

SÄTEILY- JA YDINTURVALLISUUSKATSAUKSIA



# Uraani kaivostoiminnassa

# Uraani kaivostoiminnassa

Säteilyturvakeskus (STUK) valvoo kaivostoiminnan ja sitä edeltävien valmistelutöiden säteilyturvallisuuksia.

Kaikkialla maaperässä ja kivessä on luonnon radioaktiivisia aineita, kuten uraania, toriumia ja niiden hajoamistuotteita. Näistä säteilyturvallisuuden kannalta merkittävimpiä ovat radium, polonium ja kaasumainen radon.

Säteilyturvallisuus on otettava huomioon kaikessa kaivostoiminnassa, jos hyödynnettävä malmissä sisältää tavanomaista suurempia määriä luonnon radioaktiivisia aineita.

## Uraanin esiintyminen

Luonnossa esiintyvä uraani muodostuu kolmesta isotoopista. Luonnonuraanista yli 99 prosenttia on isotooppia uraani-238. Lisäksi on vähäisiä määriä isotooppeja uraani-235 ja uraani-234. Uraani-235 on halkeamiskelpoinen isotooppi. Halkeamisen yhteydessä vapautuu energiaa. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi muun muassa ydinvoimaloissa. Uraani-238 muodostaa radioaktiivisen hajoamissarjan,

jossa yksi uraanin tytäraineista on radioaktiivinen kaasu, radon-222. Uraanin radioaktiivinen puoliintuminen kestää 4,5 miljardia vuotta.

Tavallisessa kivessä on uraania muutama miljoonasosa kiven painosta. Monin paikoin pitoisuudet ovat merkittävästi suurempia.

Ydinenergiassa uranimalmiksi luokitellaan kivi, jossa uraanin keskimääräinen paino-osuus ylittää tuhannesosan (0,1 %). Uraanintuotanto muiden metallien



Kuva: Olli Äikäs/GTK

Suomessa oli 1950- ja 1960-luvuilla pienimuotoista uraanin louhintaa. Varsinaiseen uraanintuotantoon edettiin vain Pohjois-Karjalassa Enon kunnan Paukkajanvaarassa, jossa tuotettiin noin 30 tonnia uraania. Jätteistä huolehdittiin 1990-luvun puolivälissä ja vuonna 2001 STUK totesi kaivosjätteet hyväksytyksi loppusijoitetuiksi. Kuvassa on avolouhos nykytilassaan.

sivutuotteena on mahdollista myös silloin, kun uraanipitoisuus on tätä alhaisempi.

Suomessa ei ole ollut varsinaista uraanikaivostoimintaa lukuun ottamatta koelouhintaa ja koerikastusta Enon Paukkajanvaarassa ja Askolassa 1950- ja 1960-luvuilla. Toistaiseksi ei ole löydetty niin uraanipitoisia malmiesiintymiä, että pelkän uraanin tuottaminen olisi kannattavaa.

### Uraanin etsintä Suomessa

Uraanin etsinnästä, kuten näytteiden otosta, tutkimuskaivantojen teosta ja syväkairauksista, ei ole säteilyvaikutuksia ihmiselle tai ympäristölle. Koelouhinta ja koerikastus ovat STUKin valvonnan alaista toimintaa.

Uusittu kaivoslaki tuli voimaan 1.7.2011. Uraani on yksi kaivoslaissa mainituista kaivosmineraaleista, ja uraanimalmit voivat siten olla malminetsinnän ja kaivostöiminnan kohteena.

Kaivoslaissa määritellyt malminetsintään liittyvät oikeudet ovat etsintätyö, varaus ja malminetsintälupa. Etsintätyö on jokamiehen oikeuteen rinnastettavissa oleva oikeus tarpeellisiin geologisiin havaintoihin, mittauksiin ja vähäiseen näytteenottoon kaivosmineraalien löytämiseksi.

