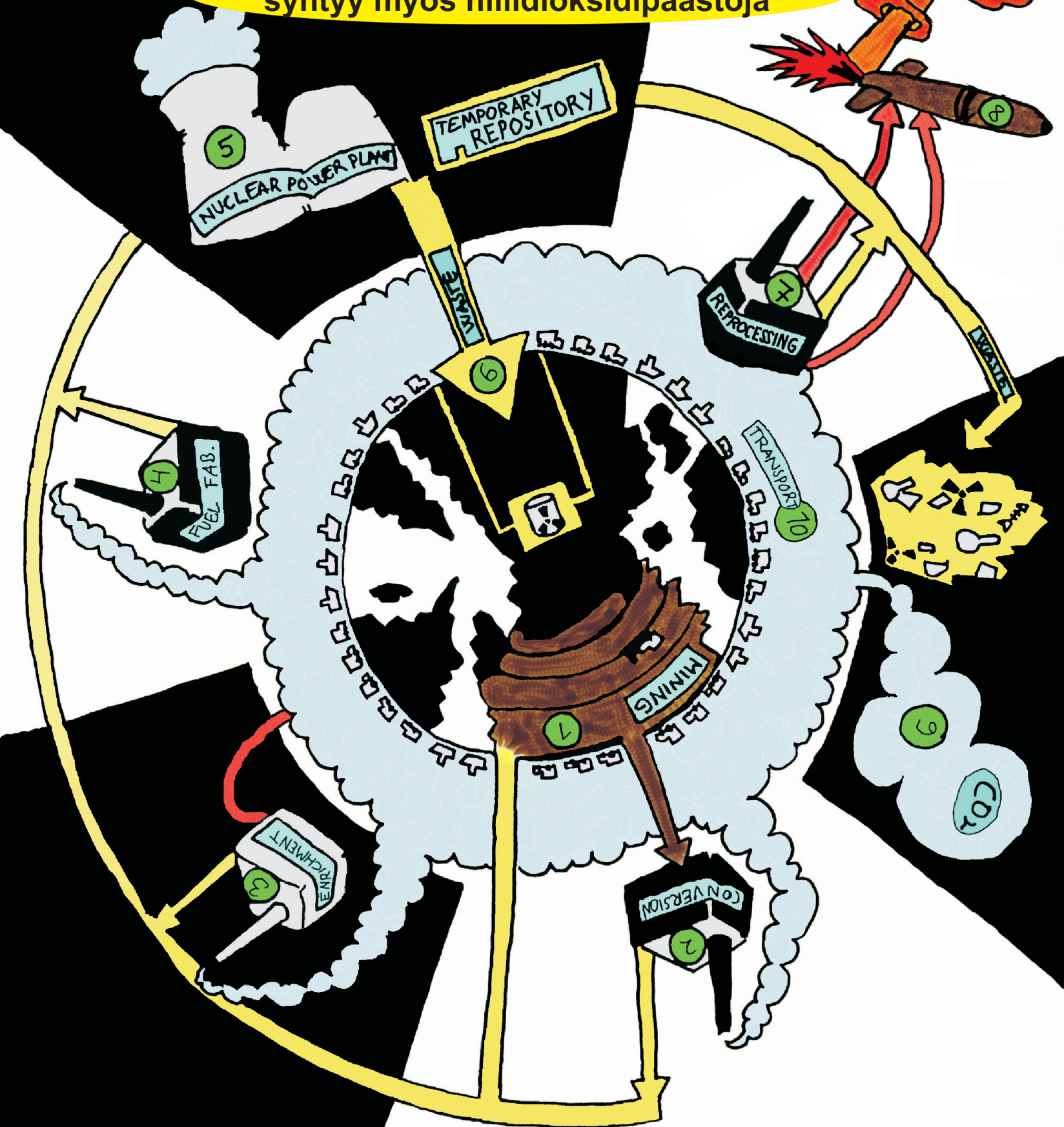


Uraani - tappava raaka-aine

Ydinjätteiden lisäksi uraanintuotannosta syntyy myös hiilidioksidipäästöjä



Käymme tässä lentolehtisessä läpi uraanin koko tuotantoketjun ja selvitämme sen eri vaiheisiin liittyvät vaarat. Kerromme uraanimalmin louhinnasta ja rikastamisesta, miten tuotettu "keltakakku" konvertoidaan uraaniheksafluoridiksi UF₆, miten tämä väkevöidään ja kuinka reaktorien polttoaine-elementit valmistetaan. Tämän jälkeen uraani hyödynnetään ydinreaktoreissa tai ydinaseissa - pitkäikäisiä radioaktiivisia jätteitä synnyttäen. Uraanintuotantoprosessin kaikki vaiheet aiheuttavat suuria hiilidioksidipäästöjä ja niihin liittyy lisäksi vaarallisia kuljetuksia.

