiden valmistuksessa käytettävän veden radioaktiivisuudelle (ohje ST 12.3). Toimenpideraja veden radonpitoisuudelle on 300 Bq/l. Vuonna 2000 sosiaali- ja terveysministeriö antoi talousvesiasetuksen 461/2000. Asetus koskee isoja vesilaitoksia ja siinä on annettu laatusuositukset talousveden radioaktiivisuudelle. Asetuksen mukaan talousveden tritiumpitoisuus (^3H) saa olla enintään 100 Bq/l ja juomavedestä aiheutuva viitteellinen kokonaisannos saa olla korkeintaan 0,1 mSv vuodessa. Viitteellinen kokonaisannos tarkoittaa, että vedessä olevien radioaktiivisten aineiden, muiden kuin radonin, toimenpidearvot ovat 0,1–3,0 Bq/l. Jos toimenpideraja ylittyy, toiminnan harjoittajan tulee pienentää radioaktiivisten aineiden määrää vedessä.

Sosiaali- ja terveysministeriön pieniä vesilaitoksia ja yksityisiä kaivoja koskevassa asetuksessa 401/2001 on asetettu radonpitoisuutta koskevaksi laatusuositukseksi pienille talousvesiyksiköille 300 Bq/l ja yksityiselle kaivovedelle 1 000 Bq/l.

STUK suosittelee harkitsemaan toimenpiteitä uraanin (^{238}U) poistamiseksi juomavedestä, jos veden uraanipitoisuus ylittää arvon 100 µg/l. Tämä perustuu uraanin haitallisuuteen radioaktiivisena aineena. WHO on asettanut veden uraanipitoisuudelle suositusarvon 30 µg/l, mikä perustuu uraanin kemi-

alliseen myrkyllisyyteen. Talusveden säädöksiin on tulossa muutoksia lähivuosina ja käytännön ohjeet mittaamisesta tullaan antamaan erikseen.

Suomen ensimmäinen porakaivovesien radonkartasto julkaistiin vuonna 2000. Kartasto sisälsi tiedon noin 9 200 porakaivon radonpitoisuudesta. Tässä raportissa radonmittauksia on noin 11 300 porakaivon vedestä. Korkeita pitoisuuksia esiintyy samoilla Etelä-Suomen alueilla.

Tämä raportti pyrkii antamaan päivitettyä tietoa siitä, millä alueilla esiintyy kohonneita radon- ja uraanipitoisuuksia ja mistä puuttuu mittaustuloksia. Uraanin osalta vastaavaa tietoa ei ole aikaisemmin julkaistu. Tietoja tarvitaan, kun suunnitellaan kalliopohjavesivarojen hyödyntämistä ja haja-asutusalueiden vesihuoltoa.

2 Talousveden radioaktiivisuus Suomessa

Talousvedessä olevat luonnon radioaktiiviset aineet ovat peräisin maa- ja kallioperässä luonnostaan olevista radioaktiivista aineista, jotka liukenevat maankuoren mineraaleista veteen (Taulukko I). Radionuklidipitoisuudet pohjavedessä ovat huomattavasti suurempia kuin pintaveden, koska pohjavesi on pidempään kosketuksissa maa- ja kallioperän kanssa. Talousveden kannalta merkittävimmät luonnon radioaktiiviset aineet kuuluvat uraanisarjaan. Alfasäteilyä lähettävä radon (^{222}Rn) on merkittävin säteilyaltistaja Suomessa. Muita tärkeitä uraanisarjan radionuklideja ovat pitkäikäiset ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra ja ^{210}Po sekä beetasäteilyä lähettävä ^{210}Pb . Luonnon toriumsarjan radionuklideista beetasäteilyä lähettävä ^{228}Ra on tärkein (Salonen ym. 2003).

Erilaiset geokemialliset ja geofysikaaliset prosessit radioaktiivisen hajoamisen lisäksi säätelevät radionuklidein määrää vedessä ja näistä johtuen pinta- ja pohjavedessä vallitsee aktiivisuusepätasapaino eri alkuaineiden sekä saman alkuaineen eri isotooppien välillä.

Taulukko I. Talousveden radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien keskiarvot (Bq/l tai µg/l) eri vesilähteitä käyttävillä väestöryhmillä.

Radioaktiivinen aine	Verkostovesi	Rengaskaivot	Porakaivot
Radon 222 (Bq/l)	27	50	460
Uraani 234 (Bq/l)	0,02	0,02	0,35
Uraani 238 (Bq/l)	0,015	0,015	0,26
Uraani 238 (µg/l)	0,23* 0,90**	1,2–1,7	21–24
Radium 226 (Bq/l)	0,003	0,016	0,05
Radium 228 (Bq/l)	–	–	0,03
Polonium 210 (Bq/l)	0,003	0,007	0,048
Lyijy 210 (Bq/l)	0,003	0,013	0,040

*verkostoveden vesilähteenä käytetty pintavettä

**verkostoveden vesilähteenä käytetty maaperän pohjavettä

Radon

Radon on jalokaasu, joten se ei reagoi muiden aineiden kanssa ja on siten liikuvampi maa- ja kallioperässä kuin muut uraanisarjan radionuklidit. Radon esiintyy pohjavedessä liukoisessa muodossa. Korkeimmat radonin aktiivisuuspitoisuudet on löydetty kallioperän pohjavedestä. Radonin aktiivisuuspitoisuus porakaivovedessä voi olla yli tuhatkertainen verrattuna muiden radionuklidien

aktiivisuuspitoisuuteen. Paljon radonia sisältävässä vedessä esiintyy todennäköisesti myös muita uraanisarjan radionuklideja.

Suomalaisten saama keskimääräinen säteilyannos vuodessa on 3,7 mSv, josta sisäilman radonin osuus on noin puolet. Sisäilman radonin tärkein lähde on talon alla oleva maaperä. Radonia voi vapautua huoneilmaan myös porakaivoveden käytön yhteydessä. On arvioitu, että Suomessa todetuista 2 000 keuhkosyöpätapauksesta 100–600 on radonin aiheuttamia. Tutkimusten mukaan radonin ei ole havaittu aiheuttavan keuhkosyövän lisäksi muita terveyshaittoja.

Otantatutkimuksen mukaan arviolta 20 000 ihmistä käyttää porakaivovettä, jonka radonpitoisuus ylittää 1 000 Bq/l (Mäkeläinen ym. 2001). Porakaivoveden käyttäjistä tämä on 10 %. Jos määrää verrataan kaikkiin suomalaisiin, se on vain alle 0,5 %. Yli 10 000 Bq/l olevia radonpitoisuuksia esiintyy myös, mutta hyvin harvoin. Tässä aineistossa näitä ylityksiä on noin 1 %.

Uraani

Veden hapetus- ja pelkistysolosuhteet vaikuttavat uraanin liukoisuuteen vedessä. Pelkistävissä olosuhteissa uraani esiintyy +4-arvoisena yhdisteenä ja on suhteellisen liukenematon. Hapellisissa olosuhteissa +6-arvoinen uraani muodostaa liukoisia komplekseja, jotka voivat kulkeutua sopivissa olosuhteissa pitkälle pohjaveden mukana. Suomalaiset maapohjavedet ovat tyypillisesti pehmeitä, hiilidioksidipitoisia ja usein myös happamia. Kalliopohjavedet ovat tyypillisesti emäksisiä bikarbonaattipitoisia vesiä. Molempien pohjavesityyppien ominaisuudet edistävät uraanin liukoisuutta veteen (Kurttio et al. 2010). Pohjaveden bikarbonaatit ovat todennäköisesti tärkein uraanin liukoisuutta edistävä tekijä.

Uraanin tiedetään vahingoittavan munuaisia suurina määrinä nautittuna sen kemiallisen myrkyllisyytensä vuoksi. Nykyisen tietämyksen mukaan akuutti munuaisvaurio aiheutuu, kun kerralla nautittu uraanin määrä on 10–25 mg henkilön painokiloa kohti. Tämä perustuu eläinkokeissa ja uraani-teollisuudessa saatuihin altistuksiin. Vedenkäyttäjii on tutkittu melko vähän.

Merkittävin uraani-altistuminen Suomessa aiheutuu juomaveden kautta. Lisäksi uraania saadaan elimistöön hengityksen ja ruuan välityksellä. Suomalainen aikuinen saa uraania juomavedestä keskimäärin 2,5 µg/vrk. Juomaveden uraanista aiheutuva efektiivinen säteilyannos on porakaivovedenkäyttäjille n. 10 µSv/vuosi, maaperäkaivojen ja lähteiden veden käyttäjille 0,7 µSv/vuosi ja julkisen veden käyttäjille 0,4 µSv/vuosi (pohjavesi) ja 0,09 µSv/vuosi (pintavesi).

Uraani-altistumista porakaivoveden käyttäjillä on tutkittu eteläsuomalaisten keskuudessa (Kurttio et al. 2006). Tutkimusten mukaan vakavia

terveysvaikutuksia ei ole havaittu maassamme porakaivoveden käyttäjillä, huolimatta pitkäaikaisesta altistumisesta verrattain korkeillekin uraanipitoisuuksille. Uraanialtistuminen saattaa heikentää munuaisten toimintaa, mikä on näkynyt fosfaatin, glukoosin ja kalsiumin suurempana erittymisenä virtsaan. Uraanialtistuminen on ollut yhteydessä myös verenpaineen nousuun. Näiden tutkimusten perusteella uraani ei kuitenkaan aiheuta soluvaurioita munuaisissa. Porakaivovedenkäyttäjien uraanialtistumisen ja syövän yhteyttä on myös tutkittu Suomessa (Auvinen et al. 2002). Tutkimuksen mukaan porakaivoveden uraanille altistumisella ja syöpäriskillä ei ole havaittu yhteyttä.

Suomalaisessa otantatutkimuksessa WHO:n ohjearvon 30 µg/l ylittää 13 % Suomen porakaivoista (Vesterbacka 2005). Tässä aineistossa 30 µg/l ylittäviä porakaivoja oli reilusti enemmän, noin 30 %. Korkeampi ylitysprosentti johtuu siitä, että tässä käsitelty aineisto ei ole edustava. Mittauksia on tehty enemmän korkean pitoisuuden alueilla kuin matalan pitoisuuden alueilla.

Radium, lyijy ja polonium

Radium (^{226}Ra) on tärkeä sen radiotoksisuuden vuoksi. ^{226}Ra on pitkäikäinen (puoliintumisaika 1 600 vuotta) ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan kalsiumia muistuttava, joten se kertyy luuhun ihmisessä. Toriumsarjasta peräisin olevan ^{228}Ra puoliintumisaika on 5,8 vuotta. Matalasuolaisissa vesissä radium esiintyy liukoisena Ra^{2+} -kationina. Suolaisissa vesissä radium muodostaa heikkoja komplekseja kloridin, sulfaatin ja karbonaattien kanssa. Korkeita radiumin aktiivisuuspitoisuuksia on löydetty pääsääntöisesti suolaisista pohjavesistä. Suomen pohjavesien ^{226}Ra aktiivisuuspitoisuuksien ei ole havaittu olevan yhteydessä uraanipitoisuuksien kanssa (Salonen 1994). Kirjallisuuden mukaan radiumin on todettu aiheuttaneen luusyöpää (Mays ym. 1985).

Radonin hajoamistuotteet, ^{210}Pb ja ^{210}Po , ovat radonin jälkeen merkittävimmät säteilyaltistuksen lähteet juomavedessä Suomessa. Veden kemialliset ominaisuudet vaikuttavat lyijyn ja poloniumin esiintymiseen pohjavesissä. Ne voivat esiintyä ioneina, molekyyleinä, kompleksoituneena ja erilaisiin partikkeleihin sitoutuneena pohjavesissä (Vaaramaa 2003, Vesterbacka 2005). Polonium jakautuu verrattain tasaisesti koko kehoon ihmisessä (Parfenov 1974). Korkeimmat poloniumin aktiivisuuspitoisuudet on löydetty luustosta. Poloniumin määrä luussa on seurausta sen emonuklidin, ^{210}Pb , kertymisestä luuhun ja sen hajoamisesta edelleen poloniumiksi. Polonium kertyy pääsääntöisesti pehmytkudoksista maksaan ja munuaisiin.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Radonaineisto

Tämän raportin aineisto sisältää tiedot kaikista Säteilyturvakeskuksen vesitietokantaan heinäkuun 2012 loppuun mennessä tallennetuista porakaivo-veden radonmittauksista, yhteensä noin 11 300 porakaivoa. Näistä mittauksista STUKissa on suoritettu 8 700 ja paikallisissa elintarvike- ja ympäristölaboratorioissa loput 2 600. STUKin mittaamista näytteistä on Geologian tutkimuskeskuksen toimittamia noin 2 400. Yksityiset henkilöt ja kunnat ovat tilanneet noin 5 000 porakaivon radonmittauksen. Loput, noin 1 300 porakaivoa, kuuluvat STUKin ja sen muiden yhteistyökumppanien eri tutkimushankkeisiin. Suurin osa paikallisista elintarvike- ja ympäristölaboratorioista on toimittanut STUKille tiedot yhteensä noin 3 000 porakaivosta, joista raporttiin hyväksyttiin noin 2 600 mittaustulosta. Paikallislaboratorioiden aineiston käsittely on esitetty julkaisussa STUK-A171 (Voutilainen ym. 2000).

3.2 Uraaniaineisto

Tämän raportin aineisto sisältää porakaivojen uraanimittauksia 1970-luvun lopulta heinäkuuhun 2012 asti, yhteensä noin 5 700 porakaivoa. Kaikki mittaukset on tehty Säteilyturvakeskuksessa. Mittaukset ovat yksityishenkilöiden ja kuntien tilaamia sekä Säteilyturvakeskuksen eri tutkimushankkeisiin sisältyneitä mittauksia.

3.3 Porakaivon sijainti

Vuoden 1999 jälkeen mitattujen porakaivojen sijaintikoordinaatit määritettiin osoitteen perusteella käyttäen Tiehallinnon Digiroad-aineistoon perustuvaa StreetMap Finland-tieaineistoa (ESRI Finland Oy). Osa koordinaateista etsittiin käyttäen nettikarttapalvelua kansalaisen.karttapaikka.fi. Ennen vuotta 1999 mitattujen, jo edellisessä porakaivoveden radonkartastossa mukana olleiden porakaivojen, koordinaattien tarkempi määrittely on kuvattu raportissa STUK-A171 (Voutilainen ym. 2000).

