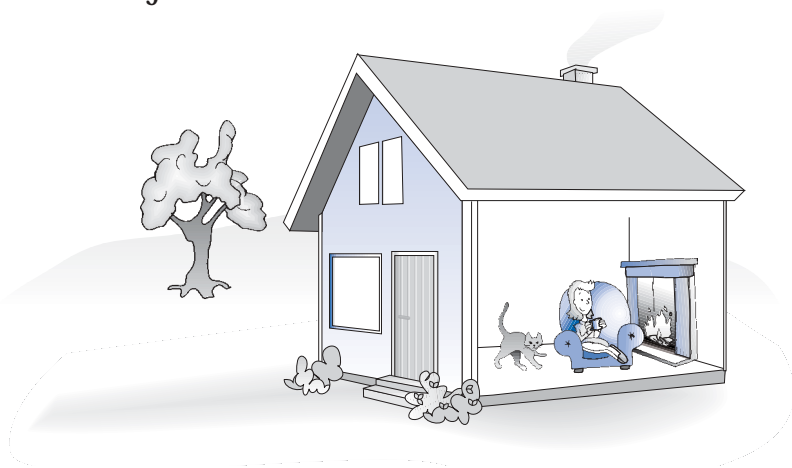


# Sisäilman radon

Radon on radioaktiivinen kaasu, jota voi esiintyä sisäilmassa haitallisina pitoisuuksina. Ainoa tapa saada selville sisäilman radonpitoisuus on mittaaminen. Radonia esiintyy kaikkialla luonnossa, ja se kulkeutuu asuntoon maaperästä. Helpointa radonin torjuminen on rakennusvaiheessa.



# Sisäilman radon

Radon aiheuttaa Suomessa 100 - 600 keuhkosityöpää vuosittain. Pahimmassa tapauksessa kodin tai työpaikan radonpitoisuus voi olla kymmeniä kertoja suurempi kuin enimmäisarvo. Radonia voidaan torjua monin keinoin sekä uutta rakennettaessa että vanhaa korjaamalla. Radontorjunta voidaan tehdä lähes poikkeuksetta kohtuullisin kustannuksin.

## Mitä radon on?

Radon on hajuton, mauton ja näkymätön radioaktiivinen jalokaasu. Sitä ei pysty mitenkään aistimaan. Se voidaan havaita ainoastaan erikoismittalaitteiden avulla. Radioaktiivisuuden yksikkö on becquerel (Bq), joka tarkoittaa yhden atomin hajoamista sekunnissa. Sisäilman radonpitoisuus ilmoitetaan becquerelina kuutiometrissä ilmaa (Bq/m<sup>3</sup>).

Radonia syntyy jatkuvasti maankamarassa ja kaikessa kiviainek-

sessä. Se on yksi välituote, kun uraani hajoaa ja muuttuu lopulta lyijyksi. Radon on kaasu ja pääsee sen vuoksi liikkumaan helposti maaperän huokosissa ja kalliope-  
rän raoissa.

## Miksi radon on vaarallista?

Ilmassa leijuvat radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengityksen mukana keuhkoihin. Itse radonkaasu poistuu pääosin uloshengityksen mukana. Radonin kiinteät hajoamistuotteet tarttuvat keuhkojen sisäpintaan, missä ne lähettävät alfasäteilyä. Keuhkojen saama säteilyannos lisää riskiä saada keuhkosityöpä.

Suomessa todetaan vuosittain 2000 keuhkosityöpää, joista radonin arvioidaan aiheuttavan noin 200 (vaihteluväli on 100 - 600). Tupakoitsijoilla radonista aiheutuva riski on suurempi kuin tupakoimattomilla.