Luonnossa esiintyy kaikkiaan 92 eri alkuainetta, mutta vain uraanista valmistetaan ydinpolttoainetta. Ydinenergian tuottaminen uraanista perustuu siihen, että uraani on radioaktiivista, toisin sanoen sen ytimet eivät ole vakaita. Toisaalta myös ydinenergiatuotannon turvallisuusongelmat johtuvat juuri tästä uraanin ja siitä ydinreaktorissa syntyvän jätteen epävakaudesta eli radioaktiivisuudesta. Luonnonuraanilla on kaksi isotooppia: uraani-235, jonka ytimessä on 143 neutronia ja 92 protonia, sekä uraani-238, jonka ytimessä on 146 neutronia ja 92 protonia. Uraanin molemmat isotoopit ovat radioaktiivisia uraani-235:n puoliintumisajan ollessa 713 miljoonaa vuotta ja uraani-238:n puoliintumisajan vastaavasti 4,5 miljardia vuotta. Uraani 235:n ytimeistä poiketen uraani 238:n ydin ei ole helposti halkeava. Sen sijaan kun uraani 238:n ydin sieppaa neutronin, siitä muodostuu lopulta plutonium-239:n ydin. Vähäisemmässä määrin uraani-238:sta syntyy myös isotooppeja plutonium-238, -240 ja -242.

1 Uraanikaivokset

Perinteisten kaivosten tai avolouhosten lisäksi uraanesiintymiä hyödynnetään nykyisin myös reikäuttamalla (in situ leaching): sopivaa liuotinta pumpataan suoraan uraanimalmiin, minkä jälkeen uraani yksinkertaisesti saostetaan ylösnousevasta liuoksesta. Malmien uraanipitoisuudet vaihtelevat yleensä välillä 0,1 - 1 %, mutta niinkin köyhiä kuin vain 0,01 % uraania sisältäviä malmeja on hyödynnetty. Vain muutamissa Kanadan uraanesiintymissä on todettu jopa 20 prosenttiin nousevia pitoisuuksia. Siten yhden raakauraanitonin tuottamiseksi täytyy yleensä käsitellä sadasta kymmeneentuhanteen tonniin malmia.

Raakauraanin tuottaminen tuhoaa valtavia, yleensä kaivosseudun alkuperäisasukkaiden hallussa olleita luonnon-tilaisia maa-alueita. Hyödyntämiskelvoton osa uraanimalmista sekä laajat jätelietealtaat myrkyllisine jätevesineen - ja siis myös pääosa malmin radioaktiivisuudesta - jää uraanin tuotantoalueelle. Siten työntekijöille ja alueen alkuperäisasukkaille koituneiden terveyshaittojen lisäksi myös alueen luonto saastuu.

Radioaktiivinen kaasu radon Rn-222, jolla on varsin lyhyt 3,8 päivän puoliintumisaika, on uraani-238:n haitallisimpia hajoamistuotteita. Koska radon on sisäänhengitettynä erittäin haitallista terveydelle, niin uraanimalmin käsittelyn vapauttama radon muodostaa vakavan terveysongelman.

Vuonna 2009 olivat Kazakstan, Kanada ja Australia kolme selvästi suurinta uraanintuottajaa, seuraavaksi tärkeimpien tuottajamaiden ollessa Namibia, Venäjä ja Niger. Itä-Saksa oli aikoinaan maailman kolmanneksi suurin uraanintuottaja, kunnes Wismut-yhtiö 1990 lopetti uraanintuotantonsa. Maailman uraanivarastojen ehtyessä (puolet reaktoripolttoaineeksi käytettävästä uraanista on saatu käytöstä poistetusta ydinaseista) alkoi vuodesta 2003 lähtien uusi kilpajuoksu uusien uraanesiintymien löytämiseksi. Euroopassa tilanne on uhkaava erityisesti Ruotsin ja Suomen osalta.