Kaikista näytteistä tunnetaan radonpitoisuus sekä maakunta tai kunta. Sijaintikoordinaatit ovat tiedossa noin 10 300 porakaivosta radonaineistossa ja 5 000 porakaivosta uraaniaineistossa. Useimmista porakaivoista on tarkka tieto, mutta varsinkin paikallisten elintarvike- ja ympäristölaboratorioiden näytteistä sijaintitieto on epätarkempi, esimerkiksi taajaman tai kylän

tarkkuus. Näiden koordinaattien määrittämisessä käytetyt periaatteet on esitetty julkaisussa STUK-A171.

Porakaivojen lukumäärästä Suomessa ei ole tarkkaa tietoa, mutta vakituisten asunnon yhteydessä arvellaan olevan 70 000–100 000 porakaivoa. Osa mittauksista on tehty vapaa-ajanasuntojen porakaivoista. Voidaan kuitenkin arvioida, että radonpitoisuus on mitattu lähes joka kymmenennestä vakituisten asunnon yhteydessä olevasta porakaivosta.

Aineiston maantieteellinen jakauma on epätasainen. Taulukossa II on esitetty mittauksien lukumäärät eri maakuntien alueella. Lukumääräisesti eniten näytteitä (noin 4 600 radonmittausta ja 3 100 uraanimittausta) on Uudenmaan maakunnan alueelta. Mittaukset ovat keskittyneet alueille, joissa tiedetään entuudestaan olevan suuria porakaivoveden radioaktiivisuuspitoisuuksia. Pohjanmaan alueella on eniten kuntia, joista ei ole yhtään tai vain muutama porakaivoveden radioaktiivisuuden mittaustulos.

Taulukko II. Radon- ja uraanimittauksien määrä eri maakuntien alueella.

Maakunta	Mitattuja porakaivoja radon kpl	Mitattuja porakaivoja uraani kpl
Ahvenanmaa	526	58
Etelä-Karjala	240	91
Etelä-Pohjanmaa	65	41
Etelä-Savo	559	139
Kainuu	162	43
Kanta-Häme	646	193
Keski-Pohjanmaa	8	9
Keski-Suomi	541	336
Kymenlaakso	444	148
Lappi	299	91
Pirkanmaa	600	258
Pohjanmaa	25	14
Pohjois-Karjala	106	37
Pohjois-Pohjanmaa	142	33
Pohjois-Savo	234	121
Päijät-Häme	585	299
Satakunta	260	51
Uusimaa	4558	3072
Varsinais-Suomi	1251	663

Tämän raportin radonaineistossa on Suomen 336 kunnasta mukana 313 kuntaa, ja uraaniaineistossa 270 kuntaa. Mittaustulosten määrä kunnittain vaihtelee yhdestä lähes seitsemään sataan. Vähintään 10 mittausta radonin osalta on noin 60 % (180 kpl) ja uraanin osalta 30 % (101 kpl) Suomen kunnista. Eniten porakaivojen mittauksia on tehty pääkaupunkiseudun kunnissa kuten Espoossa, Kirkkonummella, Vantaalla ja Sipoossa.

3.4 Vesinäytteen ottaminen

Vesinäytteen ottoon soveltuu kierrekorkkinen, puhdas lasipullo (ei muovipullo). Pullon korkissa tulee olla hyvä tiiviste. Nestetuikemittaukseen riittää puolen litran pullo. Paikallislaboratoriossa tehtävää mittausta varten tarvitaan suurempi näytemäärä. Mittausmenetelmästä riippumatta näyte otetaan hanasta samalla tavalla.

Ennen näytteenottoa vettä juoksetetaan reippaasti, niin että painesäiliössä ja putkistossa seisonut vesi saadaan vaihtumaan. Juoksetusta jatketaan kunnes veden lämpötila muuttuu vakioiseksi. Lopuksi annetaan veden valua vähän aikaa pienellä nopeudella ennen näytteenottoa.

Näytettä otettaessa käytetään pientä painetta, jotta hanassa mahdollisesti oleva sekoitin ei toimisi, sillä sekoittaja poistaa vedestä radonkaasua. Veden juoksetuksen jälkeen pullo asetetaan aivan hanan alle, ja veden annetaan valua pienellä nopeudella. Pullo otetaan lähes täyteen, kaulaan jätetään tyhjää tilaa noin 0,5 cm, jotta pullo ei halkeaisi lämpölaajenemisen takia. Pullo suljetaan heti tiukasti ja toimitetaan mahdollisimman nopeasti mittaukseen. Luotettavin radonpitoisuus saadaan, jos näyte toimitetaan mittaukseen samana päivänä kun se on otettu.

3.5 Radon- ja uraanipitoisuuden määrittäminen

Radon

Ennen vuotta 1979 radonpitoisuus määritettiin gammaspektrometrisesti. Tällaisia näytteitä on aineistossa vain muutama sata. Muut radonmäärittäykset on tehty nestetuikemenetelmällä ja Mini-Assay -mittarilla.

STUKissa veden radonpitoisuus määritetään nestetuikemenetelmällä (Asikainen 1982, Salonen 1993, Salonen, Hukkanen 1997). Tutkittavasta vesinäytteestä otetaan 10 ml näyte, joka sekoitetaan tuikeaineliuokseen. Näyte mitataan kolmen tunnin kuluttua, kun radonin lyhytikäiset tyttäret ovat kasvaneet tasapainoon emonuklidinsa radonin kanssa. Määrittäysrajat yhden tunnin mittauksella ovat alhaiset, Guardian 1414 laskurilla 0,2 Bq/l ja Ultro Beta 1210

laskurilla 1 Bq/l.

STUK on toimittanut paikallisille elintarvikkeiden ja juomaveden valvonnasta vastaaville laboratorioille radioaktiivisuuden mittaamiseen soveltuvan laitteen. Vuoteen 2006 asti laitteena oli Mini-Assay -mittalaite, tämän jälkeen mittalaitteet on korvattu Radek MKGB-01 mittalaitteella. Mittalaite on tarkoitettu elintarvikkeiden ja juomaveden radioaktiivisuuden mittaamiseksi poikkeuksellisissa säteilytilanteissa. Näillä mittareilla paikallislaboratoriot tekevät myös talousveden radonmittauksia.

Tässä aineistossa mukana olevat radonmääritykset paikallislaboratoriot ovat tehneet Mini-Assay -laitteella. Mini-Assay on NaI(Tl)-tukekiteellä ja taustasuojalla varustettu gammalaskuri. Mini-Assay -laitteella tehtävässä radonmittauksessa veden radonpitoisuus mitataan kolmen litran muovikannussa. Tarvittava näytemäärä on 2,5 litraa ja mittausaika 1 000 sekuntia. STUK on tehnyt Mini-Assay -mittareiden kalibroinnit ja antanut tulosten laskemista varten tarvittavat kalibroitikertoimet laboratorioille. Mini-Assay -menetelmällä veden radonpitoisuuden määrittäminen on 10–20 Bq/l riippuen käytetystä mittausajasta ja siitä, onko mittaus suoritettu taustasuojassa.

Radek mittalaitteilla näytteet mitataan Marinelli-astiassa, jonka tilavuus on yksi litra. Mittauslaitteistona on Radek MKGB-01 ja ilmaisimena NaI(Tl)-tukekide. Kooltaan ilmaisimena on 2,5” x 2,5” ja se soveltuu hyvin kokonaisgamma-mittauksiin. Taustasuojana käytetään lyijysuojaa. Radek-mittalaitteella tehdyn veden radonpitoisuuden määrittäminen on 50 Bq/l.

Säteilyturvakeskus on vertaillut omalla nestetuikemenetelmällään, Mini-Assay -mittareilla ja Radek-mittareilla saatuja tuloksia keskenään. Laboratorioiden ja STUKin väliset keskimääräiset erot ovat olleet –20–+30 %. Näytteenotto ja mittaus avoimessa astiassa, josta radonkaasu pääsee helposti karkaamaan, aiheuttanevat suurimmat erot tuloksiin.

Uraani

Aineiston uraanipitoisuus on arvioitu porakaivovesistä tehtyjen kokonaisalfa-aktiivisuusmäärityksistä. Kokonaisalfa-aktiivisuus määritetään porakaivovedestä nestetuikemenetelmällä haihduttamalla 38 ml vettä nestetuikepullossa. Haihdutusjäynnös liuotetaan pieneen määrään happoa, johon lisätään nestetuikeaine mittausta varten. Näyte mitataan nestetuikespektrometrillä, ja tuloksena saadaan vesinäytteen kokonaisalfa-aktiivisuus. Suomalaisissa porakaivovesissä kokonaisalfa-aktiivisuus koostuu tyypillisesti uraanin isotoopeista (^{234}U , ^{235}U , ^{238}U), radiumista (^{226}Ra) ja poloniumista (^{210}Po). Tässä aineistossa kokonaisalfamäärityksestä ei vähennetty mahdollisten ^{226}Ra ja ^{210}Po aktiivisuuspitoisuuksia, koska niiden osuus kokonaisalfa-aktiivisuudesta on useimmiten vähäinen.

Arvioitu uraanipitoisuus, $\mu\text{g/l}$, kokonaisalfa-aktiivisuuden määrittämisestä:

$$U-238 \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \right) = \frac{\text{Kokonaisaktiivisuus} \left(\frac{\text{Bq}}{\text{l}} \right)}{3,0} \times 80,2$$

Pohjavedessä esiintyy uraanin isotooppeja ^{238}U , ^{235}U ja ^{234}U . Valtaosa uraanin massapitoisuudesta aiheutuu isotoopista ^{238}U . Kaikki isotoopit ovat radioaktiivisia ja suurin spesifinen aktiivisuuspitoisuus on isotoopilla ^{234}U . Kun kokonaisalfan aktiivisuusmittauksesta lasketaan uraanin massapitoisuutta, joudutaan ensin arvioimaan ^{234}U :n ja ^{238}U :n isotooppisuhdetta, koska käytetyllä analyysimenetelmällä ei voida erottaa näitä isotooppeja toisistaan. Toisin kuin esimerkiksi radiokemiallisessa määrittämisessä, jolloin jokainen isotooppi pystytään määrittämään erikseen. Tässä aineistossa porakaivovesien ^{234}U ja ^{238}U suhteena on käytetty kerrointa 2,0, mikä on keskimääräinen isotooppisuhte STUKin tulosaineistossa, joka sisältää 1 528 radiokemiallisesti määritettyä vesinäytettä.

Kerroin 80,2 muuttaa ^{238}U aktiivisuuspitoisuuden (Bq/l) mikrogrammoiksi ($\mu\text{g/l}$).

4 Tulokset

Tulokset esitetään taulukkoina ja karttoina luvuissa 7 ja 8. Taulukossa III–VI on esitetty kunta- ja maakuntakohtaista tilastotietoa porakaivojen radon- ja uraanipitoisuudesta. Taulukoissa III ja IV tarkastellaan radon- ja uraanipitoisuuden tunnuslukuja eri maakuntien alueilla. Taulukossa V ja VI on esitetty kuntakohtaiset radon- ja uraanipitoisuuden tunnusluvut.

Kartassa 1 on esitetty koko Suomen porakaivojen radonpitoisuuden keskiarvot 10 x 10 km:n ruuduissa. Kartta 2 kuvaa kuntakohtaisia radonpitoisuuden keskiarvoja. Mukana ovat kaikki kunnat, joista on vähintään 1 mittaus/kunta. Vastaavat kartat uraanipitoisuuksista on esitetty kartoissa 10 ja 11.

Suomessa on seitsemän aluehallintovirastoa (AVI). Kartoissa 3–9 ja 12–18 on tarkasteltu radon- ja uraanitilannetta eri aluehallintovirastojen alueilla. Radon- ja uraanipitoisuuden keskiarvot on esitetty 5 x 5 km:n ruuduissa. Kartat on tuotettu MapInfo-karttaohjelmalla. Kunnanrajat ovat vuodelta 2012.

Karttoja ja taulukoita tarkasteltaessa on huomioitava, että keskiarvot ja ylitysprosentit eivät ole edustavia, vaan kuvaavat kaikkia alueen mittauksia. Vuosien kuluessa mittaukset ovat osittain keskittyneet korkeiden pitoisuuksien kuntiin ja kuntien sisälläkin tietyille alueille, joista on ennestään löytynyt korkeita radioaktiivisuuspitoisuuksia. Eryteisesti kuntakartoissa, yksittäisen kunnan pitoisuus voi perustua vain yhden porakaivon mittaukseen. Kuntakarttoja tulisi tarkastella yhdessä taulukko-yhteenvetojen kanssa, joista saa yksityiskohtaisempaa tietoa kunnan alueella mitatuista porakaivoista.

Porakaivoveden radonpitoisuudet ovat suurimpia Uudellamaalla, Varsinais-Suomessa, Hämeessä, Kymenlaaksossa, Kainuussa ja Etelä-Karjalassa. Näillä alueilla radonpitoisuuden aritmeettiset keskiarvot ovat 600–1 400 Bq/l. Radonpitoisuudeltaan alhaisimpia alueita ovat Satakunta, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala ja Pohjanmaa, missä aritmeettiset keskiarvot ovat 240–320 Bq/l (taulukko III).

Uraanipitoisuuden osalta korkeimpia pitoisuuksia tavataan Uudellamaalla, Kymenlaaksossa, Hämeessä ja Varsinais-Suomessa, missä aritmeettiset keskiarvot ovat 85–120 µg/l. Alhaisimpia alueita uraanin osalta ovat sen sijaan Ahvenanmaa, Etelä-Pohjanmaa, Etelä-Savo, Kainuu, Keski-Suomi, Lappi, Pirkanmaa, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo, Pohjanmaa ja Satakunta, missä aritmeettiset keskiarvot ovat tyypillisesti alle 30 µg/l (taulukko IV).

5 Johtopäätökset

Säteilyturvakeskuksen tulosaineisto kattaa noin 11 300 porakaivoveden radonpitoisuuden ja 6 000 porakaivoveden uraanipitoisuuden.

Porakaivoveden radon- ja uraanipitoisuudet ovat suurimpia yleensä graniittialueilla kuten Uudellamaalla, Varsinais-Suomessa, Hämeessä ja Kymenlaaksossa. Korkeankin pitoisuuden alueella voivat lähellä toisiaan sijaitsevissa kaivoissa pitoisuudet vaihdella erittäin paljon. Yksittäisiä suuria porakaivoveden radon- ja uraanipitoisuuksia voi esiintyä kaikkialla Suomessa.