Pienikin säteilyannos voi aiheuttaa syövän, joskin todennäköi-

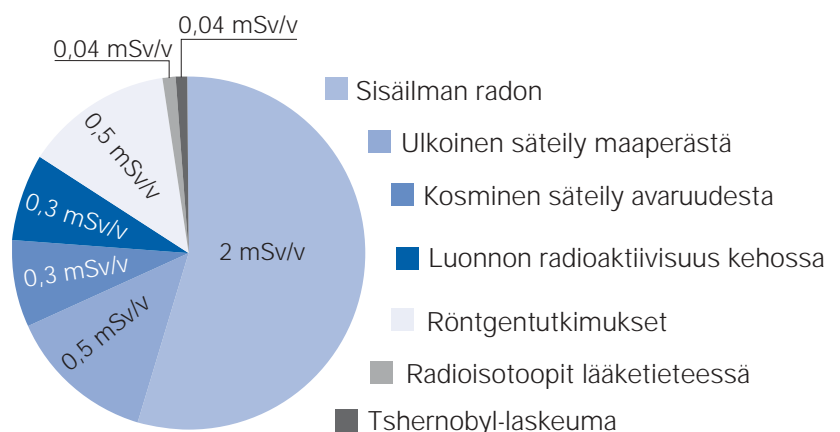
syys on tällöin pieni. Mitä kauemmin ja mitä suuremmissa radonpitoisuuksissa oleskelee, sitä suurempi todennäköisyys on saada keuhkosityöpä.

Tutkimuksissa ei ole havaittu, että radon aiheuttaisi muita terveyshaittoja kuin keuhkosityöpää. Se ei aiheuta allergisia reaktioita, huimausta, väsymystä eikä muita sen kaltaisia tuntemuksia.

## Miten radon tulee sisäilmaan?

Talon alla oleva maaperä on tärkein sisäilman radonlähde. Maanvaraisen laatan, rinneratkaisujen ja kevytsoraharkkojen käyttö on yleistynyt voimakkaasti 1980- ja 1990-luvuilla. Tällaiset perustukset sisältävät runsaasti rakoja ja muita reittejä, joiden kautta radonpitoisen ilman on helppo päästä asuntoon. Ulko- ja sisälämpötilojen ero aiheuttaa alipaineen, joka imee radonpitoista ilmaa maaperästä sisätiloihin. Talvella radonia virtaa sisään enemmän kuin

Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos on 3,7 millisievertiä vuodessa



Noin puolet suomalaisen saamasta säteilyannoksesta on peräisin huoneilman radonista. Keskimääräinen radonpitoisuus suomalaisissa asunnoissa on noin 120 becquereliä kuutiometrissä. Se vastaa noin kahden millisievertin säteilyannosta vuodessa.

kesällä. Myös huono ilmanvaihto suurentaa radonpitoisuutta. Mikäli talossa on koneellinen poistoilmanvaihto eikä korvausilma-venttiilejä ole riittävästi, voi talon alipaineisuus ja sen myötä myös radonpitoisuus kasvaa.

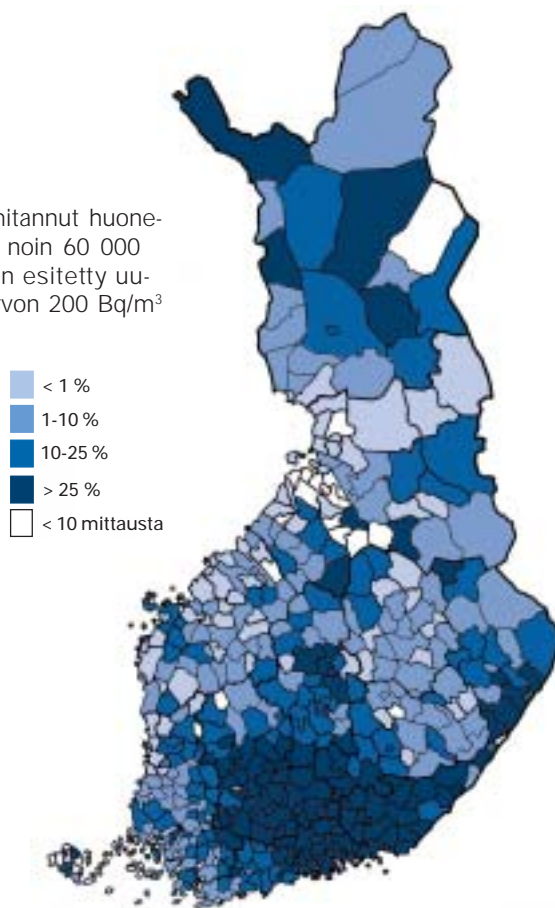
Radonia tulee sisäilmaan jonkin verran myös rakennusmateriaaleista, esimerkiksi betonista ja tiilestä. Kerrostalojen ylemmissä kerroksissa radon ei yleensä tule maaperästä vaan lähes yksinomaan rakennusmateriaaleista. Niistä aiheutuva radonpitoisuus on normaalisti pieni.