7 Jälleenkäsittelylaitokset

Jälleenkäsittelyssä erotetaan plutonium ja halkeava uraani-235 käytetystä ydinpolttoaineesta. Tällä hetkellä arviolta n. 10 % käytetystä ydinpolttoaineesta jälleenkäsitellään. Jälleenkäsittelylaitosten, kuten Ranskan La Hagen ja Britannian Sellafieldin, turvallisuushistoria on heikonlainen: ongelmia on työturvallisuuden lisäksi ollut päästöjen hallinnassa ja myös laitosten yleisessä turvallisuudessa.

Jälleenkäsittely kehitettiin jo kymmeniä vuosia sitten plutoniumin erottamiseksi ns. nopeita hyötöreaktoreita varten. Hyötöreaktoriohjelmasta on sittemmin teknisten ja taloudellisten ongelmien sekä turvallisuuskysymysten takia luovuttu. Tästä epäonnistumisesta huolimatta jälleenkäsittely jatkuu yhä Euroopassa ja Aasiassa.

Vaikka vain muutama plutoniumkilo riittää ydinaseen valmis-

2 Rikastaminen: keltakakku

Louhittu uraanimalmi murskataan ja saatu murske uutetaan rikastuslaitoksessa. Kuljetustarpeen vähentämiseksi tämä sijaitsee yleensä kaivosalueen välittömässä läheisyydessä. Uutteesta erotettu uraani muutetaan keltaiseksi uraanioksidijauheeksi eli keltakakkuksi (yellow cake, U₃O₈), joka kuljetusta varten pakataan tynnyreihin.

Radioaktiivisuutensa takia prosessissa syntyneen rikastusjätteen säilyttäminen ja käsittely vaatii suurta huolellisuutta. Yhtä keltakakkukiloa kohden voi syntyä jopa kaksi tonnia rikastusjätettä. Sisältämiensä pitkän puoliintumisajan omaavien radioaktiivisten torium-, radium- ja uraani-isotooppien takia rikastusjäte muodostaa pitkäaikaisen ympäristöongelman.



Avolouhos Australiassa: Ranger Mine
kuva <http://nukingtheclimate.com>

tamiseen, niin tälläkin hetkellä plutoniumia kuitenkin jossain määrin käytetään myös ydinvoimaloiden ns. sekaoksidi- eli MOX-polttoaineessa. MOX lisää ydinaseiden leviämiskäyttöä, sillä plutonium on huomattavasti helpompi erottaa MOX-polttoaineesta kuin käytetyistä polttoainesauvoista. MOX-polttoaineen käyttöä varten reaktori joudutaan säätämään uudelleen. Tällöin reaktorin käyttöturvamarginaali hieman kaventuu, sillä polttoaineen plutoniumpitoisuuden kohottaessa reaktorin lämpötilareaktiivisuutta sen hallittavuus samalla heikkenee, lisäksi plutoniumia sisältävät polttoainesauvat vaurioituvat nopeammin.

Plutoniumin määrältään rajoitetun jälleenkäytön lisäksi ydinvoimalateollisuus väittää, että 95 % jälleenkäsitellystä uraanista väkevöitäisiin uudestaan ydinpolttoaineeksi. Todellisuudessa kuitenkin vain pieni osa jälleenkäsittelyn tuottamasta uraanista palautuu voimalakäyttöön.

4 Polttoainesauvojen valmistus

Väkevöity uraanioksidijauhe puristetaan 10 - 15 mm pituisiksi ja 8 - 15 mm paksuisiksi aihioiksi, jotka sintrataan n. 1700 C lämpötilassa keraamisiksi pelleteiksi. Keraamiset uraanioksidipelletit työstetään tarkalleen oikeankokoisiksi ja ladataan zircaloysta valmistettuun polttoainesauvaan, jonka päät hitsataan umpeen. Suuri määrä tällaisia polttoainesauvoja, jopa 250 kpl, kootaan yhdeksi polttoainenipuksi. Polttoainesauvoja ja -nipuja valmistetaan Euroopassa mm. Lingenissä Saksassa sekä Desselissä Belgiassa.