Yksityisille, vakituksessa käytössä oleville kaivoille STUK suosittelee radonpitoisuuden pienentämistä, mikäli veden radonpitoisuus ylittää 1 000 Bq/l. Tällöin on myös syytä selvittää, onko vedessä muita radioaktiivisia aineita. Uraanin kohdalla toimenpiteitä suositellaan, jos veden uraanipitoisuus ylittää arvon 100 µg/l mikä perustuu uraanin haitallisuuteen radioaktiivisena aineena. WHO on esittänyt uraanille ohjearvoa 30 µg/l, mikä perustuu uraanin haitallisuuteen kemiallisena myrkkynä.

Otantatutkimuksen mukaan arviolta noin 10 % Suomen porakaivoista ylittää yksityiselle kaivovedelle asetetun toimenpiderajan 1 000 Bq/l. Yli 10 000 Bq/l olevia radonpitoisuuksia esiintyy myös, mutta harvoin. Tässä aineistossa näitä ylityksiä on noin 1 %. Otantatutkimuksen mukaan 13 % Suomen porakaivoista ylittää WHO:n ohjearvon 30 µg/l. Tässä aineistossa 30 µg/l ylittäviä porakaivoja oli reilusti enemmän, noin 30 %. Korkeampi ylitysprosentti johtuu siitä, että tämä aineisto ei ole edustava. Mittauksia on tehty enemmän korkean pitoisuuden alueilla.

Porakaivon radonpitoisuutta on etukäteen mahdoton tietää. Mittaus on ainoa keino selvittää se. Säteilyturvakeskus suosittelee kaikkien porakaivojen radon- ja uraanipitoisuuden mittaamista koko maassa. Tämä koskee sekä vakituksien asunnon että vapaa-ajanasunnon porakaivoja. Säteilyturvakeskus ja paikalliset elintarvike- ja ympäristölaboratoriot tekevät mittauksia. Mittauksen voi tehdä mihin vuodenaikaan tahansa. Näytteenotto on tehtävä huolella ohjeiden mukaan.

Jos vedessä on toimenpiderajat ylittäviä pitoisuuksia radioaktiivisia aineista, olisi ensimmäiseksi selvitettävä, onko olemassa muita vedenhankintamahdollisuuksia. Kannattaa selvittää yhteisen vedenhankinnan järjestäminen naapureiden kanssa tai yleiseen vesijohtoverkkoon liittyminen. Myös rengaskaivoa kannattaa harkita. On myös mahdollista puhdistaa vesi haitallisista aineista.

Radon on aina poistettava koko talouden vedestä, koska vedenkäytön yhteydessä sitä vapautuu huoneilmaan. Radon voidaan poistaa vedestä joko ilmastamalla tai aktiivihiihiisuodatuksella. Menetelmän valintaan vaikuttavat

veden radonpitoisuus ja vedenkulutus. Molemmilla menetelmillä päästään hyviin tuloksiin.

Muille radioaktiivisille aineille kuten uraanille, radiumille, lyijylle ja poloniumille riittää, kun ne poistetaan ruoka- ja juomavedestä. Ne eivät vapaudu sisäilmaan kuten radon. Uraani ja radium voidaan poistaa vedestä tehokkaasti ioninvaihtomenetelmällä joko yhdessä tai erikseen, lyijy ja polonium poistuvat tehokkaasti vain käänteisosmoosilaitteella.

6 Kirjallisuusviitteet

Arvela H, Mäkeläinen I, Castrén O. Otantatutkimus asuntojen radonista Suomessa. STUK-A108. Oy Edita Ab, Helsinki, 1993. (Residential Radon Survey in Finland. Abstract in English).

Asikainen M. Natural radioactivity of ground water and drinking water in Finland. STL-A39, Institute of Radiation Protection, Helsinki, 1982.

Asikainen M, Kahlos H. Pohja- ja pintavesien luonnollinen radioaktiivisuus Suomessa. STL-A24, Säteilyturvallisuuslaitos, Helsinki, 1977.

Auvinen A, Kurttio P, Pekkanen J, Pukkala E, Ilus T, Salonen L. Uranium and other natural radionuclides in drinking water and risk of leukaemia: – a case-cohort study in Finland. *Cancer Causes and Control*, 2002; 13: 825-829.

Banks D, Midtgård A K, Morland G, Reimann C, Strand T, Bjorvatn K, Siewers U. Is pure groundwater safe to drink?: natural 'contamination' of groundwater in Norway. *Geology today*, May–June 1998: 104-113.

Koljonen T (toim.). Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Geologian tutkimuskeskus, Espoo: 1992: 1-218.

Kurttio P, Salonen L, Ilus T, Pekkanen J, Pukkala E, Auvinen A. Well water radioactivity and risk of cancers of the urinary organs. *Environmental Research* 2006; 102: 333-338.

Kurttio P, Vesterbacka P, Muikku M, Turtiainen T. Luonnon uraani suomalaisten juomavedessä. *Ympäristö ja Terveys* 2010; 3; 54-59 (542).

Korkka-Niemi K, Sipilä A, Hatva T, Hiisvirta L, Lahti K, Alftan G. Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja A 146. Edita Oy, Helsinki, 1993. (National rural well survey. Abstract in English).

Leggett, R.W., Eckerman, K.F., A systematic biokinetic model for polonium, *Sci. Tot. Environ* 275(2001) 109-125.

Mays, C.W., Rowland, R.E., Stehney, A.F. Cancer risk from the lifetime intake of Ra and U isotopes, *Health Phys.* 1985; 48(5): 635-647.

Mjönes L. Radon removal equipment based on aeration: A literature study of tests performed in Sweden between 1981–1996. SSI Report 2000:03. Swedish Radiation Protection Institute, 2000.

Myllymäki P, Turtiainen T, Salonen L, Helanterä A, Kärnä J, Turunen H. Radonin poisto porakaivovedestä. Uusia ilmastimia ja aktiivihiilisuodatusten käyttöönotto. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Raportti 297/1999.

Mäkeläinen I, Salonen L, Huikuri P, Arvela H. Dose from drinking water in Finland. In Proceedings of the 12th ordinary meeting of the Nordic Society for Radiation Protection. Skagen, Denmark, August 23–27, 1999.

Parfenov YuD. Polonium-210 in the environment and in the human organism. *Atom Energ Rev* 1974; 12(1):75-143.

Salonen L. Talousveden radioaktiivisuus ja sen poistaminen. *Vesitalous* 6/1992; 3-10.

Salonen L. Measurements of low levels of ^{222}Rn in water with different commercial liquid scintillation counters and pulse shape analysis. In: *Liquid Scintillation Spectrometry 1992. Radiocarbon 1993*. Eds: Noakes J E, Shönhofer F, Polach H A. Braun-Brumfield, Inc., Michican, 1993: 361-372.

Salonen L. ^{238}U series radionuclides as a source of increased radioactivity in groundwater originating from Finnish bedrock. *Future Groundwater Resources at Risk (Proceedings of the Helsinki Conference, June 1994)*. IAHS Publ. No. 222, 1994.

Salonen L. Luonnon radioaktiiviset aineet pohjavesiongelmanä Suomessa. *Vesitalous* 4/1995; 13-18.

Salonen L, Huikuri P, Turtiainen T. Luonnon radioaktiiviset aineet pohjavesissä –poistolaitteiden tarve ja kehittäminen Suomessa. *Vesitalous* 4/1998; 35-40.

Salonen L, Hukkanen H. Advantaged of low-background liquid scintillation alpha-spectrometry and pulse shape analysis in measuring ^{222}Rn , uranium

and ^{226}Ra in groundwater samples, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 1997; 226, 1-2: 67-74.

Salonen L., Vesterbacka P., Mäkeläinen I., Weltner A., Arvela H., Talousveden radioaktiiviset aineet. Säteily Ympäristössä, Osa 2, Karisto Oy:n kirjapaino, Hämeenlinna 2003 (in Finnish).

Statens Strålskyddsinstitut. Radon i vatten. SSI information, i98:03, Stockholm, 1998.

ST-Ohje 12.3. Talousveden radioaktiivisuus. Säteilyturvakeskus, 1993.
ST-Direktiv 12.3. Radioaktivitet i hushållsvatten. Strålsäkerhetscentralen, 1993. ST-Guide 12.3 Radioactivity of Household Water, STUK, 1993.

Strand T, Lind B, Thommesen G. Naturlig radioaktivitet i husholdningsvann fra borebrønner i Norge. *Norsk Veterinaertidsskrift* 1998; 100, 10: 662-665.

Strålsäkerhetscentralen. Radioaktivitet i dricksvatten. Strål- och kärnsäkerhetsöversikter, Maj 2000.

Säteilyturvakeskus. Juomaveden radioaktiivisuus. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Toukokuu 2000.

Turtiainen T, Kokkonen L, Salonen L. Removal of radon and other natural radionuclides from household water with domestic style granular activated carbon filters. STUK-A172. Helsinki: Oy Edita Ab, 2000.

UNSCEAR, Sources and effects of ionising radiation. Volume 1: Sources United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York 2000.

Vaaramaa, K. Physico-chemical forms of natural radionuclides in drilled well waters and their removal by ion exchange. Doctoral thesis, University of Helsinki, report series in radiochemistry 22/2003, 2003.

Vesterbacka, P. ^{238}U -series radionuclides in Finnish groundwater-based drinking water and effective doses. Doctoral thesis, University of Helsinki, Radiation and nuclear safety authority STUK-A213, 2005.

Vesterbacka P, Mäkeläinen I, Arvela H. Natural radioactivity in drinking water in private wells in Finland. *Radiation Protection Dosimetry* 2005; 113: 223-232.

Voutilainen A, Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L. Porakaivoveden radonkartasto/ Radonatlas över borrhunnar/ Radon Atlas of wells drilled into bedrock in Finland. STUK-A171 Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2000.

7 Taulukot

Taulukko III. Maakuntakohtaisia porakaivoveden radonpitoisuuden tunnuslukuja. Aineisto sisältää STUKissa ja paikallisissa ympäristö- ja elintarvikelaboratorioissa mitatut vesinäytteet.

Maakunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Aritmeettinen keskiarvo (Bq/l)	Korkein mitattu pitoisuus (Bq/l)
Ahvenanmaa	526	500	4000
Etelä-Karjala	240	740	11000
Etelä-Pohjanmaa	65	370	2800
Etelä-Savo	559	420	12400
Kainuu	162	760	8800
Kanta-Häme	646	1100	62000
Keski-Pohjanmaa	8	650	2700
Keski-Suomi	541	490	8200
Kymenlaakso	444	610	17000
Lappi	299	360	4000
Pirkanmaa	600	350	7500
Pohjanmaa	25	320	5500
Pohjois-Karjala	106	250	3000
Pohjois-Pohjanmaa	142	350	6700
Pohjois-Savo	234	240	3200
Päijät-Häme	585	1000	26300
Satakunta	260	260	8800
Uusimaa	4558	1400	130000
Varsinais-Suomi	1251	1100	42500

Taulukko IV. Maakuntakohtaisia porakaivoveden uraanipitoisuuden tunnuslukuja. Aineisto sisältää STUKissa mitatut vesinäytteet.

Maakunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Aritmeettinen keskiarvo (µg/l)	Korkein mitattu pitoisuus (µg/l)
Ahvenanmaa	58	26	230
Etelä-Karjala	91	45	800
Etelä-Pohjanmaa	41	7	50
Etelä-Savo	139	27	1200
Kainuu	43	23	500
Kanta-Häme	193	110	5100
Keski-Pohjanmaa	9	46	400
Keski-Suomi	336	19	700
Kymenlaakso	148	120	11800
Lappi	91	26	1400
Pirkanmaa	258	10	500
Pohjanmaa	14	5	20
Pohjois-Karjala	37	7	60
Pohjois-Pohjanmaa	33	32	500
Pohjois-Savo	121	11	500
Päijät-Häme	299	100	4900
Satakunta	51	8	60
Uusimaa	3072	110	10700
Varsinais-Suomi	663	85	8900

Taulukko V. Porakaivoveden radonpitoisuuden tunnuslukuja kunnittain. Aineisto sisältää STUKissa ja paikallisissa ympäristö- ja elintarvikelaboratorioissa mitatut vesinäytteet.

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
AKAA	16	138	12	320	1	
ALAJÄRVI	1	69	69	69		
ALAVIESKA	1	91	91	91		
ALAVUS	2	371	1	740	1	
ASIKKALA	55	2236	6	26300	33	19
ASKOLA	62	9180	53	130000	44	28
BRÄNDÖ	14	339	71	1200	6	1
ECKERÖ	33	730	12	2090	26	9
ENONKOSKI	1	350	350	350	1	
ENONTEKIÖ	15	626	32	1800	10	3
ESPOO	507	1222	1	62000	289	135
EURA	21	393	16	1260	9	3
EURAJOKI	19	301	49	1330	4	3
FINSTRÖM	38	582	73	4010	22	5
FORSSA	45	269	15	1660	11	2
FÖGLÖ	52	353	52	3250	19	2
GETA	28	365	6	1630	11	1
HAAPAJÄRVI	1	250	250	250		
HAAPAVESI	1	250	250	250		
HAMINA	61	455	1	1830	36	5
HAMMARLAND	45	563	12	2200	28	9
HANKASALMI	5	662	41	1740	2	2
HANKO	8	1193	59	4200	4	2
HARJAVALTA	6	57	13	230		
HARTOLA	31	186	6	780	6	
HATTULA	22	818	1	6000	6	4
HAUKIPUDAS	2	55	42	68		
HAUSJÄRVI	103	1739	5	31000	60	38
HEINOLA	120	1072	2	14400	57	23
HEINÄVESI	9	295	12	760	3	
HELSINKI	100	1946	1	19300	63	37
HIRVENSALMI	9	377	110	1800	2	1
HOLLOLA	79	807	14	6800	35	17

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
HUITTINEN	19	745	28	8800	10	1
HUMPPILA	17	622	37	3770	7	2
HYRYNSALMI	7	694	2	2880	2	2
HYVINKÄÄ	86	734	3	7400	39	17
HÄMEENKOSKI	17	1061	2	4100	11	7
HÄMEENKYRÖ	8	216	20	610	3	
HÄMEENLINNA	100	1422	3	62000	44	25
II	2	51	19	82		
IISALMI	18	84	15	400	2	
IITTI	53	1074	14	17000	30	17
IKAALINEN	16	328	96	1700	4	2
ILMAJOKI	2	26	14	37		
ILOMANTSI	6	717	170	1200	4	2
IMATRA	11	1683	24	6300	7	7
INARI	38	80	3	640	4	
INKOO	110	1209	4	30300	52	21
ISOJOKI	2	830	360	1300	2	1
ISOKYRÖ	1	63	63	63		
JALASJÄRVI	12	449	10	2800	6	1
JANAKKALA	49	1513	31	5900	34	21
JOENSUU	17	712	30	3000	6	3
JOKIOINEN	23	247	15	2200	4	1
JOMALA	42	518	80	1960	20	6
JOROINEN	31	116	6	1000	2	
JOUTSA	25	215	6	890	6	
JUANKOSKI	3	254	85	440	1	
JUUKA	18	99	2	350	1	
JUUPAJOKI	4	668	59	1400	2	2
JUVA	38	424	7	4800	11	4
JYVÄSKYLÄ	69	297	6	4900	13	3
JÄMSÄ	158	641	8	8100	77	26
JÄRVENPÄÄ	30	1890	91	11300	26	16
KAARINA	26	83	15	440	3	
KAAVI	6	526	42	1300	4	1
KAJAANI	48	1221	10	5990	36	21
KALAJOKI	1	2700	2700	2700	1	1