Radonia voi vapautua huoneilmaan myös vedenkäytön yhteydessä. Erityisesti porakaivoveden radonpitoisuus voi olla niin suuri, että se nostaa sisäilman radonpitoisuutta. Radonia vapautuu herkästi etenkin suihkun, pyykinpesun ja astioiden pesun yhteydessä.

### Radonpitoisuus selviää mittaamalla

Huoneilman radonpitoisuus mitataan radonmittauspurkeilla. Luotettavin arvio altistuksesta saadaan, kun mitataan kahdella radonmittauspurkilla asunnon eri huoneissa ja/tai kerroksissa. Pienissä asunnoissa voidaan käyttää myös yhtä purkkia. Mittausajaksi suositellaan kahta kuukautta marraskuun alun ja huhtikuun lopun välisenä aikana. Kuntien ja taloyhtiöiden radonkartoituksissa voidaan mitata yhdellä purkilla talon alimmassa asutussa huoneessa.

Säteilyturvakeskus on mitannut huoneilman radonpitoisuuden noin 60 000 pientalossa. Kartassa on esitetty uusien asuntojen tavoitearvon 200 Bq/m<sup>3</sup> kuntakohtaiset ylitykset.



### Vapaa-ajan asunnot

Radonmittaus ei yleensä ole tarpeen kesämökillä, jos siellä oleskellaan pääasiassa vain kesällä. Tällöin radonpitoisuus on yleensä alhainen. Jos vapaa-ajan asuntoa käytetään paljon muina vuodenaikoina, voi radonmittaus olla tarpeellinen myös vapaa-ajan asunnossa.

### Työpaikat

Jokainen työnantaja on velvollinen selvittämään työntiljojensa radonpitoisuuden, jos on syytä epäillä, että enimmäisarvo ylittyy. Säteilyturvakeskuksen www-sivuilla

on listattuna ne kunnat, joissa radon on mitattava kaikilla työpaikoilla.

Työpaikan radonpitoisuus määritetään marras-huhtikuun aikana vähintään kaksi kuukautta kestävästä mittauksesta käyttäen radonmittauspurkkia. Työpaikkojen radonmittauksissa käytettävien laitteiden ja menetelmien tulee olla Säteilyturvakeskuksen hyväksymiä.

Työpaikan radonpitoisuus mitataan rakennuksen alimmassa kerroksessa paikoissa, joissa työkennellä. Toimistoissa riittää yksi mittaus noin 200:aa neliö-

metriä kohti, teollisuushalleissa 1 - 2 mittausta/halli. Jokaisessa erillisessä rakennuksessa tehdään vähintään yksi mittaus.

### Enimmäisarvot

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen (n:o 944/92) mukaan asunon huoneilman radonpitoisuus ei saisi ylittää arvoa 400 becquereliä kuutiometrissä ( $Bq/m^3$ ). Uusi asunto tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa 200  $Bq/m^3$ .

Mikäli huoneilman radonpitoisuus ylittää 400  $Bq/m^3$ , Säteilyturvakeskus suosittelee toimenpiteitä radonpitoisuuden pienentämiseksi.

Mikäli radonpitoisuus on 200 - 400  $Bq/m^3$ , Säteilyturvakeskus suosittelee tarkoituksenmukaisia, helposti tehtäviä korjauksia, jotta radonpitoisuutta voitaisiin alentaa.

Mikäli huoneilman radonpitoisuus alittaa 200  $Bq/m^3$ , huoneilman radonturvallisuus on riittävä.

Säteilyasetuksessa on annettu toimenpidearvo työpaikkojen radonpitoisuudelle. Työpaikoilla, kouluissa, päiväkodeissa ja julkisissa tiloissa radonpitoisuus ei saa säännöllisessä työssä ylittää 400  $Bq/m^3$ . Jos mitattu tai mittauksen perusteella arvioitu radonpitoisuus ylittää 400  $Bq/m^3$ , on radonpitoisuutta pienennettävä.