Järeämpiin tutkimuksiin kuten tutkimuskaivantoihin tai syväkairaukseen tarvitaan mal-



Kuva: Olli Aikäs/GTK

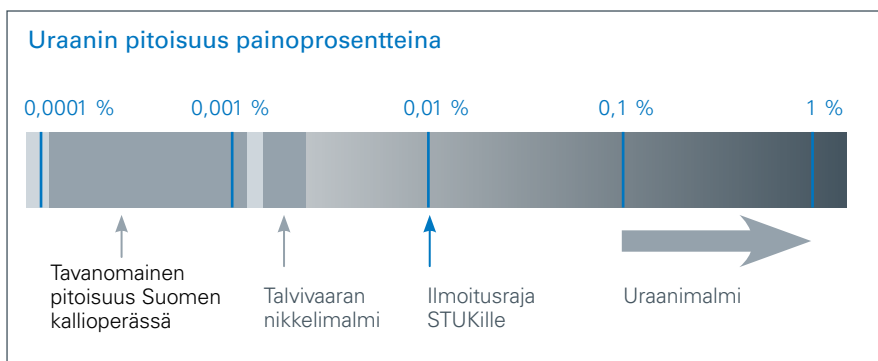
Näytteenottoa pienoiskairalla tutkimuskaivannon kalliosta.

minetsintälupa. Lupa on oltava, jos malminetsintä kohdistuu uraania tai toriumia sisältävän esiintymän paikallistamiseen ja tutkimiseen. Varaamalla jonkin alueen itselleen saa etuoikeuden malminetsintäluvan hakemiseen.

Malminetsintälupa antaa oikeuden kaivosmineraaleihin kohdistuvaan tutkimustyöhön ilman maanomistajan lupaa ja myös kaivosluvan hakemiseen. Kaivoslaissa on runsaasti rajoituksia etsintätyölle, varaukselle ja malminetsintäluvan nojalla tehtäville toimille.

Kaivosviranomaisena toimii Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), jolle toimitetaan varausilmoitukset ja malminetsintälupahakemukset. Päätökset sekä kaivosrekisterin aluetiedot löytyvät Tukesin internetsivuilta.

Malminetsintä johtaa harvoin varsinaiseen kaivostoimintaan. Toiminnan aloittaminen voi tutkimuksissa osoittautua kannattamattomaksi. Etsintään, tutkimukseen ja kaivostoiminnan aloittamiseen lupakäsittelyineen kuluu yleensä vuosia, jopa vuosikymmeniä.



Kaikki kiviainekset sisältävät uraania ja toriumia sekä niiden radioaktiivisia hajoamistuotteita.

### Etsinnästä ei ole säteilyhaittaa

Uraanin etsintävaiheen toimenpiteillä ei ole merkittäviä säteilystä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi kairauksen säteilyvaikutukset eivät poikkea olennaisesti porakaivon tekemiseen tai muun malmin tai mineraalin etsintään liittyvistä kairauksista. Kairaus ei nosta taustasäteilyn tasoa. Jos poraus- tai kairausjänteissä on merkittäviä määriä uraania, toriumia tai niiden hajoamistuotteita, niistä on huolehdittava asianmukaisesti.

Muiden ympäristövaikutusten kuin säteilyvaikutusten osalta asiaa valvovat ympäristöviranomaiset.

### Syväkairaus ei saastuta vesistöjä

Kairauksen vaikutus pohjaveden radioaktiivisuuteen on hyvin pieni. Jotta kairaus toiminnan vaikutus voitaisiin havaita läheisissä vesistöissä, täytyisi niihin virrata kairausreikien tai niiden poikki kulkevien halkeamien kautta merkittäviä määriä kalliopohjavettä. Lisäksi veden tulisi liuottaa huomatta-

van suuria uranimääriä kairausreistä. Tämä ei ole todennäköistä, koska pohjaveden virtaamat ovat heikkoja, ja uraani liukenee yleisimmistä uraanimalmineraaleista erittäin huonosti veteen.

Eräin paikoin Suomen pohjavesi sisältää luonnostaan suuria määriä uraania ja sen hajoamistuotteita, muun muassa radonia. Tällaisen veden pulppuaminen kairanreistä maan pinnalle voidaan estää tukkimalla reikä.

### Etsinnästä koelouhintaan

STUK valvoo uraanimalmin koelouhintaa ja koerikastusta.

Jos malminetsintäluvan haltija haluaa ryhtyä koelouhintaan tai koerikastukseen, on sen toimitettava STUKille hyväksyttäväksi selvitys toiminnasta ja siitä aiheutuvasta säteilyaltistuksesta. Tällä varmistetaan, että työntekijät eivät altistu säteilylle eikä toiminnasta aiheudu haittaa ympäristölle. STUK antaa tarvittavat määräykset säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

Uraanin koerikastus edellyttää myös ydinenergialain mukaista lupaa.

