

# Sähkövoimatekniikan ympäristöopus

Tietoa sähkövoimatekniikan ympäristökysymyksistä



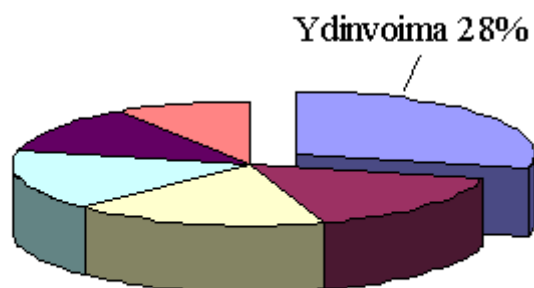
## Sähkön tuotannon ympäristövaikutukset

- ydinvoima
- vesivoima
- vastapainevoima
- lauhdevoima
- tuulivoima
- käytettävät energianlähteet

[Pääsivulle](#)

## Ydinvoima

Sähkön kulutus Suomessa oli vuonna 1999 77,9 TWh, josta ydinvoimalla tuotettiin lähes kolmannes (kuva 3). Tällä hetkellä Suomessa on neljä ydinvoimalaitosyksikköä, kaksi Loviisassa ja kaksi Olkiluodossa.

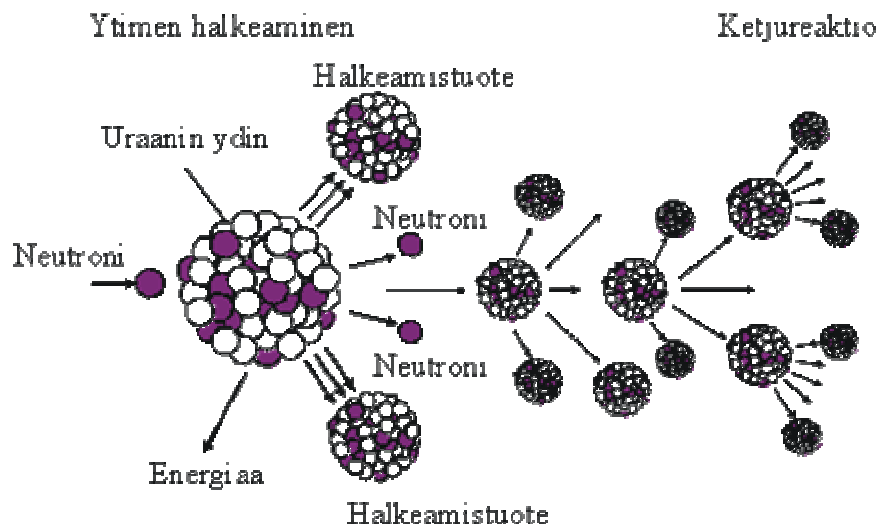


Kuva 3. Ydinvoimalla tuotetun sähkön osuus vuonna 1999. [/1/](#)

## Miten ydinvoimalla saadaan tuotettua sähköä?

Ydinvoimalaitoksissa sähköntuotannon perusprosessi on samanlainen kuin perinteisissäkin lauhdevoimalaitoksissa. Polttoaineena käytettävän uraanin atomiytimen haljetessa syntyy lämpöä. Tämän lämmön avulla kiehutetaan vettä höyryksi, joka johdetaan turbiiniin. Pyörivän turbiinin akselille kytketty generaattori kehittää sähköä.

Ydinvoimalan reaktorissa tapahtuu fissioreaktio. Reaktio saadaan aikaan, kun polttoaineena käytettävää uraania pommitetaan neutroneilla, jolloin uraaniytimet halkeavat. Halkeamisen tuloksena syntyy yleensä kaksi uutta atomiydintä ja 2-3 neutronia. Halkeamistuotteiden massa on hiukan pienempi kuin alkuperäisen uraaniytimen massa. Tämä erotus on muuttunut energiaksi, joka aluksi ilmenee halkeamistuotteiden liike-energiana, mutta muuttuu pian lämmöksi neutronien törmäillessä ympäröivien atomiytimien kanssa. Kuvassa 4 on esitettyä fissioreaktio. [/2/](#)