5 Ydinvoimala

Uraanin käyttö ydinvoimalan polttoaineena on vain yksi lenkki pitkässä uraniketjussa. Reaktorissa tapahtuvan uraaniytimien halkeamisen eli fission avulla tuotetaan höyryä, joka johdetaan voimalan sähkögeneraattoreita pyörittäviin turbiineihin. Käyttönsä aikana ydinvoimala päästää ympäristöönsä säteilyä sekä radioaktiivisia aineita. Mutta erityisen paljon päästöjä syntyy, kun ydinvoimala syystä tai toisesta joudutaan lopullisesti sulkemaan. Sellaista ihmisiin ja koko ympäristöön kohdistuva onnettomuusriskiä, josta Tshernobylin katastrofi 1986 on varoittavana esimerkkinä, ei voida hyväksyä. Yksikään ydinreaktori ei ole täysin turvallinen. Kuitenkin vuonna 2009 oli kaikkiaan käytössä 436 reaktoria.

Käytetyt polttoaineniput joudutaan aluksi säilyttämään voimalan alueella siitä riippumatta, aiotaanko käytetty polttoaine suoraan loppusijoittaa vai onko se tarkoitus jälleenkäsitellä. Jälleenkäsittelylaitokseen toimitettavat polttoaineniput pidetään välivarastossa noin 5 - 25 vuoden ajan, mutta suoraan loppusijoitettavaa käytettyä polttoainetta voimala joutuu varastoimaan jopa 50 vuotta. Varastoitavan radioaktiivisen jätteen määrän kasvaessa tällöin varsin suureksi myös tästä johtuva onnettomuusuhka kasvaa.

8 Sotilaallinen käyttö

Uraanin väkevöinnillä on myös sotilaspoliittinen puolensa. Väkevöidyn uraanin sisältäessä 70 -- 90 % halkeavaa isotooppia uraani-235 se soveltuu myös ydinaseen valmistukseen. Periaatteessa kaikki uraanin väkevöintilaitokset, kuten esimerkiksi Gronaun laitos Saksassa, pystyvät tuottamaan myös tällaista asekelpoista uraania. Virallisesti Gronaun laitoksen on sallittu väkevöidä uraania "siviilikäyttöön" eli korkeintaan 5 % pitoisuuteen asti, mutta samalla laitteistolla on helppo saavuttaa paljon korkeampiakin väkevöintiasteita.

Mutta myös jälleenkäsittelylaitokset pystyvät tuottamaan ydinräjähteisiin kelpaavaa materiaalia, siten esimerkiksi Ranskan La Hagen jälleenkäsittelylaitos tuottaa asekelpoista plutoniumia. Juuri tämä onkin ollut jälleenkäsittelylaitosten alkuperäinen tarkoitus, kuten niiden ranskankielinen nimitys "l'usine de plutonium" osoittaa.

Köyhdytettyäkin uraania voidaan käyttää ydinaseissa. Tämän lisäksi useat maat, kuten esimerkiksi Britannia ja Yhdysvallat, ovat hyödyntäneet köyhdytettyä uraania eli DU:ta panssariammuksien läpäisykyvyn lisäämiseen. Osuessaan tällainen DU-ammus levittää ympäristöönsä hienojakoista uraanipölyä, minkä takia DU-ammukset ovat viimeksikulun vuosikymmenen aikana aiheuttaneet vakavia terveysongelmia ja jopa kuolemantapauksia paitsi sotilaiden niin myös taistelualueen läheisyydessä olleen siviiliväestön keskuudessa.

3 Väkevöinti

Koska luonnonuraani sisältää vain 0,7 % uraani-isotooppia uraani-235 ja 99,3 % halkeamatonta uraania uraani-238, niin luonnonuraanin uraani-235:n pitoisuus on liian matala, jotta sitä voitaisiin sellaisenaan käyttää ydinvoimalassa. Ketjureaktion mahdollistamiseksi halkeavan uraani-235:n pitoisuutta täytyy kohottaa, toisin sanoen uraani täytyy väkevöidä. On useita erilaisia väkevöintimenetelmiä, mutta nykyään väkevöintiin käytetään yleisimmin kaasusentrifugeja. Ennen sentrifugointia uraanin sisältävä keltakakku täytyy kuitenkin konvertoida kaasumaiseksi uraaniheksafluoridiksi. Toiminnassa on useita konvertointilaitoksia, lähimmät Jekaterinburgissa Venäjällä, Pierrelattessa Ranskassa ja Lancashiressä Englannissa.

On myös useita kaupallisia kaasusentrifugilaitoksia. Saksan Gronaussa sijaitsevaa kaasusentrifugilaitosta, joka tuottaa 12 reaktorin tarvitseman väkevöidyn uraanin, aiotaan laajentaa niin, että se pystyisi kattamaan 32 suuren ydinvoimalan uraanintarpeen. Uraanin väkevöintilaitoksia on Euroopassa Gronaun lisäksi esimerkiksi myös Tricastinissä Ranskassa ja Almelossa Hollannissa.