Uraania sisältävän malmin louhinta ja murskaaminen vapauttavat uraanin hajoamistuotteena syntyvää radioaktiivista radonkaasua ilmaan. Koska koelouhinnassa käsiteltävän kiviaineksen määrä on suhteellisen pieni, ja radon laimenee ulkoilmassa nopeasti, ei radonin pitoisuus ilmassa ole merkittävä.

Koelouhinnassa ja rikastuksessa kertyvistä jätteistä on huolehdittava niin, että alueen säteilytilanne palautuu ennalleen.

### Uraanin talteenotto ja uraanikaivostoiminta edellyttävät useita lupia

Uraanin teollisen louhinta- ja malminrikastustoiminnan aloittamiseen vaaditaan useita lupia. Kaivoslaki edellyttää kaivosluvan hakemista Tukesilta ja ympäristölaki ympäristölupaa aluehallintovirastolta. Ennen näiden lupien hakemista on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi (YVA-menettely), jolla kartoitetaan laajasti toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset.

STUK edellyttää, että ennen toiminnan aloittamista tehdään myös ympäristön radiologinen perustilaselvitys. Sen ja toiminnan aikana tehtävän ympäristön säteilytarkkailun avulla voidaan arvioida toiminnasta aiheutuvat säteilyvaikutukset.

Kaivos- ja malminrikastustoiminta, jonka tarkoituksena on uraanin tai toriumin tuottaminen, kuuluu ydinenergialain piiriin.

STUK voi myöntää toimintaluvan, jos yhden vuoden aikana tuotettavan uraanin tai toriumin yhteismäärä on pienempi kuin 10 000 kilogrammaa. Tällöin sijaintikunnan lausuntoa ei edellytetä.