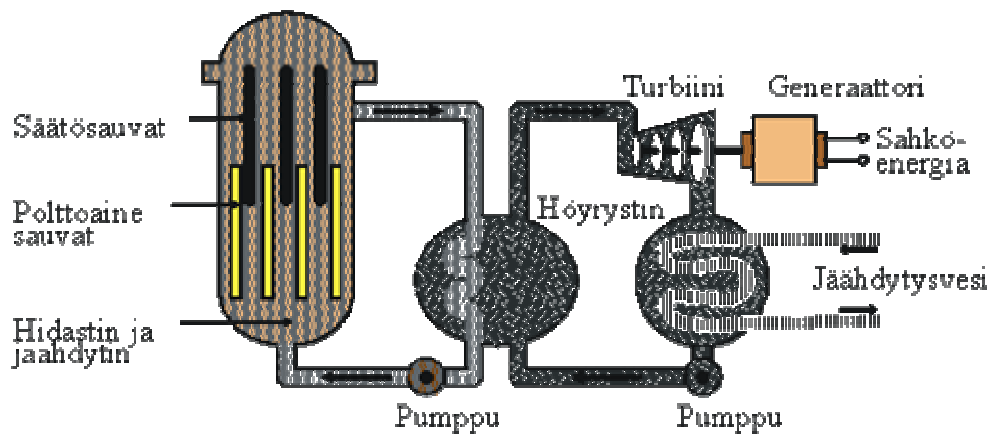


Kuva 4. Fissioreaktio.

## Minkä tyyppisiä reaktoreita on ydinvoimalaitoksissa?

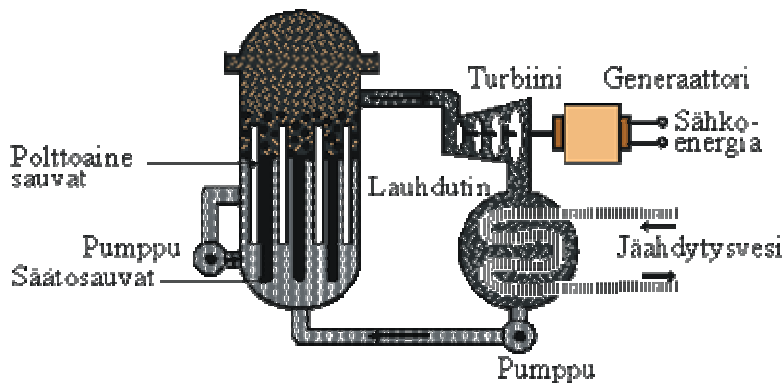
Yleisimmät ydinvoimalaitoksissa käytettävät reaktorityypit ovat kevytvesireaktoreita, joissa käytetään reaktion hidastusaineena ja jäähdytysaineena tavallista vettä. Vuonna 1997 maailman ydinvoimalaitoksista lähes 70% oli kevytvesireaktoreita. Niitä on kahdenlaisia: painevesireaktoreita (PWR) ja kiehutusvesireaktoreita (BWR). [/1/](#)

Painevesireaktorissa (kuva 5) on niin suuri paine (15 MPa), että 300 asteinen vesi ei pääse kiehumaan reaktorissa. Reaktorista kuuma vesi pumpataan lämmönvaihtimeen, jossa se luovuttaa lämpönsä lämmönvaihtimessa toisiopuolella kulkevalle vedelle. Tämän veden paine on alhaisempi, noin 7 MPa, joten se pääsee höyrystymään. Tämä höyry johdetaan turbiiniin. Lämmönvaihtimen ansiosta reaktorijärjestelmän ja turbiinijärjestelmän vedet ovat erillään, joten turbiinilaitoksen vesi ei ole radioaktiivista. [/2/](#)



Kuva 5. Painevesireaktorin toimintaperiaate.

Kiehutusvesireaktorissa paine on 7 MPa, joten vesi pääsee höyrystymään jo itse reaktorissa. Reaktorissa syntynyt höyry johdetaan suoraan turbiiniin. Turbiiniin johdettu höyry on nyt radioaktiivista, joten sen lähellä ei voi oleskella laitoksen ollessa käynnissä. Kiehutusvesireaktori on esitetty kuvassa 6. [\[4\]](#)



Kuva 6. Kiehutusvesireaktion toimintaperiaate.