6 Reaktorijätteen käsittely

Ydinenergiaketjun eli uraanisyklin jokainen vaihe tuottaa radioaktiivista jätettä. Tavanomainen 1300 MW ydinvoimala käyttää vuodessa n. 33 tonnia väkevöityä uraania. Tämän tuottamiseen tarvittava 250 tonnia keltakakua saadaan rikastamalla 40.000 tonnia uraanimalmia. Mutta kun louhinnassa syntyy malmin lisäksi kymmenkertainen määrä sivukiveä, niin yhden vuoden polttoainetuotanto jättää kaivosalueelle 400.000 tonnin radioaktiivisen jättekivikasan. Tämän lisäksi 40.000 tonnin malmierästä jää rikastamon jätealtauksi 37.500 tonnia myrkyllistä radioaktiivista liejua. Saatua 250 tonnia keltakakua sisältää 220 tonnia uraania, ja koska uraani ei väkevöitäessäkään mihinkään katoa, niin ydinreaktorissa käytettävän 33 tonnin rikastetun uraanierän lisäksi jää tästä erästä jäljelle 187 tonnia köyhdytettyä uraania (depleted uranium eli DU), joka sekin täytyy saada sijoitetuksi jonnekin. Koska ns. hyötöreaktoreista on tällä erää luovuttu, niin köyhdytettyllä uraanilla ei ole aseteknologian lisäksi ole juuri mitään muuta käyttöä. Mutta tässä ovat vasta ydinpolttoaineen valmistukseen liittyvät jäteongelmat. Toimissaan ydinvoimala tuottaa suuren määrän äärimmäisen radioaktiivista jätettä, joka täytyy loppusijoittaa turvallisesti. Tätä varten voimalajäte ensin joko jälleenkäsitellään tai, kuten nykyään useimmiten on tapana, viedään suoraan loppusijoituspaikkaan.

Uraanisyklin jokaisessa vaiheessa huolehdittavan radioaktiivisen jätteen määrä moninkertaistuu, sillä ydinpolttoaineen kanssa kosketukseen joutuvat materiaalit ja työkalut tulevat nekin radioaktiivisiksi, joten nekin joudutaan lopulta käsittelemään matala- tai keskitason radioaktiivisina jätteinä.

Pitkäkestoisille ydinjätteille ei ole missään pystytty löytämään turvallista loppusijoituspaikkaa. On todennäköistä, ettei jäteongelmalle koskaan löydetäisikään turvallista ratkaisua, sillä on vaikeata tehdä luotettavia suunnitelmia miljoonien vuosien säilytysaikaa varten. Edes geologisia muutoksia on näin pitkiksi ajoiksi mahdotonta tarkoin ennustaa, puhumattakaan yhteiskunnallisen kehityksen arvioinnista tällaisella aikaperspektiivillä.

Tällä hetkellä uraanisyklin synnyttämää radioaktiivista jätettä säilytetään louhinta-alueiden valtavissa jäteläjissä ja rikastamojätealtauksissa sekä polttoaineenkäsittelylaitosten väliaikaisissa varastoissa. On myös pyritty saamaan ydinjäte yksinkertaisesti pois silmistä: esimerkiksi oli pitkään tapana toimittaa Saksan ydinjätteet Venäjälle. Monien ydinjätteen säilytyspaikkojen tiedetään olevan ympäristölleen vaarallisia.

9 Ilmastonmuutos

Ydinvoima ei ole hiilineutraalia. Uraanin louhiminen, rikastaminen keltakakuksi, konvertointi uraaniheksafluoridiksi ja tämän väkeväinti sekä rikastetun heksafluoridin konvertointi takaisin uraanidioksidiksi kuluttavat valtavan määrän myös fossiilista energiaa. Mitä huonompilaatuista käytettävä uraanimalmi on, sitä enemmän energiaa kuluu reaktoripolttoainetta valmistettaessa. Tällä hetkellä arvioidaan, että jokaista tuotettua ydinsähkön kilowattituntia kohden ilmakehään vapautuu 32 -65 grammaa, joidenkin arvioiden mukaan jopa 159 grammaa hiilidioksidia. Useimpien uusiutuvien energialähteiden kasvihuonekaasupäästöt ovat pienempiä tai tähän nähden ainakin täysin vertailukelpoisia. Esimerkiksi nykyajan sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto synnyttää ydinvoimaa vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä tuotettua kilowattituntia kohden.