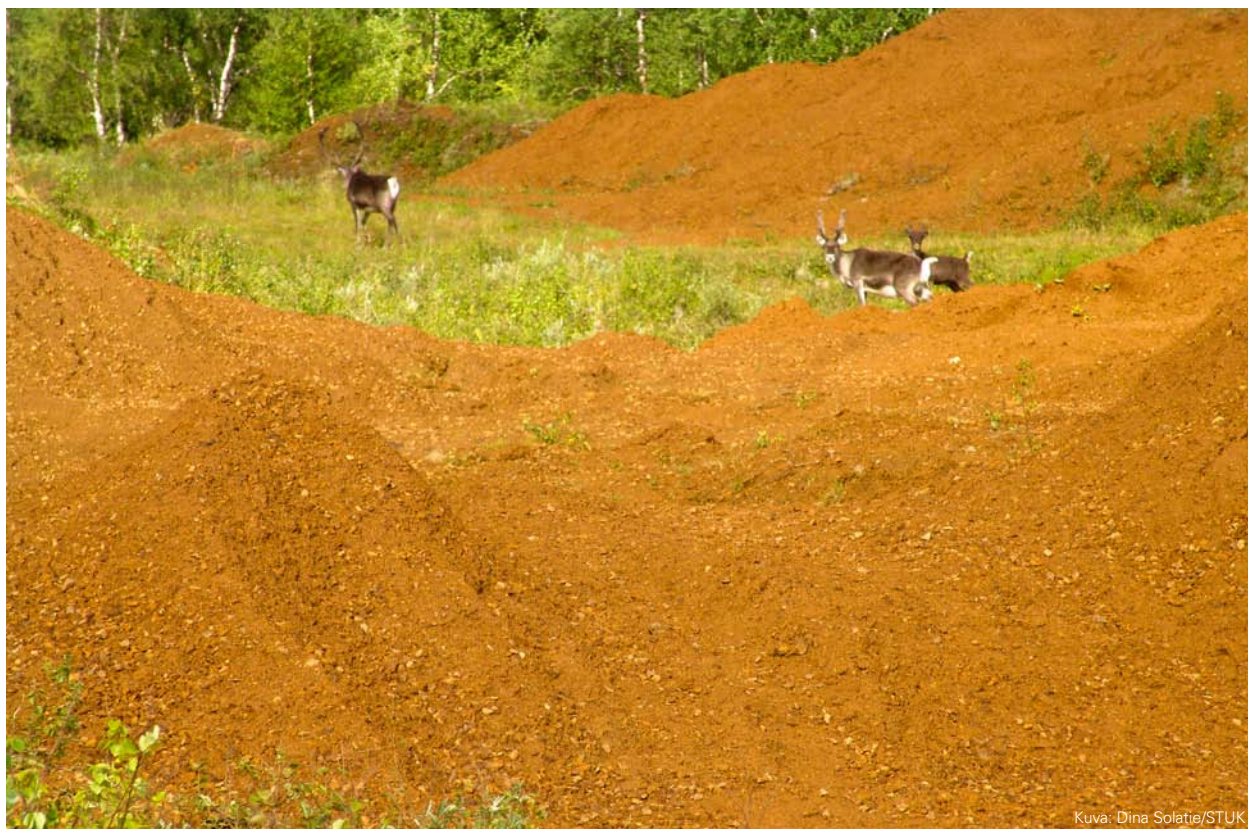
### Radon

Uraanin hajoamistuotteena syntyy radioaktiivista kaasumaista radonia. Radonpitoisuus voi nousta terveydelle haitalliselle tasolle lähinnä maanalaisissa kaivoksissa. Radonpitoisuutta pystytään pienentämään tehokkaasti järjestämällä työkohteisiin hyvä ilmanvaihto. Ulkoilmassa radonin pitoisuus laimenee nopeasti eikä siitä ole vaaraa väestölle.

STUK tekee Suomen maanalaisissa kaivoksissa säännöllisesti radontarkastuksia. Tällä varmistetaan, etteivät työntekijät altistu liikaa radonille. Suurimmat radonpitoisuudet Suomessa on mitattu asunnoissa, joihin maaperän radonpitoinen ilma tunkeutuu talon alapohjassa olevien rakojen kautta.

### Porakaivovedet

Suomalaisissa pohjavesissä esiintyy luontaisesti suuriakin määriä uraania. Kalliopohjavedessä uraanipitoisuudet ovat korkeampia kuin maaperän pohjavedessä tai pintavedessä. Porakaivovesissä esiintyy korkeita uraanipitoisuuksia, etenkin eteläisen Suomen alueella. Porakaivovesien keskimääräinen uraanipitoisuus on 21 mikrogrammaa litrassa ( $\mu\text{g/l}$ ), mutta korkeimmat mitatut pitoisuudet ovat olleet 12 000–20 000  $\mu\text{g/l}$ . STUK suosittelee toimenpiteitä, jos juomaveden uraanipitoisuus on suurempi kuin 100  $\mu\text{g/l}$ .



Kuva: Dina Solatie/STUK

Esimerkiksi fosfaatti- tai kultamalmit saattavat sisältää paljon uraania, toriumia tai muita luonnon radioaktiivisia aineita. STUK valvoo tällaisten malmien louhintaa. Kuvassa Savukosken Sokliin suunnitteilla olevan fosfaattikaivoksen malmikasoja.

Jos uraanin tai toriumin yhteismäärä on suurempi kuin 10 000 kilogrammaa, toimintaan tarvitaan valtioneuvoston myöntämä lupa. Samalla valtioneuvosto käsittelee kaivoslain mukaisen uraanin tai toriumin tuottamista koskevan kaivoslupahakemuksen. Luvan myöntäminen edellyttää, että suunnitellun kaivospaikan tai malminrikastuslaitoksen sijaintikunta on puoltanut luvan myöntämistä.

STUK antaa lausunnon lupahakemuksesta ja arvioi siinä esitettyjä turvallisuuteen liittyviä tekijöitä. Tähän sisältyvät kaivostoiminnasta aiheutuvat säteilyn ympäristövaikutukset, mukaan lukien jätteiden pitkäaikaisvaiku-

tukset sekä väestön ja työntekijöiden säteilyturvallisuus. Huomiota kiinnitetään myös henkilökunnan pätevyyteen, ydinaseiden leviämisen estämiseen ja lainvastaisten toiminnan ehkäisemiseen.

Kaivostoimintaa ei voida aloittaa ennen kuin STUK on todennut, että toiminta on turvallista ja lupaehtojen mukaista.

#### **Muu kaivostoiminta**

STUK valvoo säteilylain perusteella kaivostoimintaa myös silloin, kun tarkoituksena ei ole tuottaa uraania tai toriumia. Toiminnan harjoittajan on ilmoitettava STUKiin sellaisten luonnonvarojen laajamittaisesta hyödyntämisestä, joiden uraani- tai toriumipitoisuus

on suurempi kuin 0,1 kilogrammaa tonnissa (0,01 %).

Ilmoituksen ja siihen liittyvien selvitysten perusteella STUK asettaa toiminnan säteilyturvallisuutta koskevat vaatimukset ja määrää tarpeellisista selvityksistä ja toimenpiteistä. Radiologinen perustilaselvitys ja ympäristön säteilytarkkailu voivat olla tarpeen myös sellaisessa kaivostoiminnassa, jossa ei tuoteta uraania tai toriumia.