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
KANGASALA	31	100	0	330	2	
KANGASNIEMI	36	251	2	3400	6	1
KANKAANPÄÄ	7	80	1	240		
KANNONKOSKI	1	1400	1400	1400	1	1
KANNUS	1	700	700	700	1	
KARJALOHJA	72	2323	3	17900	56	35
KARKKILA	36	237	7	1900	8	1
KARSTULA	10	551	48	1500	5	3
KARVIA	1	26	26	26		
KAUHAJOKI	1	330	330	330	1	
KAUHAVA	3	25	18	37		
KAUNIAINEN	14	4595	3	24000	11	6
KEITELE	6	1488	360	2200	6	5
KEMI	3	31	20	49		
KEMIJÄRVI	33	939	22	3600	22	11
KEMINMAA	3	54	10	120		
KEMIÖNSAARI	120	1386	1	11700	81	45
KEMPELE	1	58	58	58		
KERAVA	11	992	18	5500	6	4
KERIMÄKI	2	124	43	200		
KESÄLAHTI	1	130	130	130		
KEURUU	50	679	16	5700	30	10
KIHNIÖ	11	249	1	860	3	
KIIKOINEN	3	79	25	130		
KIIMINKI	1	18	18	18		
KINNULA	6	1773	400	6200	6	3
KIRKKONUMMI	673	1426	0	23300	408	247
KITEE	5	58	12	150		
KITILÄ	41	71	2	730	4	
KIURUVESI	17	136	9	410	2	
KIVIJÄRVI	2	195	90	300		
KOKEMÄKI	3	177	25	430	1	
KOKKOLA	2	180	99	260		
KOLARI	17	433	5	2500	8	1
KONNEVESI	5	840	10	2200	3	2
KONTIOLAHTI	7	255	20	1110	1	1

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
KORSNÄS	1	250	250	250		
KOSKI TL	11	1204	9	5700	5	2
KOTKA	48	686	19	2800	29	11
KOUVOLA	185	597	6	5000	103	32
KRISTIINANKAUPUNKI	4	31	10	59		
KRUUNUPYY	3	1906	3	5500	1	1
KUHMO	24	565	3	2200	11	6
KUHMOINEN	19	122	17	440	1	
KUMLINGE	19	618	54	1400	12	4
KUOPIO	51	206	11	1300	8	3
KUORTANE	1	170	170	170		
KURIKKA	1	33	33	33		
KUSTAVI	21	411	41	1800	8	2
KUUSAMO	82	171	1	1200	12	2
KYYJÄRVI	1	450	450	450	1	
KÄRKÖLÄ	17	1788	37	11000	10	6
KÄRSÄMÄKI	3	730	480	1100	3	1
KÖKAR	6	259	91	780	1	
KÖYLIÖ	7	1276	15	5600	3	2
LAHTI	24	638	6	3400	12	5
LAITILA	26	140	4	415	2	
LAPINJÄRVI	58	671	33	5100	35	10
LAPINLAHTI	30	65	5	330	1	
LAPPAJÄRVI	4	150	10	410	1	
LAPPEENRANTA	60	360	7	2500	22	5
LAUKAA	17	664	11	2800	8	5
LAVIA	5	63	0	150		
LEMI	5	89	16	170		
LEMLAND	46	536	1	1900	33	4
LEMPÄÄLÄ	21	230	20	1000	5	
LEPPÄVIRTA	16	121	28	360	1	
LESTIJÄRVI	1	930	930	930	1	
LIEKSA	19	179	13	1800	1	1
LIETO	35	904	11	12600	12	6
LIPERI	5	29	3	67		
LOHJA	298	795	0	20000	100	53

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
LOIMAA	73	858	15	6000	49	20
LÖPPI	111	650	3	16500	36	15
LOVIISA	215	1372	1	29400	126	71
LUHANKA	12	397	2	1300	4	2
LUMIJOKI	1	250	250	250		
LUMPARLAND	15	397	130	1100	8	1
LUUMÄKI	18	418	30	980	9	
LUVIA	7	79	1	310	1	
LÄNSI-TURUNMAA	74	200	1	3800	9	3
MAALAHTI	1	210	210	210		
MAANINKA	7	199	45	590	1	
MAARIANHAMINA	94	395	28	1800	47	7
MARTTILA	11	1285	440	3500	11	5
MASKU	16	588	15	2600	5	4
MERIJÄRVI	1	5	5	5		
MIHIKKÄLÄ	26	336	11	930	14	
MIKKELI	75	377	12	2000	31	6
MULTIA	4	265	170	520	1	
MUONIO	3	86	44	160		
MUSTASAARI	3	116	9	190		
MUURAME	4	345	12	1200	1	1
MYNÄMÄKI	9	173	27	520	2	
MYRSKYLÄ	54	723	15	8700	25	10
MÄNTSÄLÄ	223	1067	1	17000	132	55
MÄNTTÄ-VILPPULA	35	477	2	2850	17	4
MÄNTYHARJU	69	369	8	3600	21	6
NAANTALI	60	1483	2	30000	20	10
NAKKILA	5	15	3	46		
NASTOLA	38	1149	0	16200	23	9
NILSIÄ	5	201	14	730	1	
NOKIA	27	283	12	1100	8	2
NOUSIAINEN	4	128	35	330	1	
NUMMI-PUSULA	141	327	1	11000	27	10
NURMES	13	129	4	910	1	
NURMIJÄRVI	111	253	1	21100	4	1
NÄRPIÖ	1	160	160	160		

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
ORIMATTILA	127	1154	14	12000	85	48
ORIPÄÄ	16	382	11	970	7	
ORIVESI	33	412	2	3200	11	3
OULAINEN	2	542	34	1050	1	1
OULU	4	370	21	740	2	
OUTOKUMPU	5	68	34	100		
PADASJOKI	19	271	27	2300	3	1
PAIMIO	19	1571	54	4000	14	10
PALTAMO	12	165	11	1200	1	1
PARIKKALA	39	758	21	5500	21	9
PARKANO	22	384	12	1600	9	2
PEDERSÖREN KUNTA	1	240	240	240		
PELKOSENNIEMI	3	26	5	38		
PELLO	6	285	13	1000	2	1
PERHO	2	233	220	250		
PERTUNMAA	33	639	3	12400	9	4
PETÄJÄVESI	5	211	52	670	1	
PIEKSAMÄKI	23	210	7	1800	2	2
PIELAVESI	15	223	4	1400	4	1
PIETARSAARI	2	91	52	130		
PIHTIPUDAS	8	865	43	3200	5	2
PIRKKALA	11	825	6	7500	2	1
POLVIJÄRVI	3	140	81	200		
POMARKKU	4	144	2	510	1	
PORI	26	80	1	390	3	
PORNAINEN	104	1359	15	10800	51	34
PORVOO	190	1761	2	45000	98	60
POSIO	10	215	38	1200	1	1
PUDASJÄRVI	2	34	31	36		
PUKKILA	27	957	15	8700	13	8
PUNKAHARJU	38	467	6	2600	16	5
PUNKALAUDUN	30	287	21	2700	6	2
PUOLANKA	4	110	34	190		
PUUMALA	32	474	8	3900	14	4
PYHTÄÄ	33	656	8	6200	22	5
PYHÄJOKI	12	1993	52	6700	8	6

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
PYHÄJÄRVI	3	75	4	150		
PYHÄRANTA	8	306	10	1300	2	1
PÄLKÄNE	23	366	35	1500	9	2
PÖYTYÄ	27	793	15	8600	13	5
RAAHE	2	9	8	9		
RAASEPORI	163	2295	2	26000	93	65
RAISIO	8	1586	10	5200	4	3
RANTASALMI	33	828	9	7400	15	7
RANUA	14	530	11	3700	4	2
RAUMA	65	193	3	1000	13	
RAUTALAMPI	5	214	45	780	1	
RAUTAVAARA	7	884	9	3200	4	2
RAUTJÄRVI	10	349	10	1700	3	1
RIIHIMÄKI	69	556	7	5200	23	9
RISTIINA	63	535	15	3300	29	7
RISTIJÄRVI	3	490	21	770	2	
ROVANIEMI	35	806	4	4000	18	12
RUOKOLAHTI	67	962	5	11000	32	17
RUOVESI	34	660	18	2500	14	9
RUSKO	12	4226	15	27500	7	7
RÄÄKKYLÄ	1	42	42	42		
SAARIJÄRVI	7	888	85	2200	6	3
SALLA	18	130	12	500	2	
SALO	337	1638	2	42500	198	126
SALTVIK	47	771	83	4000	33	11
SASTAMALA	15	125	26	340	2	
SAUVO	37	1043	7	9700	20	12
SAVITAIPALE	5	160	25	320	1	
SAVONLINNA	20	410	20	3500	5	2
SAVUKOSKI	4	239	24	660	1	
SEINÄJOKI	5	293	150	490	2	
SIIKAINEN	7	120	1	290		
SIIKAJOKI	1	380	380	380	1	
SIIKALATVA	1	370	370	370	1	
SIILINJÄRVI	19	216	10	880	4	
SIMO	4	100	16	250		

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Ylitysten kpl, >300 Bq/l	Ylitysten kpl, >1000 Bq/l
SIPOO	332	1248	2	19000	125	88
SIUNTIO	129	1778	1	21600	90	63
SODANKYLÄ	35	209	1	2500	7	1
SOINI	9	181	14	490	2	
SOMERO	96	1208	6	15300	41	25
SONKAJÄRVI	8	226	1	1000	2	
SOTKAMO	32	935	8	8800	11	5
SOTTUNGA	15	402	47	1000	10	
SULKAVA	15	943	14	2900	10	5
SUND	14	697	100	3800	8	2
SUOMENNIEMI	5	715	66	2600	2	1
SUOMUSSALMI	31	379	10	1900	13	4
SUONENJOKI	3	76	32	150		
SYSMÄ	58	205	2	3300	9	2
SÄKYLÄ	16	218	31	560	4	
TAIPALSAARI	20	1364	34	9300	10	7
TAIVALKOSKI	15	222	7	1300	3	1
TAIVASSALO	14	313	38	1400	5	1
TAMMELA	91	1805	1	21000	48	32
TAMPERE	60	252	5	2400	13	4
TARVASJOKI	7	1832	220	4900	6	3
TERVO	3	228	54	360	1	
TERVOLA	6	48	8	100		
TEUVA	2	111	37	190		
TOIVAKKA	5	118	13	240		
TORNIO	5	45	7	79		
TURKU	75	496	7	7000	21	6
TUUSNIEMI	4	133	1	370	1	
TUUSULA	164	1162	9	22000	79	41
TÖYSÄ	2	271	2	540	1	
ULVILA	9	66	4	230		
URJALA	49	265	5	3000	7	3
UTSJOKI	5	91	20	210		
UURAINEN	3	890	270	1800	2	1
UUSIKAARLEPYY	3	86	14	140		
UUSIKAUPUNKI	55	618	26	2600	28	12

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo (Bq/l)	Minimi (Bq/l)	Maksimi (Bq/l)	Yliytysten kpl, >300 Bq/l	Yliytysten kpl, >1000 Bq/l
VAALA	1	150	150	150		
VAASA	5	108	7	180		
VALKEAKOSKI	47	150	4	2480	4	2
VALTIMO	6	98	13	370	1	
VANTAA	456	2138	2	62400	313	179
VARKAUS	33	139	6	730	5	
VEHMAA	14	988	83	5200	5	3
VESANTO	4	255	49	670	1	
VESILAHTI	6	239	11	550	2	
VETELI	1	2	2	2		
VIEREMÄ	6	465	3	1900	2	1
VIHANTI	1	300	300	300		
VIHTI	184	99	1	2000	8	2
VIITASAARI	14	1270	5	5900	7	4
VIMPELI	1	37	37	37		
VIROLAHTI	38	348	94	1000	19	
VIRRAT	46	305	13	1300	15	2
VÄRDÖ	18	262	129	450	7	
YLI-II	2	491	12	970	1	
YLITORNIO	1	1000	1000	1000	1	1
YLIVIESKA	1	100	100	100		
YLÖJÄRVI	35	493	7	3700	13	6
YPÄJÄ	16	202	18	840	4	
ÄHTÄRI	17	643	28	2500	9	4
ÄÄNEKOSKI	158	331	5	2500	52	10

Taulukko VI. Porakaivoveden uraanipitoisuuden tunnuslukuja kunnittain. Aineisto sisältää STUKissa mitatut vesinäytteet.