### Radonia on eniten harjuilla

Suomessa sisäilman radonpitoisuudet ovat Euroopan ja mahdollisesti koko maailman korkeimpia. Syyt korkeisiin radonpitoisuuksiin löytyvät geologiasta, rakennustekniikasta ja ilmastosta.

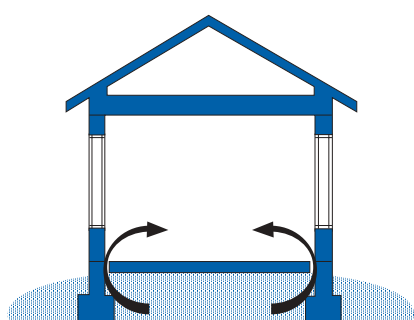
Maaperässä olevien hiekka-, sora- ja savirakeiden välissä on ilmaa. Maaperän ilman radonpitoisuus on aina korkea, 10 000 - 100 000  $Bq/m^3$ . Pahimilla radonalueilla on mitattu radonpitoisuuksia, jotka ovat jopa yli miljoona becquereliä kuutiometrissä.

Graniittisen kallio- ja maaperämme uraanipitoisuus on suurempi kuin muiden kivilajien keskimääräinen uraanipitoisuus. Hyvin ilmaa läpäisevät sora ja hiekkaharjut ovat radonpitoisen ilman ehtymätön lähde. Harjuille perusteluissa taloissa radonpitoisuudet ovatkin selvästi suurempia kuin lähiympäristön muille maalajeille perusteluissa taloissa. Radonin kannalta pahimpia alueita ovat karkeasoraiset harjut, joita on runsaasti Etelä-Suomessa.

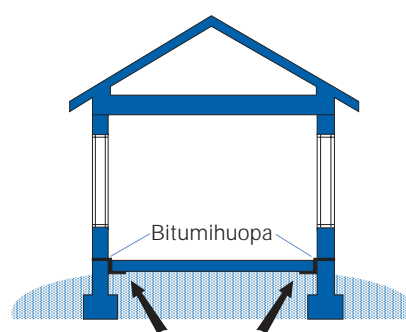
Enimmäisarvon 400  $Bq/m^3$  ylittäviä asuntoja ja työpaikkoja voi olla kaikkialla Suomessa, mutta suurimmalla todennäköisyydellä niitä löytyy Etelä Suomen läänistä ja Pirkanmaan alueelta. Tällä alueella sijaitsee lähes 80 prosenttia kaikista enimmäisarvon ylittävistä asunnoista.

Säteilyturvakeskus on etsinyt korkeita huoneilman radonpitoisuuksia yhdessä kuntien terveysviranomaisten kanssa vuodesta 1986 lähtien. Kunnille on tehty

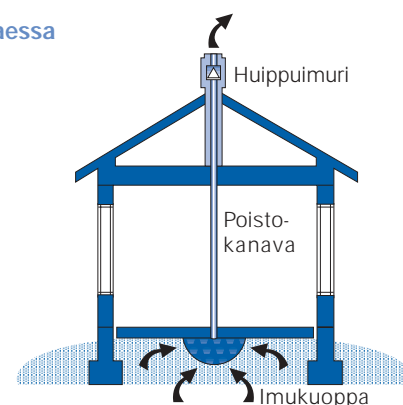
### Rakenna radonturvallisesti, korjaa tarvittaessa



Radonpitoinen ilma virtää maaperästä sisätiloihin.

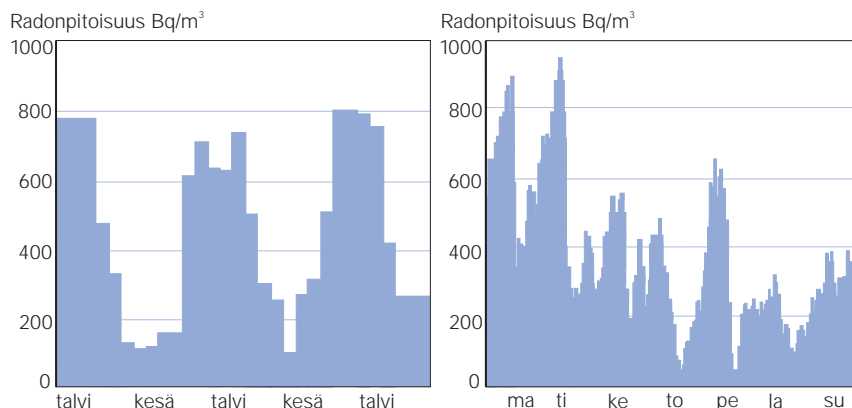


Maanvarainen perustus tiivistetään bitumihuovalla, joka estää radonpitoisen ilman virtauksen sisätiloihin.