STUK tekee säännöllisesti radontarkastuksia kaikissa maanalaisissa kaivoksissa. Jos radonpitoisuus ylittää 400 becquereliä kuutiometrissä, on pitoisuutta pienennettävä esimerkiksi parantamalla ilmanvaihtoa ja tukkimalla mahdolliset vesivuodot.



Kuva: Tarja K. Ikäheimonen/STUK

Uraanikaivoksilla uraani tuotetaan usein uraanioksidiksi,  $U_3O_8$  (ns. yellow cake). Uraanioksiidi ei aiheuta merkittävää ulkoista säteilyä, mutta on haitallista elimistöön joutuneena.

#### Uraanin terveysvaikutukset

Uraanin haitallisuus perustuu enemmän sen kemialliseen myrkyllisyyteen kuin säteilyvaikutuksiin. Elimistössä uraani kertyy muun muassa munuaisiin, luustoon ja maksaan. Suomalaisilla porakaivoveden käyttäjillä on todettu uraaniin liittyviä lieviä haittavaikutuksia munuaisissa ja luustossa. Vakavia terveyshaittoja ei kuitenkaan ole havaittu. Myöskään porakaivoveden uraaniin ja leukemia-, maha-, munuais- tai virtsarakkosalisyöpärisikin välillä ei ole havaittu yhteyttä.

#### Torium

Uraanin ohella malmi voi sisältää säteilysuojelun kannalta merkittäviä määriä myös toriumia. Se on uraanin lailla erittäin pitkäikäinen luonnon radioaktiivinen aine, jolla on myös useita radioaktiivisia hajoamistuotteita. Myös toriumista ja sen hajoamistuotteista aiheutuva säteily on otettava huomioon kaivos- ja rikastustoimintaa suunniteltaessa.

#### Jätteistä huolehtimisesta on maailmalla myös huonoja kokemuksia

Menneinä vuosikymmeninä, ja eräissä maissa viime aikoihin asti, on uraanikaivosjätteistä huolehdittu huonosti. Lietealaiden valleja on murtunut rankkasateissa ja jäteaineita on valunut ympäristöön. Tuulet ovat kuljettaneet rikastushiekkaa kuivuneista lietealtaista ympäristöön. Lietealtaista on vuotanut radioaktiivisia aineita pohjavesiin. Jäteaineita on käytetty maantäyttöaineina asutusalueilla.

#### Kaivos- ja malmin-rikastustoiminnan jätteet

Malmin louhinnassa ja rikastuksessa syntyy erilaisia jätteitä: sivukiveä eli raakkua, rikastusjätettä tai esimerkiksi kipsisakkaa.

Raakku on louhittua kiveä, jossa talteen otettavan metallin tai muun mineraalin pitoisuus on niin pieni, ettei sitä kannata rikastaa. Jos malmi sisältää suuria määriä uraania tai toriumia, raakun aktiivisuuspitoisuus voi olla niin suuri, ettei louhetta voi käyttää esimerkiksi tienrakennus- tai maantäyttöaineena.

Rikastusjäte eli rikastushiekka on hienoksi murskattua malmia, josta metallit on erotettu esimerkiksi rikkihapolla uuttamalla. Jätteessä voi olla jäljellä luonnon radioaktiivisia aineita, esimerkiksi radiumia. Rikastushiekassa voi olla myös kemiallisesti myrkylli-



Kuvat: Talvivaara.com

## Talvivaara

Talvivaara Sotkamo Oy sai maaliskuussa 2012 valtioneuvoston luvan uraanin talteenottoon muiden metallien sivutuotteena. Talvivaaran kaivos on avolouhos ja sen päätuotteet ovat nikkeli, sinkki, kupari ja koboltti. Metallien erotus malmista tapahtuu biokasaliuotusmenetelmällä. Louhittu malmi murskataan ja kasataan ja siitä liuotetaan metallit bakteerien ja rikkihapon avulla.

Talvivaaran malmia ei luokitella ydinenergiain mukaiseksi uraanimalmiksi, koska sen uraanipitoisuus on pieni, noin 0,002 prosenttia. Uraanimalmin raja on 0,1 prosenttia.