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{g/l}$)	Minimi ($\mu\text{g/l}$)	Maksimi ($\mu\text{g/l}$)	Ylitysten kpl, >30 $\mu\text{g/l}$	Ylitysten kpl, >100 $\mu\text{g/l}$
AKAA	9	5	0,3	20		
ALAVUS	1	40	40	40	1	
ASIKKALA	23	316	0,3	3560	16	8
ASKOLA	40	393	2,0	5590	28	13
BRÄNDÖ	1	20	20	20		
ECKERÖ	5	30	1,0	90	2	
ENONTEKIÖ	6	4	0,8	10		
ESPOO	426	95	0,0	1780	170	82
EURA	7	4	0,3	10		
EURAJOKI	2	31	2,0	60	1	
FINSTRÖM	4	7	2,0	20		
FORSSA	6	4	2,0	10		
FÖGLÖ	6	8	3,0	10		
GETA	2	26	11	40	1	
HAAPAVESI	1	2	2,0	2		
HAMINA	22	9	1,0	60	1	
HAMMARLAND	3	18	14	20		
HANKASALMI	5	12	1,0	50	1	
HANKO	5	95	35	240	5	2
HARJAVALTA	3	3	0,8	10		
HARTOLA	9	11	0,3	40	1	
HATTULA	9	37	0,3	190	2	2
HAUKIPUDAS	2	5	0,3	10		
HAUSJÄRVI	31	200	1,0	920	26	14
HEINOLA	52	57	0,1	610	20	7
HEINÄVESI	9	6	0,8	20		
HELSINKI	78	235	0,5	2780	38	25
HIRVENSALMI	5	2	1,0	4		
HOLLOLA	31	152	0,3	2510	11	7
HUITTINEN	4	17	8,0	30		
HUMPPILA	1	280	280	280	1	1
HYRYNSALMI	4	2	0,3	5		
HYVINKÄÄ	40	21	0,2	130	7	3
HÄMEENKOSKI	5	60	0,3	250	2	1

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{q/l}$)	Minimi ($\mu\text{q/l}$)	Maksimi ($\mu\text{q/l}$)	Ylitysten kpl, >30 $\mu\text{q/l}$	Ylitysten kpl, >100 $\mu\text{q/l}$
HÄMEENKYRÖ	4	3	1,0	10		
HÄMEENLINNA	41	44	0,1	370	18	3
II	1	5	5,0	5		
IISALMI	4	4	0,3	15		
IITTI	24	676	2,0	11760	9	5
IKAALINEN	2	16	3,0	30		
ILMAJOKI	1	0,3	0,3	0,3		
ILOMANTSI	4	4	3,0	10		
IMATRA	3	25	10	60	1	
INARI	12	3	0,3	20		
INKOO	86	42	0,7	530	25	9
ISOJOKI	2	5	5,0	10		
JALASJÄRVI	6	7	0,3	20		
JANAKKALA	26	102	1,0	430	13	7
JOENSUU	9	6	0,5	25		
JOKIOINEN	2	25	12	40	1	
JOMALA	7	51	3,0	230	3	1
JOROINEN	10	6	1,0	35	1	
JOUTSA	14	4	0,3	10		
JUANKOSKI	2	9	6,0	10		
JUUKA	11	12	0,5	60	1	
JUUPAJOKI	3	3	1,0	10		
JUVA	11	5	0,5	20		
JYVÄSKYLÄ	38	11	0,3	75	3	
JÄMSÄ	120	29	0,3	320	22	11
JÄRVENPÄÄ	27	119	7,0	1100	18	8
KAARINA	13	9	0,3	60	1	
KAAVI	1	2	2,0	2		
KAJAANI	11	65	3,0	470	3	2
KANGASALA	8	1	0,2	3		
KANGASNIEMI	19	8	0,3	40	2	
KANNUS	1	2	2,0	2		
KARJALOHJA	54	215	0,7	1620	32	21
KARKKILA	24	9	0,5	80	2	
KARSTULA	4	13	2,0	30		
KAUHAJOKI	1	1	1,0	1		

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{g/l}$)	Minimi ($\mu\text{g/l}$)	Maksimi ($\mu\text{g/l}$)	Ylitysten kpl, $>30 \mu\text{g/l}$	Ylitysten kpl, $>100 \mu\text{g/l}$
KAUHAVA	2	0,8	0,3	1		
KAUNIAINEN	11	116	3,0	550	5	3
KEITELE	4	98	12	210	2	2
KEMIJÄRVI	10	10	1,0	40	2	
KEMINMAA	2	3	0,8	5		
KEMIÖNSAARI	79	64	5,0	530	44	14
KERAVA	11	56	1,0	320	5	2
KERIMÄKI	1	20	20	20		
KEURUU	46	8	0,3	70	3	
KIHNIÖ	6	5	0,3	10		
KIIMINKI	1	20	20	20		
KINNULA	5	80	3,0	370	1	1
KIRKKONUMMI	380	149	0,3	4950	190	97
KITEE	2	2	1,0	2		
KITTILÄ	10	0,6	0,1	2		
KIURUVESI	10	2	0,3	4		
KIVIJÄRVI	1	0,8	0,8	0,8		
KOKEMÄKI	1	10	10	10		
KOKKOLA	1	7	7,0	10		
KOLARI	7	11	0,8	50	1	
KONNEVESI	2	7	3,0	10		
KONTIOLAHTI	2	0,8	0,3	1		
KORSNÄS	1	2	2,0	2		
KOSKI TL	3	130	6,0	290	2	1
KOTKA	20	10	2,0	30	1	
KOUVOLA	50	22	0,3	330	9	2
KRISTIINANKAUPUNKI	4	2	0,5	3		
KRUUNUPYY	1	20	20	20		
KUHMO	8	9	0,3	30		
KUHMOINEN	11	3	0,3	10		
KUOPIO	30	4	0,3	35	1	
KURIKKA	1	0,5	0,5	0,5		
KUSTAVI	9	7	2,0	20		
KUUSAMO	15	1	0,3	10		
KÄRKÖLÄ	8	612	2,0	4870	1	1
KÄRSÄMÄKI	2	19	4,0	30	1	

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{q/l}$)	Minimi ($\mu\text{q/l}$)	Maksimi ($\mu\text{q/l}$)	Ylitysten kpl, $>30 \mu\text{q/l}$	Ylitysten kpl, $>100 \mu\text{q/l}$
LAHTI	12	58	0,5	210	5	3
LAITILA	15	3	0,3	10		
LAPINJÄRVI	8	5	1,0	10		
LAPINLAHTI	12	3	0,4	10		
LAPPAJÄRVI	1	2	2,0	2		
LAPPEENRANTA	32	10	0,3	50	4	
LAUKAA	13	8	0,8	30		
LAVIA	2	3	0,5	10		
LEMI	4	4	0,5	10		
LEMLAND	16	39	20	80	8	
LEMPÄÄLÄ	11	3	0,3	10		
LEPPÄVIRTA	7	4	0,3	10		
LIEKSA	5	9	1,0	30		
LIETO	24	26	0,3	130	7	2
LIPERI	1	2	2,0	2		
LOHJA	111	116	0,04	5620	38	14
LOIMAA	13	44	1,0	160	6	2
LOPPI	20	348	0,3	5080	6	5
LOVIISA	74	106	0,8	1960	31	18
LUHANKA	7	14	2,0	40	2	
LUMPARLAND	3	24	5,0	40	1	
LUUMÄKI	9	4	2,0	10		
LUVIA	1	2	2,0	2		
LÄNSI-TURUNMAA	71	49	0,3	1190	22	6
MAALAHTI	1	6	6,0	10		
MAANINKA	4	3	0,8	10		
MAARIANHAMINA	1	2	2,0	2		
MARTTILA	5	33	9,0	70	2	
MASKU	12	14	0,3	50	2	
MIEHIKKÄLÄ	9	6	1,0	30		
MIKKELI	14	24	0,3	230	1	1
MULTIA	4	2	0,8	4		
MUONIO	1	2	2,0	2		
MUSTASAARI	2	3	2,0	5		
MUURAME	4	19	0,3	70	1	
MYNÄMÄKI	5	5	0,5	10		

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{g/l}$)	Minimi ($\mu\text{g/l}$)	Maksimi ($\mu\text{g/l}$)	Ylitysten kpl, $>30 \mu\text{g/l}$	Ylitysten kpl, $>100 \mu\text{g/l}$
MYRSKYLÄ	32	35	0,5	290	8	2
MÄNTSÄLÄ	179	168	0,5	6530	81	36
MÄNTTÄ-VILPPULA	31	13	0,3	90	4	
MÄNTYHARJU	12	36	0,2	170	3	2
NAANTALI	44	35	0,3	390	10	4
NAKKILA	2	0,4	0,3	0,5		
NASTOLA	17	48	3,0	270	6	2
NILSIÄ	4	4	1,0	10		
NOKIA	15	4	0,3	20		
NOUSIAINEN	3	3	0,8	10		
NUMMI-PUSULA	78	15	0,3	120	9	3
NURMES	2	4	0,8	10		
NURMIJÄRVI	94	4	0,2	40	2	
ORIMATTILA	97	90	0,3	1600	42	17
ORIPÄÄ	1	6	6,0	10		
ORIVESI	20	11	0,3	60	3	
OULAINEN	1	1	1,0	1		
OULU	4	8	0,5	20		
OUTOKUMPU	1	2	2,0	2		
PADASJOKI	13	4	0,3	20		
PAIMIO	9	44	1,0	160	4	1
PALTAMO	1	4	4,0	4		
PARIKKALA	13	34	1,0	210	2	1
PARKANO	8	4	0,3	20		
PELLO	1	30	30	30	1	
PERHO	1	6	6,0	10		
PERTUNMAA	7	7	0,5	30		
PETÄJÄVESI	3	2	0,3	10		
PIEKSÄMÄKI	11	4	0,8	7		
PIELAVESI	6	3	2,0	10		
PIHTIPUDAS	8	97	1,0	670	3	1
PIRKKALA	2	5	1,0	10		
PORI	8	9	1,0	20		
PORNAINEN	71	48	0,3	590	25	7
PORVOO	117	184	0,5	8280	54	24
POSIO	1	2	2,0	2		

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{g/l}$)	Minimi ($\mu\text{g/l}$)	Maksimi ($\mu\text{g/l}$)	Ylitysten kpl, >30 $\mu\text{g/l}$	Ylitysten kpl, >100 $\mu\text{g/l}$
PUKKILA	23	43	0,8	320	6	3
PUNKAHARJU	8	97	2,0	690	2	1
PUOLANKA	3	10	0,3	30		
PUUMALA	10	32	3,0	90	4	
PYHTÄÄ	9	28	2,0	70	5	
PYHÄJOKI	2	460	400	520	2	2
PYHÄRANTA	2	2	2,0	2		
PÄLKÄNE	13	10	0,8	80	1	
PÖYTYÄ	8	21	0,5	80	2	
RAAHE	1	0,3	0,3	0,3		
RAASEPORI	110	131	0,8	1890	59	29
RAISIO	4	115	0,3	370	2	1
RANTASALMI	9	8	0,5	20		
RANUA	1	0,9	0,9	0,9		
RAUMA	18	8	0,5	50	1	
RAUTALAMPI	2	3	1,0	4		
RAUTAVAARA	7	75	0,3	500	1	1
RAUTJÄRVI	1	170	170	170	1	1
RIIHIMÄKI	17	23	0,3	80	5	
RISTIINA	7	27	3,0	130	1	1
RISTIJÄRVI	1	3	3,0	3		
ROVANIEMI	12	169	0,02	1380	3	3
RUOKOLAHTI	10	114	9,0	390	7	4
RUOVESI	19	15	2,0	110	2	1
RUSKO	7	310	17	1660	5	3
SAARIJÄRVI	4	15	7,0	30		
SALO	175	185	0,3	8920	93	47
SALTVIK	6	12	5,0	15		
SASTAMALA	5	3	0,3	10		
SAUVO	29	123	0,5	500	17	12
SAVITAIPALE	3	41	8,0	80	2	
SAVONLINNA	4	7	1,0	10		
SEINÄJOKI	3	2	1,0	4		
SIIKALATVA	1	2	2,0	2		
SIILINJÄRVI	10	7	0,3	30		
SIPOO	201	140	0,1	3960	83	41

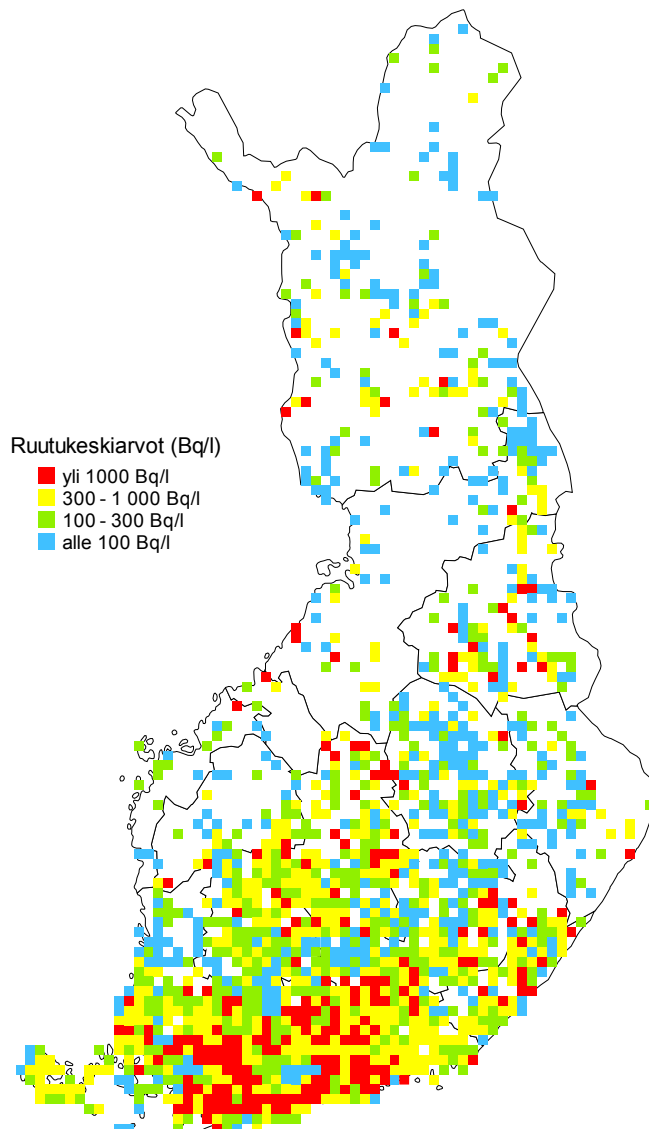
Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{g/l}$)	Minimi ($\mu\text{g/l}$)	Maksimi ($\mu\text{g/l}$)	Ylitysten kpl, >30 $\mu\text{g/l}$	Ylitysten kpl, >100 $\mu\text{g/l}$
SIUNTIO	92	217	0,1	10670	53	24
SODANKYLÄ	17	0,9	0,3	4		
SOINI	8	3	0,3	10		
SOMERO	45	61	0,3	950	16	6
SONKAJÄRVI	2	5	0,5	10		
SOTKAMO	9	16	0,1	100	1	1
SOTTUNGA	3	6	4,0	10		
SULKAVA	2	601	0,3	1200	1	1
SUOMENNIEMI	2	11	5,0	20		
SUOMUSSALMI	5	7	0,6	20		
SUONENJOKI	1	0,8	0,8	0,8		
SYSMÄ	32	21	0,1	490	2	1
SÄKYLÄ	2	2	0,3	4		
TAIPALSAARI	14	124	0,9	820	9	4
TAIVALKOSKI	1	10	10	10		
TAIVASSALO	3	21	8,0	50	1	
TAMMELA	33	99	0,5	980	16	8
TAMPERE	16	40	0,3	510	2	1
TARVASJOKI	3	169	50	390	3	1
TERVO	2	0,3	0,3	0,3		
TERVOLA	5	2	0,3	5		
TEUVA	2	2	1,0	2		
TOIVAKKA	5	6	0,8	20		
TORNIO	3	2	0,3	3		
TURKU	42	18	0,5	100	8	
TUUSNIEMI	1	4	4,0	4		
TUUSULA	154	56	0,01	1080	51	20
TÖYSÄ	1	3	3,0	3		
ULVILA	1	4	4,0	4		
URJALA	22	5	0,3	40	1	
UTSJOKI	2	3	0,8	5		
UURAINEN	1	20	20	20		
UUSIKAUPUNKI	31	29	2,0	250	7	2
VAALA	1	0,7	0,7	0,7		
VAASA	5	5	0,8	10		
VALKEAKOSKI	10	6	0,5	30		