Radonimuri on tehokkain korjausmenetelmä.

## Radonpitoisuuden vuodenaikaisvaihtelu ja vuorokausivaihtelu



Radonpitoisuus on yleensä talvella suurempi kuin kesällä. Harjun laelle rakennetussa talossa vuodenaikaisvaihtelu on tavallista voimakkaampaa.

Radonpitoisuus on tavallisesti aamuyöllä suurimmillaan. Sääolot, kuten lämpötila ja tuulisuus sekä asunnon ilmanvaihto, vaikuttavat radonpitoisuuteen.

tilannekatsauksia, joista selviää kunnan eri alueiden radontaso. Säteilyturvakeskus on julkaissut koko maata koskevan radonkartaston ja lisäksi Kymen lääniä ja Itä-Uuttamaata koskevat radonraportit. Radonkarttoja on myös STUKin [www-sivuilla](http://www.stuk.fi).

### Tilastotietoa radonista

Asuntojen keskimääräinen radonpitoisuus on Suomessa 120 Bq/m<sup>3</sup>. Esimerkiksi Ruotsissa vastaava arvo on 110 Bq/m<sup>3</sup> ja Englannissa vain 20 Bq/m<sup>3</sup>. Koko maailman asuntojen keskiarvo on UNSCEARin arvion mukaan 40 Bq/m<sup>3</sup>.

Suomessa on noin 70 000 asuntoa, joissa radonpitoisuus ylittää enimmäisarvon 400 Bq/m<sup>3</sup> ja noin 200 000 asunnossa ylittyy arvo 200 Bq/m<sup>3</sup>. Radonpitoisuudet ovat korkeampia 80- ja 90-luvuilla rakennetuissa taloissa kuin vanhemmassa asuntokannassa.

Suurimmat todetut radonpitoisuudet asunnoissa ovat olleet yli 30 000 Bq/m<sup>3</sup> (koko vuoden kes-

kiarvo). Hetkellisesti asuin- tai työtiloissa on mitattu pitoisuuksia, jotka ylittävät jopa 100 000 Bq/m<sup>3</sup>. Maaperään rajoittuvissa työtiloissa esiintyy radonpitoisuuden ylityksiä yhtä usein kuin paikkakunnan pientaloasunnoissa.

Ulkoilmassa radonpitoisuus on metrin korkeudella tyypillisesti alle 10 Bq/m<sup>3</sup>.

### Mitä pitää tehdä, jos asunnon radonpitoisuus on korkea?

Ennen kuin ryhdytään tekemään radonkorjauksia, on syytä tehdä kahden kuukauden mittaus talvikaikana. Myös korjauksen lopullinen onnistuminen pitää varmistaa talvella tehdyllä kahden kuukauden mittauksella.

Korjausmenetelmän valintaan vaikuttavat mitattu radonpitoisuus, rakennuksen alla oleva maaperä, täytemaa, talon rakenteet ja ilmanvaihto. Jos käytössä on porakaivo, on ennen korjausta selvítettävä myös veden radonpitoisuus.

Keskimääräiseksi kustannuk-

seksi suomalaisissa pientaloissa on arvioitu 1 500 euroa asuntoa kohti.

Radonin virtausta maasta rakenteiden läpi sisäilmaan voidaan pienentää. Radonimurin avulla voidaan alipaineistaa ja tuulettaa lattialaatan alapuolista täytesoraa. Radonkaivo voidaan tehdä talon ulkopuolelle. Jälkimmäinen menetelmä soveltuu vain soraharjuille. Betonilaattojen saumat ja halkeamat sekä radonia läpäisevien elementtien pinnat voidaan tiivistää. Ilmanvaihtoa voidaan parantaa niin asunnossa, kellarissa kuin ryömintätallassakin. Alipaineisuuden vähentämisellä on suuri merkitys kerrostalojen alimpien kerrosten radonkorjauksissa.