Uraani liukenee muiden metallien tavoin prosessiliuokseen, josta se voidaan ottaa talteen. Ilman talteenottoa uraani päätyisi pääosin kipsisakkaan ja osittain nikkelituotteeseen. Uraani jalostetaan Talvivaarassa yellow cake -asteelle. Uraanintuotanto on alkuperäisen suunnitelman mukaan noin 350–500 tonnia vuodessa.

STUK valvoo Talvivaaran uraanin talteenottoa ydinenergiain perusteella.

siä raskasmetalleja, esimerkiksi kadmiumia, arseenia, lyijyä tai elohopeaa.

Jos prosessissa liuotetaan hienonnettua malmia, siitä voi syntyä lietemäistä kipsisakkaa, jota yleensä varastoidaan maanpäällisissä padotuissa altaissa. Jos malmissa on uraania, niin myös kipsisakkaan voi kertyä uraania ja sen hajoamistuotteita.

### Jätteistä huolehtiminen

Raakku voidaan yleensä loppusijoittaa sellaisenaan louhoksiin tai maaston luonnollisiin syvänteisiin. Tärkeää on eristää raakkukat niin, etteivät ne rapaudu hapen ja veden vaikutuksesta. Myös radonin vapautumista voi olla tarpeen estää esimerkiksi peittämällä kasat savikerroksella.

Maanalaisessa kaivoksessa kiinteitettyä rikastusjätettä

voidaan sijoittaa loppuun louhituihin ja tiivistettyihin kaivosonkaloihin.

Rikastusjätteet voidaan loppusijoittaa myös avolouhokseen, luonnonsyvänteeseen tai kaivantoon. Loppusijoitustilan pohja ja seinämät voidaan vuorata esimerkiksi bentoniitilla, jotta radioaktiivisten aineiden liukeminen pohjaveteen voidaan estää. Jättekasa peitetään useilla maaineskerroksilla, joilla estetään sadevesien pääsy loppusijoitustilaan ja radonin kulkeutuminen sieltä ulos, vaimennetaan gammasäteilyn vaikutus maan pinnalla, sekä estetään kasvien ja puiden juurien tunkeutuminen rikastusjätteeseen.

Kipsisakka loppusijoitetaan myös kaivosalueelle. Tätä varten sakka on kuivatettava. Lisäksi on huolehdittava siitä, että radioaktiiviset aineet ovat liukenemattomassa muodossa. Tarvittaessa alue on myös peitettävä.

viset aineet ovat liukenemattomassa muodossa. Tarvittaessa alue on myös peitettävä.

Toiminnanharjoittaja on vastuussa jätteiden turvallisesta käsittelystä ja loppusijoittamisesta. STUK valvoo tätä toimintaa.

Uraani on tullut maankamaraan jo maapallon syntyessä. Tavallisessa kivessä on uraania muutama miljoonasosa kiven painosta. Uraanimalmiksi luokitellaan kivi, jossa uraanin keskimääräinen paino-osuus on yli 0,1 prosenttia. Myös mineraaleja, joissa on tätä alhaisempi uraanipitoisuus, voidaan hyödyntää muiden metallien sivutuotteena. Säteilyturvakeskus (STUK) valvoo kaivostoiminnan ja sitä edeltävien valmistelutöiden säteilyturvallisuutta.

#### Lisätietoa

- Säteilyturvakeskus (STUK): [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)
- Geologian tutkimuskeskus (GTK): [www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/uraani](http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/uraani)
- Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM): [www.tem.fi](http://www.tem.fi)
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes): [www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kaivokset](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kaivokset)
- Tukesin kaivosrekisterin karttapalvelu: <http://geomaps2.gtk.fi/tukes>
- Ympäristöhallinto: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)
- Aluehallintovirastot (AVI): [www.avi.fi/fi/ymparistoluvat](http://www.avi.fi/fi/ymparistoluvat)
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus): [www.ely-keskus.fi/fi/Ymparisto](http://www.ely-keskus.fi/fi/Ymparisto)
- Uraanimalmin koelouhinnan ja -rikastuksen ympäristövaikutukset (URAKKA). STUKin ja Geologian tutkimuskeskuksen projektiryhmän loppuraportti ympäristöministeriölle.
- Säteily- ja ydinturvallisuus. Osa 2: Säteily ympäristössä, 2003.



Laippatie 4, 00880 Helsinki  
Pohjois-Suomen aluelaboratorio,  
Lähteentie 2, 96400 Rovaniemi  
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

Painatuskeskus Finland Oy  
Rovaniemi 2012