Kunta	Mitattuja porakaivoja kpl	Keski-arvo ($\mu\text{g/l}$)	Minimi ($\mu\text{g/l}$)	Maksimi ($\mu\text{g/l}$)	Ylitysten kpl, >30 $\mu\text{g/l}$	Ylitysten kpl, >100 $\mu\text{g/l}$
VANTAA	429	84	0,05	2010	173	72
VARKAUS	9	1	0,3	4		
VEHMAA	8	11	2,0	40	1	
VESANTO	2	16	3,0	30		
VESILAHTI	3	5	2,0	10		
VETELI	1	0,3	0,3	0,3		
VIEREMÄ	1	7	7,0	10		
VIHTI	117	12	0,1	630	4	2
VIITASAARI	6	15	0,8	50	1	
VIMPELI	1	3	3,0	3		
VIROLAHTI	14	5	1,0	20		
VIRRAT	34	6	1,0	40	1	
VÄRDÖ	1	20	20	20		
YLI-II	1	4	4,0	4		
YLITORNIO	1	3	3,0	3		
YLÖJÄRVI	17	10	0,5	70	2	
YPÄJÄ	7	11	0,5	30	1	
ÄHTÄRI	11	11	0,3	50	2	
ÄÄNEKOSKI	40	14	0,5	90	5	

8 Kartat

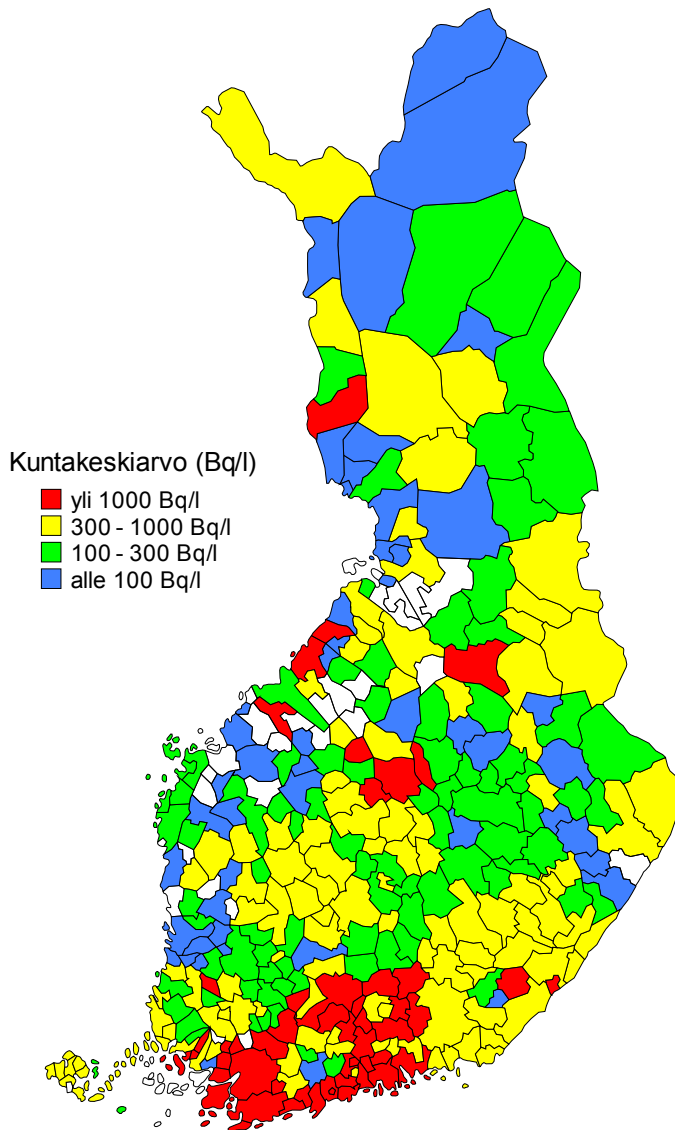
Kartta 1

Porakaivoveden radonpitoisuus
Aritmeettinen keskiarvo 10 x 10 km:n ruudussa
Vähintään yksi radonmittaus/ruutu
Noin 11 300 porakaivoveden radonmittausta



Kartta 2

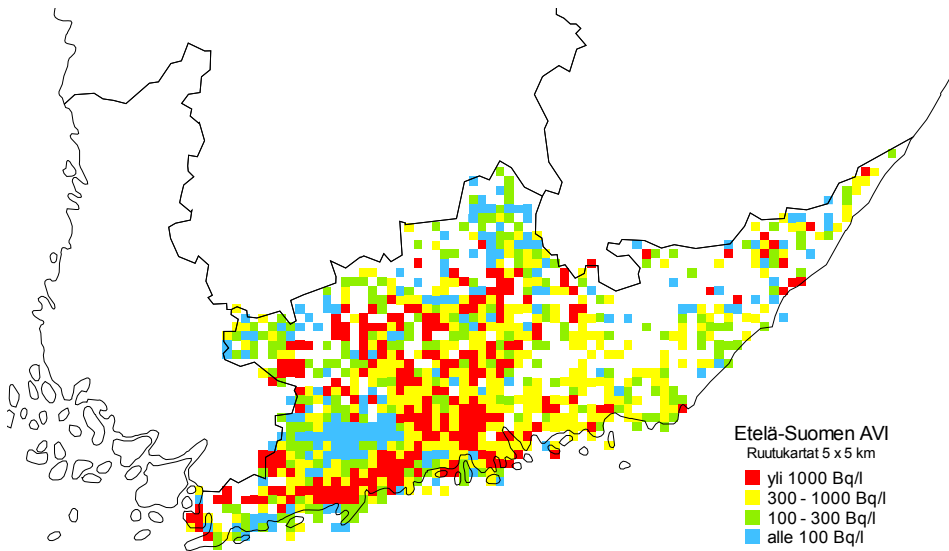
Porakaivoveden radonpitoisuus
Kuntakohtaiset keskiarvot
Vähintään yksi radonmittaus/kunta
Noin 11 200 radonmittausta



Kartta 3

Porakaivoveden radonpitoisuus
Etelä-Suomen AVI
Noin 5 900 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi radonmittaus/ruutu



Kartta 4**Porakaivoveden radonpitoisuus**

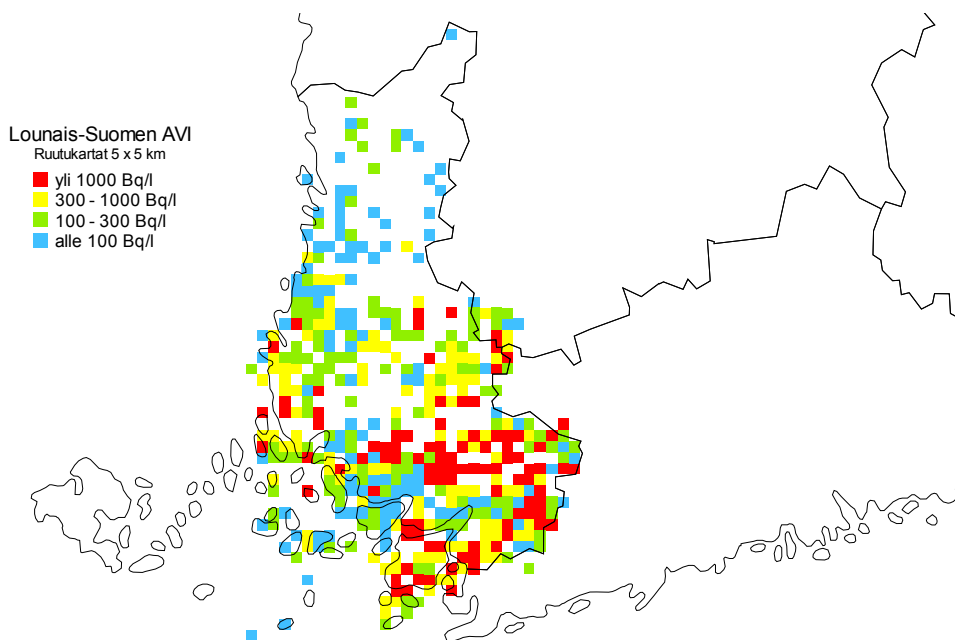
Lounais-Suomen AVI

Noin 1 300 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo

Ruudun koko 5 x 5 km

Vähintään yksi radonmittaus/ruutu



Kartta 5

Porakaivoveden radonpitoisuus

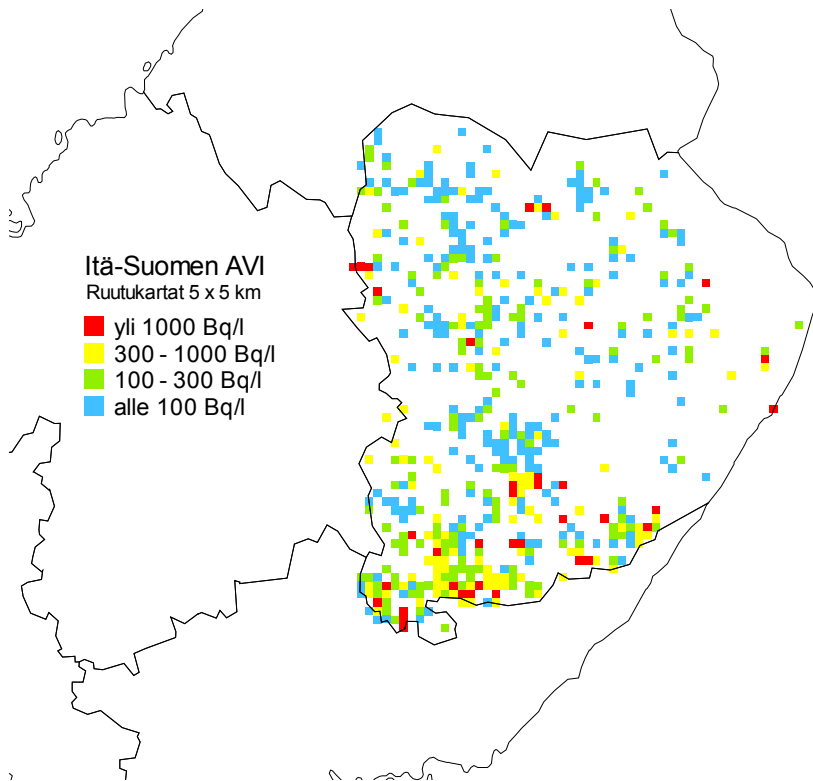
Itä-Suomen AVI

Noin 860 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo

Ruudun koko 5 x 5 km

Vähintään yksi radonmittaus/ruutu



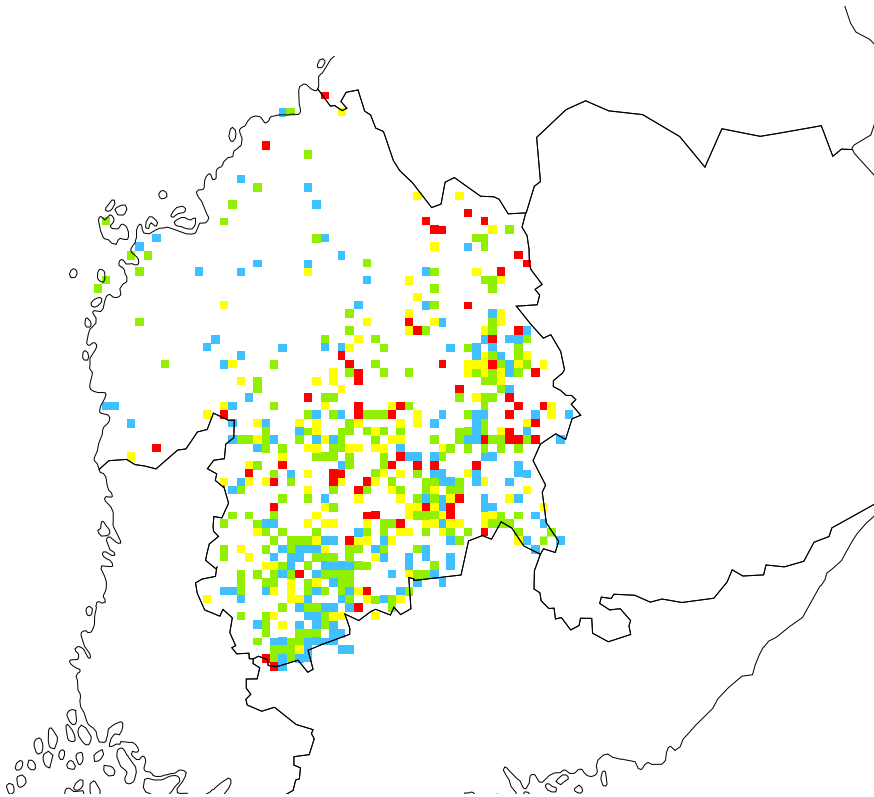
Kartta 6

Porakaivoveden radonpitoisuus
Länsi- ja Sisä-Suomen AVI
Noin 1 200 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi radonmittaus/ruutu