Radonimuri ja radonkaivo ovat osoittautuneet tehokkaimmiksi menetelmiksi. Radonimurin suunnittelusta ja toteutuksesta on julkaistu laadukas opas.

Asuntojen radonkorjauksiin on mahdollista saada valtion korjausavustusta, josta neuvoja antavat kunnan terveys- ja rakennusvalvontaviranomaiset.

### Rakentajan pitää ottaa radon huomioon

Koko maassa ja kaikilla rakennusmailla on syytä käyttää radonturvallisia perustustapoja. Alueet, joilla uusien asuntojen radonpitoisuudet ovat säännönmukaisesti ja selkeästi enimmäisarvon 200 Bq/m<sup>3</sup> alapuolella ovat harvinaisia. Paikkakunnalla aikaisemmin tehdyt mittaukset antavat hyvän yleiskuvan tilanteesta.

Yksittäisen tontin radonselvitystä ei kannata yleensä tehdä selvityksen kalleuden vuoksi.

Asunnon radonpitoisuuteen vaikuttaa aina sekä alkuperäismaan, paikalle tuotavien sorien tai murskeiden sekä talon perustuksen ominaisuudet. Harjumailla radonturvallisten rakennustapojen käyttö on erityisen tärkeää. Jälkikäteen tehty radonkorjaus voi olla kallis.

Perustustavan valinta vaikuttaa merkittävästi rakennuskohdeissa tarvittaviin radonteknisiin toimenpiteisiin. Ryömintätilaisissa ratkaisuihin esiintyy huomattavasti vähemmän radonpitoisuuden ylityksiä kuin maanvaraisissa ratkaisuihin. Ryömintätilaisen alapohjan tuuletusaukot tulee mitoittaa määräysten mukaisesti ja alapohjarakenteet ja läpiviennit on rakennettava tiiviiksi.

Maanvastaisissa rakenteissa paras ratkaisu on mahdollisimman yhtenäinen ja tiivis alapohjaratkaisu, jossa on vähän tiivistettävää, kuten reunavahvistetussa laattaperustuksessa. Maanvaraisen laatan ja sokkelin ja mui-

den rakenneosien liittymien tiivistäminen tulee toteuttaa bitumihoivan avulla. Läpiviennit tulee tiivistää ohjeiden mukaisesti asuintiloissa ja myös teknisissä tiloissa.

Varmuuden vuoksi maanvaraisen lattialaatan alle salaojastetaan asennetaan rei'itetty radonputkisto. Putkisto kannattaa jo rakennusvaiheessa kytkeä katolle asti ulottuvaan poistohormiin. Jos tiivistäminen ei ole onnistunut ja radonpitoisuuden enimmäisarvo ylittyy tarkistusmittauksessa, kytketään putkistoon puhallin. Sen avulla radonpitoisuus alenee tehokkaasti.

Pientalon suunnittelijan kannattaa aina hankkia maanvaraisen laatan radonturvallisesta toteutuksesta julkaistu RT-ohjekortti.

### Porakaivojen radon on talousveden ongelma

Jos talousvetenä käytetään porakaivovettä, kannattaa veden radonpitoisuus aina mitata. Vesi voi yksin tai yhdessä maaperästä vuo-

tavan radonin kanssa olla merkittävä radonlähde.

Vesilaitosten sekä tavallisten rengas- ja lähdekaivojen vesissä radonpitoisuus on paljon alhaisempi. Lisätietoja veden radioaktiivisuudesta saa STUKin katsauksesta *Talousveden radioaktiivisuus* sekä www-sivuilta.

### Radonongelma voidaan selvittää

Säteilyturvakeskus tutkii radonin esiintymistä ja palvelee kansalaisia neuvomalla ja mittaamalla. Säteilyturvakeskus tarjoaa seuraavia palveluita:

- Asuntojen ja työpaikkojen radonmittaukset
- Kaavoitusalueen radon-tutkimukset
- Talousveden radioaktiivisuusmittaukset
- Tuotteiden, mm. rakennusmateriaalien, radioaktiivisuusmääritykset.