Paitsi uraanipolttoaineen käsittely, myös itse voimaloiden ja polttoainetuotantoketjun rakentaminen kuluttavat paljon energiaa ja muitakin resursseja, sillä ydinvoimaan liittyvien riskien takia kaikkien rakennelmien täytyy olla erittäin lujatekoisia. Tähänkin käytetty energia on pääosin fossiilista.

Kaiken tämän ohella itse ydinpolttoaineen tuotantoprosessissa syntyy kasvihuonekaasuja kuten hiilidioksidia tuhat kertaa haitallisempia HFC-yhdisteitä, joita esimerkiksi Sellafieldin laitos on päästänyt ympäristöönsä.

Lisätietoja Verkko-osoitteita...

- The Sustainable Energy & Anti-Uranium Service:
<http://www.sea-us.org.au>
- Nuking the Climate (film on uranium mining):
<http://nukingthecimate.com>
- WISE Uranium Project:
<http://www.wise-uranium.org>
- Uranium Network:
<http://uranium-network.org>
- Nuclear Heritage Network - Uranium Section:
<http://uranium.nuclear-heritage.net>
- Uranium Watch:
<http://uraniumwatch.org>
- Suomalaisia osoitteita:
<http://nuclearfreefinland.org/>
<http://www.ydinvoima.fi/>
<http://www.uraanivoima.com/>
<http://ranuarescue.blogspot.com/>
<http://www.save-sokli.com/>
<http://talvivaaraymparisto.nettisivu.org/>
<http://uraanitieto.net/>

Riippumattomia järjestöjä

Nuclear Heritage Network

Karl-Schmidt-Str. 4 | D-39104 Magdeburg
Tel.: +49 391 / 55 70 753
contact@nuclear-heritage.net

WISE Uranium project

Peter Diehl | Am Schwedenteich 4 | D-01477 Arnsdorf
uranium@t-online.de



Olympic Dam Mine -kaivoksen rikastusjätealtaat Australiassa kuva <http://nukingthecimate.com>

10 Kuljetusongelmat

Koko uraanisykliin uraanikaivokselta ydinvoimalan kautta loppusijoitukseen liittyy suuri määrä materiaalkuljetuksia. Tästä syntyvien kasvihuonekaasujen lisäksi näihin kuljetuksiin liittyy merkittävä onnettomuuksien ja terrorihökkäysten uhka, ja kuljetukset lisäävät edelleen kuljettajien, vartijoiden sekä paikallisen väestön säteilykuormaa.

Kuljetuksia tarvitaan uraanimalmin ja sen välialosteiden siirtelyyn laitosten välillä sekä polttoainejätteen viemiseen jälleenkäsittelylaitokseen tai loppusijoituspaikalle, tämän lisäksi kaiken muunkin materiaalin hankinnasta syntyy kuljetustarpeita. Kuljetukset ja uraaninkäsittelyprosessi synnyttävätkin yhdessä pääosan ydinvoimaloiden kasvihuonekaasupäästöistä. Ydinvoimateollisuuden kuljetukset tapahtuvat pääosin meritse ja rautateitse, osittain myös kuorma-autokuljetuksina. Niinpä monet satamien, rautatieasemien ja tiettyjen tieosuuskien läheisyydessä sijaitsevat yhteisöt altistuvat näiden kuljetusten mukanaan tuomille vaaroille.

Saksassa korkea-aktiivisen ydinjätteen ns. Castor-kuljetukset väliaikaisesti sijoituspaikkoihin Gorlebenissä ja Ahausissa ovat useasti aiheuttaneet suuria mielenosoituksia kuljetusreitillä varrella, ja kuljetusten perillevienti on onnistunut vain tuhansien poliisien voimin.

... Tuki

Paitsi toimimalla, voit tukea avustuksella uraanivoiman eri vaiheiden kritiikkiämme

Tilin haltija: **Greenkids e.V.**
IBAN: **DE754306096711017406 00**
BIC: **GENO DE M 1 GLS**
Pankki: **GLS Bank**

Greenkids e.V.

PO-Box 32 01 19 | D-39040 Magdeburg
Tel.: +49 391 / 72 72 657 | morsleben@greenkids.de