Länsi- ja Sisä-Suomen AVI
Ruutukeskiarvo 5 x 5 km

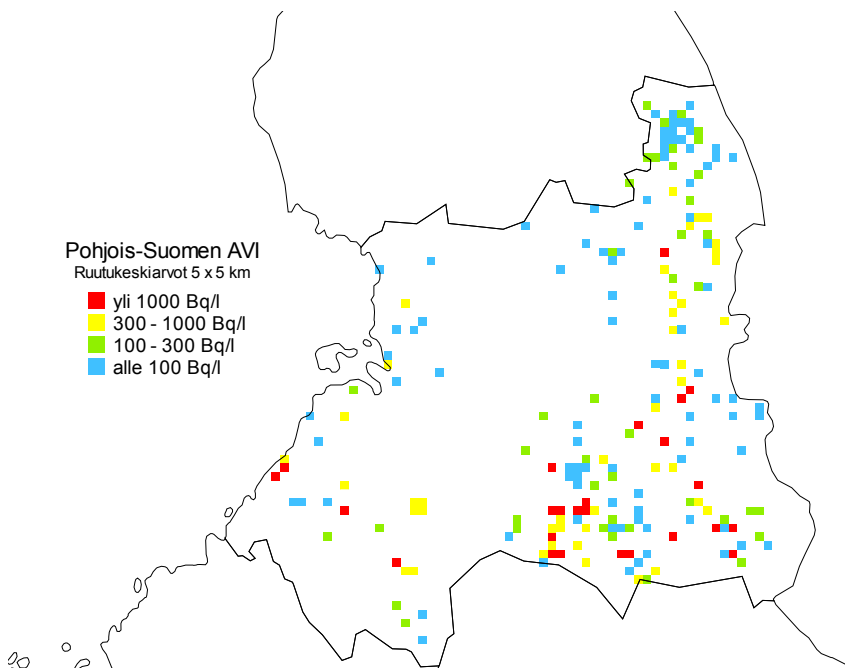
- yli 1000 Bq/l
- 300 - 1000 Bq/l
- 100 - 300 Bq/l
- alle 100 Bq/l



Kartta 7

Porakaivoveden radonpitoisuus
Pohjois-Suomen AVI
Noin 290 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi radonmittaus/ruutu



Kartta 8

Porakaivoveden radonpitoisuus

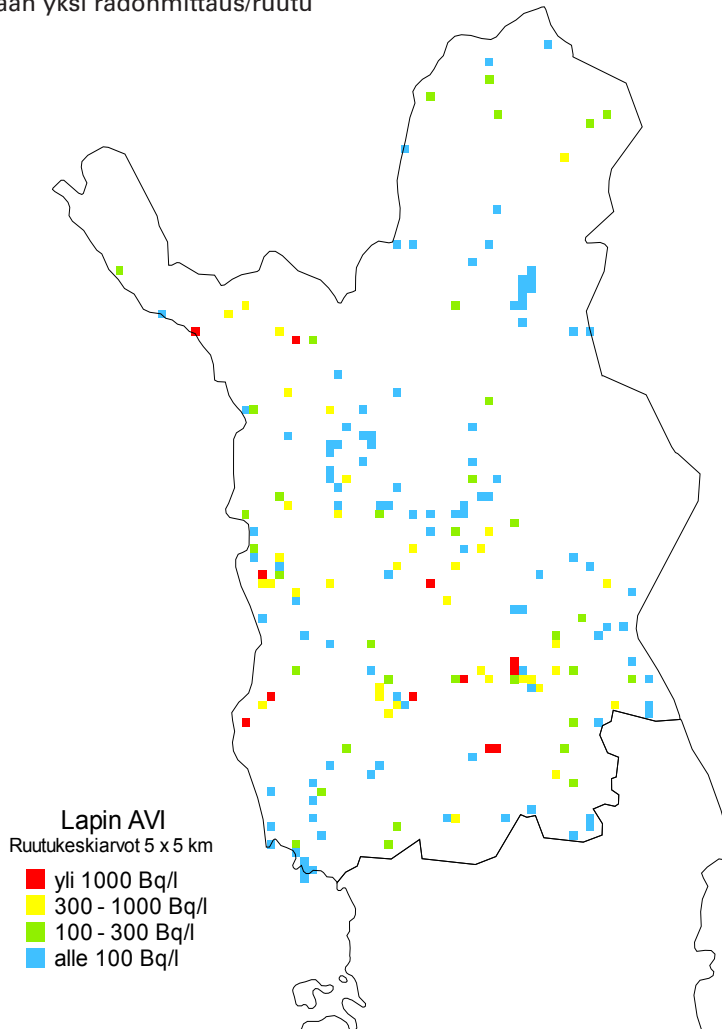
Lapin AVI

Noin 290 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo

Ruudun koko 5 x 5 km

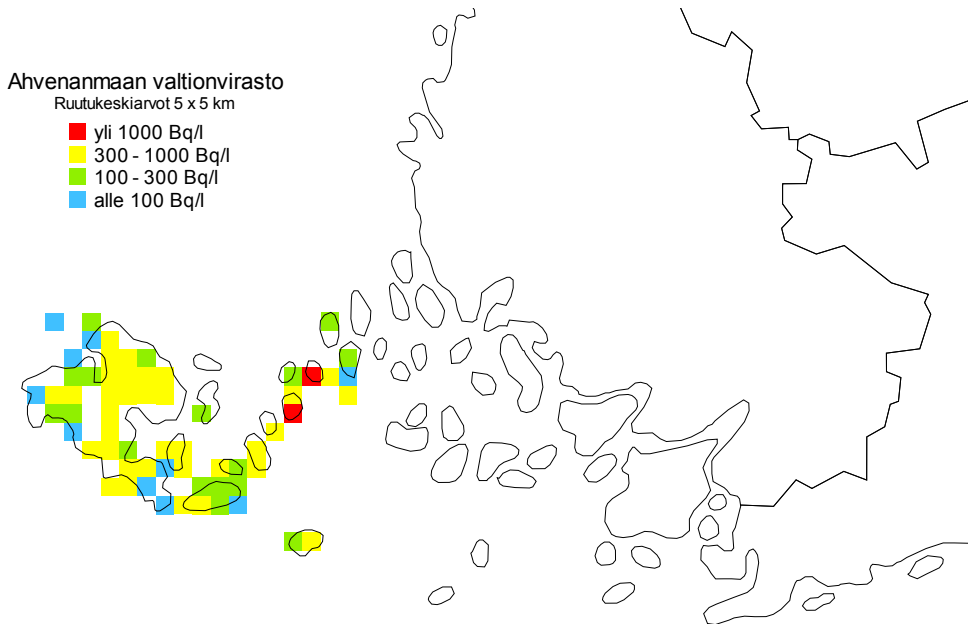
Vähintään yksi radonmittaus/ruutu



Kartta 9

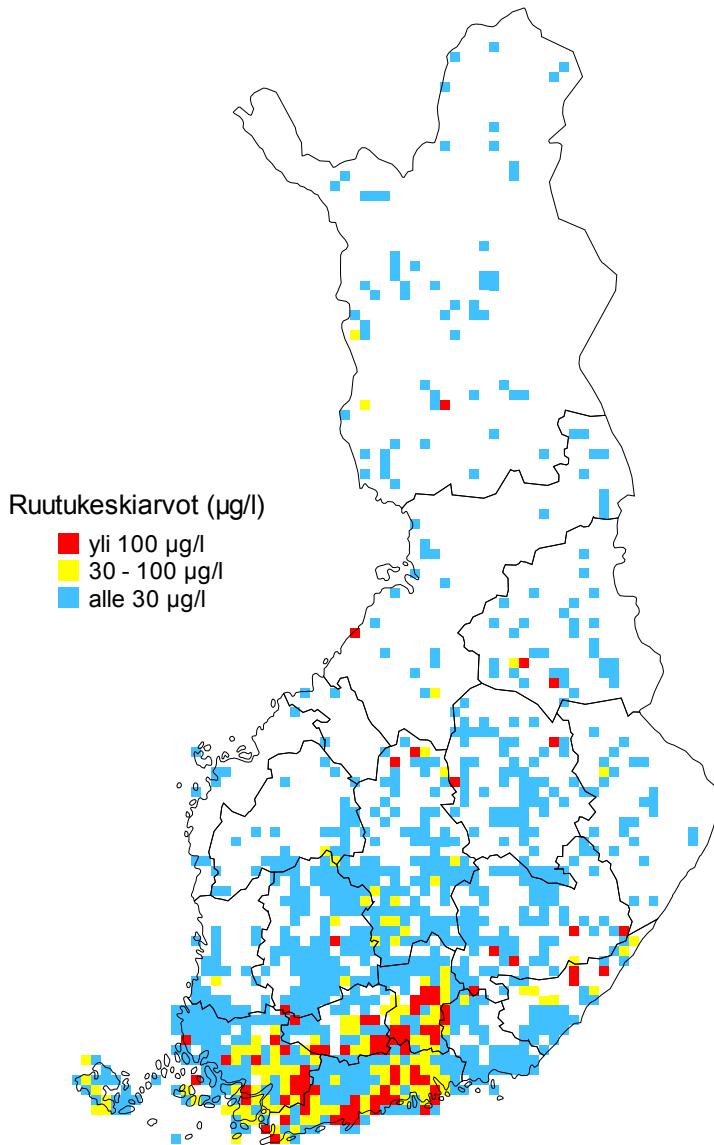
Porakaivoveden radonpitoisuus
Ahvenanmaan valtionvirasto
Noin 520 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi radonmittaus/ruutu



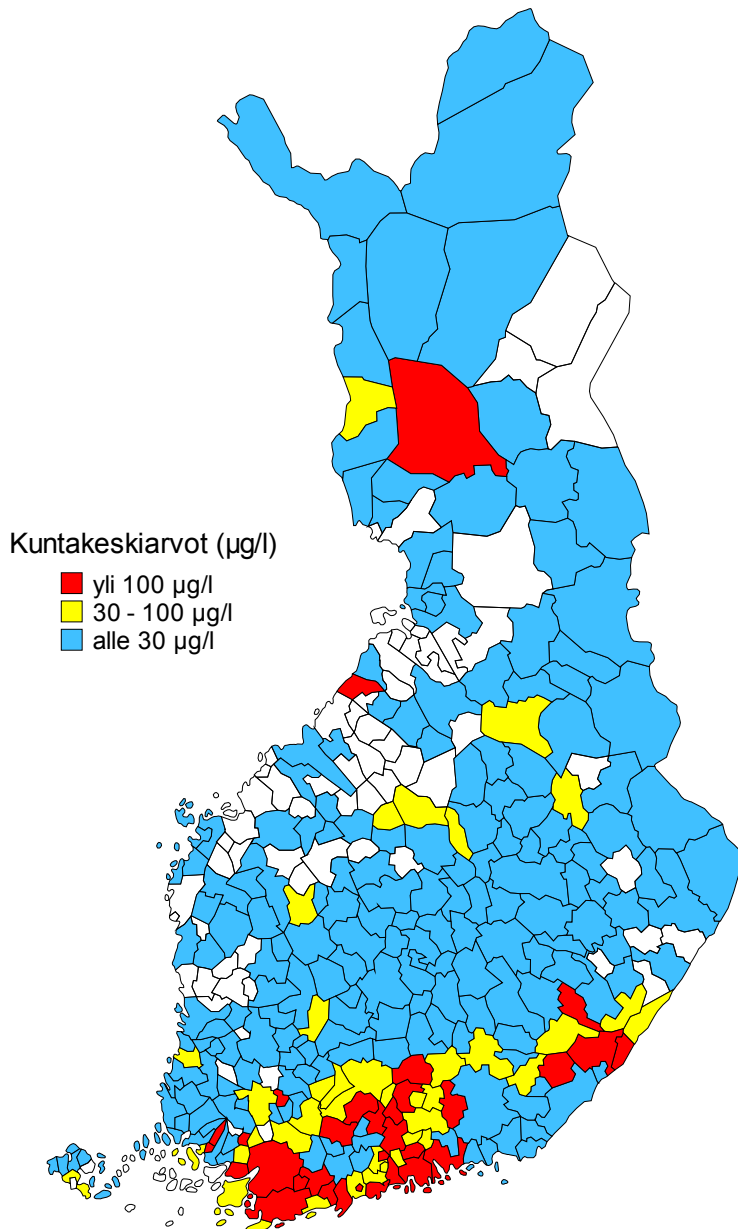
Kartta 10

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Aritmeettinen keskiarvo 10 x 10 km:n ruudussa
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu
Noin 5 000 porakaivoveden uraanimittausta.



Kartta 11

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Kuntakohtaiset keskiarvot
Vähintään yksi uraanimittaus/kunta
Noin 57 000 uraanimittausta



Kartta 12

Porakaivoveden uraanipitoisuus

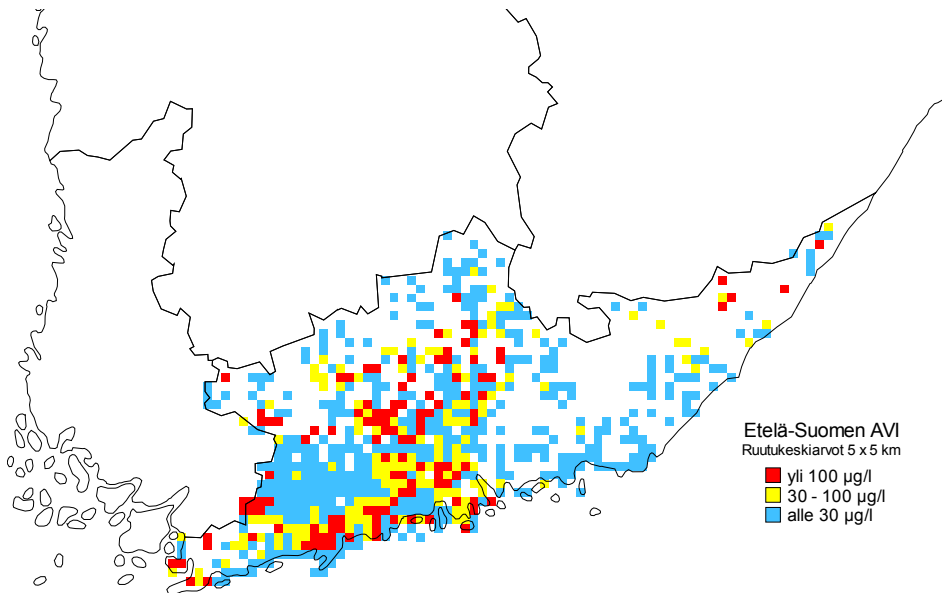
Etelä-Suomen AVI

Noin 3 400 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo

Ruudun koko 5 x 5 km

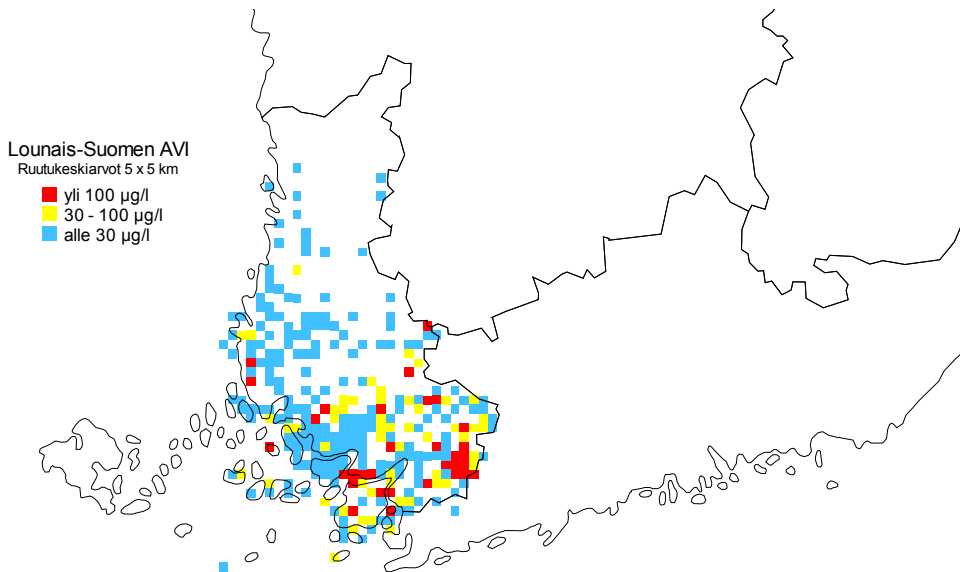
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu



Kartta 13

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Lounais-Suomen AVI
Noin 540 porakaivoa

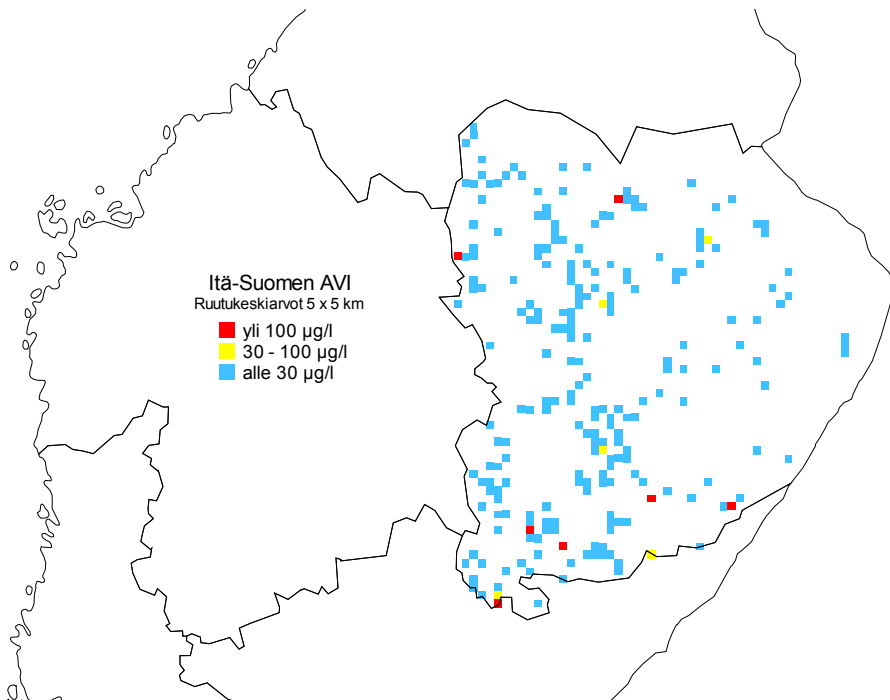
Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu



Kartta 14

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Itä-Suomen AVI
Noin 270 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu



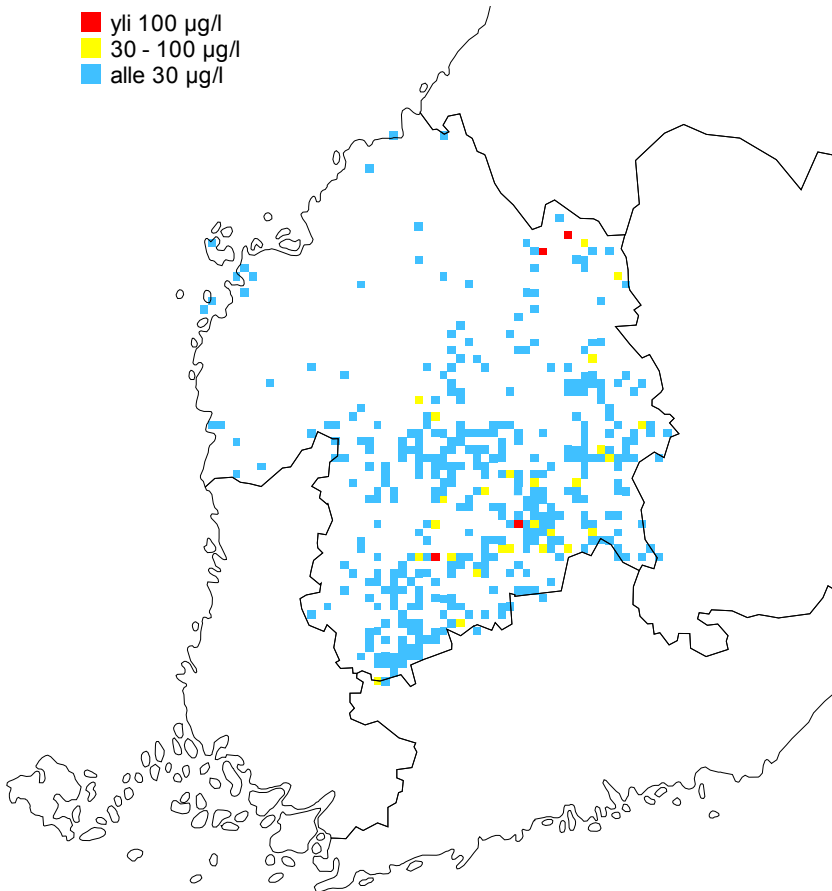
Kartta 15

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Länsi- ja Sisä-Suomen AVI
Noin 640 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu

Länsi- ja Sisä -Suomen AVI
Ruutukartat 5 x 5 km

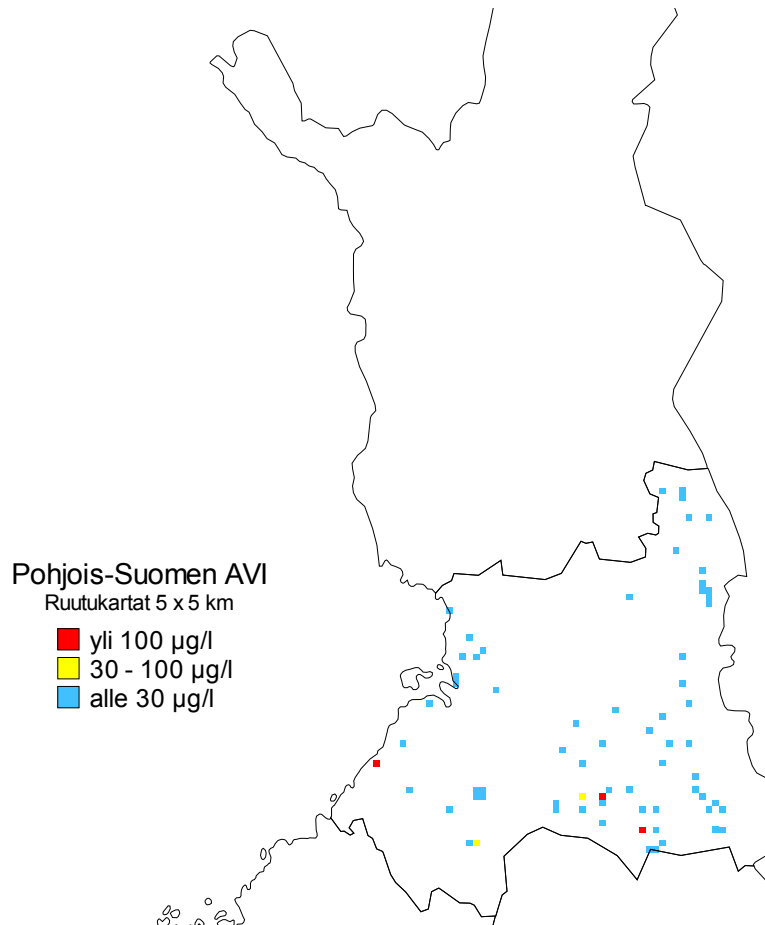
- yli 100 µg/l
- 30 - 100 µg/l
- alle 30 µg/l



Kartta 16

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Pohjois-Suomen AVI
Noin 80 porakaivoa

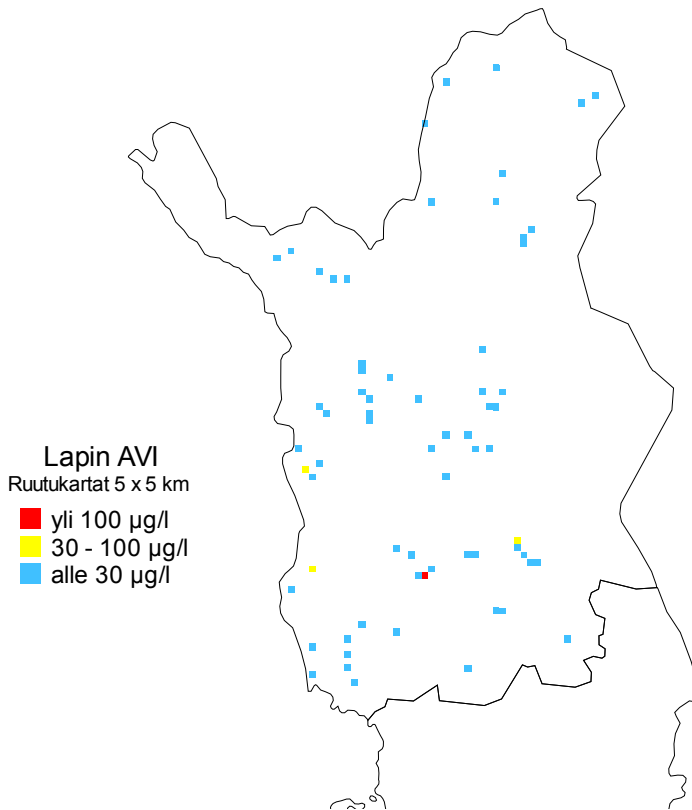
Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu



Kartta 17

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Lapin AVI
Noin 90 porakaivoa

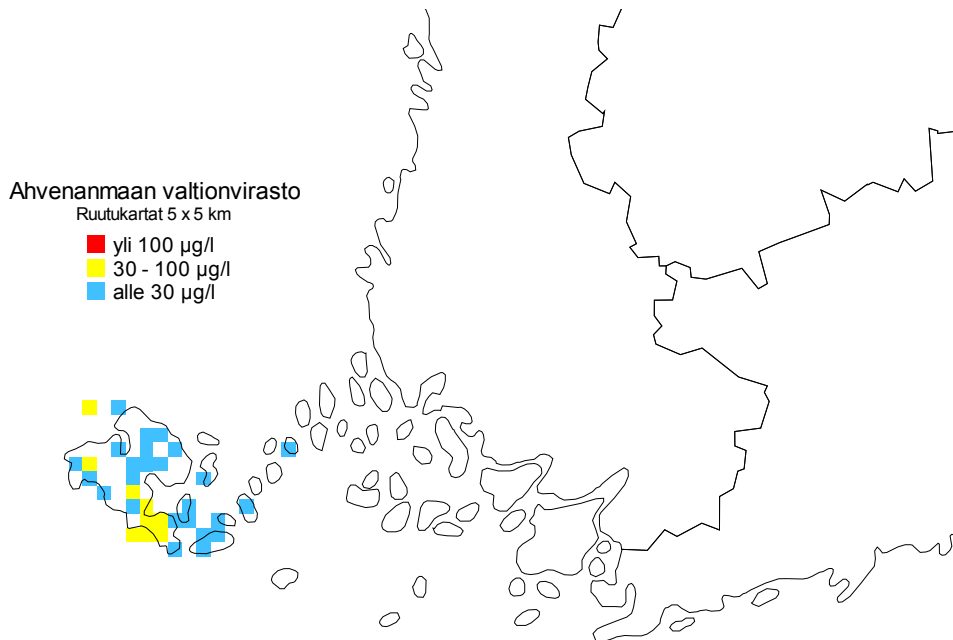
Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu



Kartta 18

Porakaivoveden uraanipitoisuus
Ahvenanmaan valtionvirasto
Noin 55 porakaivoa

Aritmeettinen keskiarvo
Ruudun koko 5 x 5 km
Vähintään yksi uraanimittaus/ruutu



STUK-A-sarjan julkaisuja

STUK-A 256 Vesterbacka P, Vaaramaa K. Porakaivoveden radon- ja uraanikartasto. Helsinki 2013.

STUK-A 255 Turtiainen T. Radon and radium in well water: Measurements and mitigation of exposure. Doctoral thesis. Helsinki 2012.

STUK-A 254 Sulonen Nina (Ed.). Abstracts of the 4th International MELODI Workshop. 12–14 September 2012, Helsinki, Finland.

STUK-A 253 Outola Iisa, Saxén Ritva. Radionuclide deposition in Finland 1961-2006. Helsinki 2012.

STUK-A252 Arvela H, Holmgren O, Reisbacka H. Asuntojen radonkorjaaminen. Helsinki 2012.

STUK-A251 Holmgren O, Arvela H. Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries. Helsinki 2012.

STUK-A250 Nylund R., Proteomics analysis of human endothelial cells after short-term exposure to mobile phone radiation. Helsinki 2011.

STUK-A249 Salomaa S, Sulonen N (Eds.). Research activities of STUK 2005–2010. Helsinki 2011.

STUK-A248 Salomaa S, Sulonen N (Eds.). Research projects of STUK 2009–2011. Helsinki 2011.

STUK-A247 Larjavaara S. Occurrence studies of intracranial tumours. Helsinki 2011.

STUK-A246 Lahkola A. Mobile phone use and risk of brain tumours. Helsinki 2010.

STUK-A245 Valmari T, Mäkeläinen I, Reisbacka H, Arvela H. Suomen radonkartasto 2010 – Radonatlas över Finland 2010 – Radon Atlas of Finland 2010. Helsinki 2010.

STUK-A244 Arvela H, Mäkeläinen I, Holmgren O, Reisbacka H. Radon uudisrakentamisessa - Otantatutkimus 2009. Helsinki 2010.

STUK-A243 Toivonen T. Microwave dosimetry in biological exposure studies and in practical safety evaluations. Helsinki 2010.

STUK-A242 Mäkeläinen I, Kinnunen T, Reisbacka H, Valmari T, Arvela H. Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. Helsinki 2009.

STUK-A-raportit STUKin verkkosivuilla:

http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/listaus/?sarja=STUK-A



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-777-2 (pdf)
ISSN 0781-1705