Kunnissa radonasioita hoitavat terveystarkastajat, rakennustarkastajat ja korjausneuvojat.



Säteilyturvakeskus toteuttaa yhteistyössä kuntien kanssa radontalkoita.

## KIRJALLISUUTTA AVUKSI

### Radonin esiintyminen Suomessa

Voutilainen A, Mäkeläinen I, Pennanen M, Reisbacka H, Castren O. Suomen radonkartasto. Radon Atlas of Finland. STUK-A148. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1997.

Voutilainen A, Mäkeläinen I, Reisbacka H, Castren O. Asuntojen radonpitoisuus Suomessa. STUK-A146. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1997.

Pennanen M, Mäkeläinen I ja Voutilainen A. Huoneilman radonmittaukset Kymen läänissä: Tilannekatsaus ja radonennuste. STUK-A136. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1996.

Voutilainen A, Mäkeläinen I. Huoneilman radonmittaukset Itä Uudenmaan alueella: Tilannekatsaus ja radonennuste. Askola, Lapinjärvi, Liljendal, Loviisa, Myrskylä, Mäntsälä, Pernaja, Pornainen, Porvoo, Porvoon mlk, Pukkila, Ruotsinpyhtää ja Sipoo. STUK-A119. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1995.

Arvela H, Mäkeläinen I, Castren O. Otantatutkimus asuntojen radonista Suomessa. STUK-A108. Säteilyturvakeskus. Helsinki 1992

Rintala J, Mäkeläinen I, Voutilainen A, Viinikka M. Asuntojen radonmittaukset Helsingissä. Ympäristökeskuksen julkaisuja 8/96. Helsinki 1996.

### Radonkorjaus

Arvela Hannu. Asuntojen radonkorjauksen menetelmät. STUK-A127, Säteilyturvakeskus, Helsinki 1995.

Pien- ja rivitalojen radontekninen korjaus. Imupistemenetelmä. Ympäristöopas 4. Ympäristöministeriö, Helsinki: Oy Edita Ab, 1996.

Kettunen, Rissanen, Viljanen, Arvela. Imupistejärjestelmän radontekninen toiminta erityyppisissä pien- ja rivitaloissa. Julkaisu 62. Teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka, Espoo. 1997.

### Radon uudisrakentamisessa

Rakennustieto Oy: RT-ohjekortti 81-10791 Radonin torjunta.

Ravea Timmo, Arvela Hannu. Radonturvallinen rakentaminen Suomessa. STUK-A137, Säteilyturvakeskus, Helsinki 1997.

### Talousveden radon

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

Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L, Markkanen M, Arvela H. Talousveden radioaktiivisuus - perusteita laatuvaatimuksille. STUK-A182. STUK, Helsinki 2001.

### Määräykset ja ohjeet

Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriö. Oppaita 2003:1. Edita Oy, Helsinki.

Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa. Ohje ST 12.1. Säteilyturvakeskus (6.4.2000).

Säteilyasetus 20.12.1991/1512, muutos 23.12.1998/1143.

### Esitteet ja katsaukset

Radon työpaikoilla. STUKin esite, 2001.

Talousveden radioaktiivisuus. STUKin katsaus, toukokuu 2000.

### Säteily- ja ydinturvallisuuskirjasarja

Roy Pöllänen (toim.). Säteily ympäristössä -kirja. Luku 4. Radon sisäilmassa. Säteilyturvakeskus 2003.

Editan julkaisuja voi tilata asiakaspalvelusta, puhelin 020 45005.

RT-ohjekortteja myy Rakennustieto Oy, tilaajapalvelu, puhelin (09) 5495 5400.

STUKin julkaisuja voi tilata puhelimitse, (09) 759 881. Suurin osa julkaisuista löytyy myös Internetistä: [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

## Lisätietoa

Perustietoa sisäilman radonista kotona ja työpaikalla sekä keinoista, joilla radonpitoisuutta voidaan alentaa: [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)



Tutkimus ja ympäristövalvonta • Lokakuu 2003  
Säteilyturvakeskus • PL 14, 00881 Helsinki • puh. (09) 759 881 • [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)