Suomen ydinvoimalaitoksista Loviisassa on painevesireaktorit ja Olkiluodossa kiehuvesireaktorit.



[Loviisan ydinvoimalaitoksen](#) ensimmäinen reaktori valmistui vuonna 1977 ja toinen reaktori vuonna 1981. Kummankin reaktorin teho on 488 MW. Laitoksen omistaa [Fortum Oyj](#). Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ensimmäinen reaktori valmistui 1978 ja toinen vuonna 1982. Reaktorit ovat nettoteholtaan 840 MW. [Olkiluodon ydinvoimalaitoksen](#) omistaa [Teollisuuden Voima Oy](#), TVO.

Molemmille laitoksille on tehty laajoja modernisointitöitä viime vuosina. Näiden ansiosta Olkiluodon reaktoreiden teho kasvoi yhteensä 260 MW:lla ja Loviisassa noin 100 MW:lla.

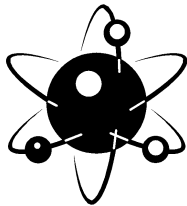
## Ydinvoima ja ympäristö

---

### *Päästöt*

Ydinvoimalaitoksissa syntyy radioaktiivisten aineiden päästöjä. Radioaktiiviset aineet kerätään talteen ja eristetään ympäristöstä. Pieni osa niistä pääsee kuitenkin jäähdytysvesien ja ilmastointipiipun kautta ympäristöön. Suomen ydinvoimalaitosten ympäristövaikutukset ovat koko käyttöikänsä olleet hyvin pieniä, vain murto-osa sallituista arvoista.

Suurin osa ympäristöön leviävistä radionuklideista on lyhytikäisiä ja niiden vaikutus rajoittuu laitosten ympäristöön ja lähialueille. [Säteilyturvakeskus](#) on määrännyt Suomessa laitoksille päästöarvot siten, että päästöistä ei saa aiheutua ihmiselle enempää kuin 0,1 mSv suuruinen säteilyannos vuodessa. Tämä arvo on parin prosentin luokkaa suomalaisten muista syistä saamasta keskimääräisestä vuotuisesta säteilyannoksesta. Suomessa ydinvoimalaitoksien päästöt ovat kuitenkin jääneet vain muutamaan prosenttiin (0,001 mSv) sallitusta rajasta.



Reaktorissa käytettävässä jäähdytysvedessä on korroosiotuotteita ja lisäaineita. Veden virratessa reaktorissa, saattavat nämä aineet aktivoitua. Myös reaktorin polttoaineesta peräisin olevia aktiivisia aineita saattaa joutua jäähdytysveteen. Näitä radioaktiivisia aineita poistetaan vedestä erillisellä puhdistuslaitoksella, jossa ns. ioninvaihtohartsit poistavat radioaktiivisuutta samalla itse aktivoituen. Aktivoituneet ioninvaihtohartsit loppusijoitetaan muiden voimalaitosjätteiden tavoin noin 100 metrin syvyydelle louhittuihin kallioluoliin. Suurimmat radioaktiiviset päästöt veteen aiheutuvat tritiumista,

jonka poistaminen on käytännössä mahdotonta. Kuitenkin tritiumpäästöt ovat vain noin kymmenesosa sallituista arvoista.

Jäähdytysveden kulkiessa laitoksen läpi se lämpenee n. 10 astetta. Tämä aiheuttaa talvella veden ulostulopaikalle jäätikön sulamista ja heikkenemistä sekä lisää alueen biologista toimintaa. Koska jäätikkö puuttuu, auringonvalo pääsee vaikuttamaan pidemmän ajan vuodesta aiheuttaen näin rehevöitymistä. Seurantatutkimusten perusteella lämменneellä vedellä on havaittu olevan kuitenkin positiivisia vaikutuksia kalastoon.

Normaalissa toiminnassa päästöt ovat siis pieniä. Mahdollisissa ydinvoimala-onnettomuuksissa radioaktiivisten aineiden päästöt saattavat kuitenkin olla hyvinkin suuria ja aiheuttaa luonnolle ja ihmisille erittäin suuria haittoja.

Ydinvoimalaitoksella ei ole hiilidioksidipäästöjä. [2/](#)

# Ydinjätteet

---

## Radioaktiiviset jätteet

Radioaktiiviset jätteet luokitellaan

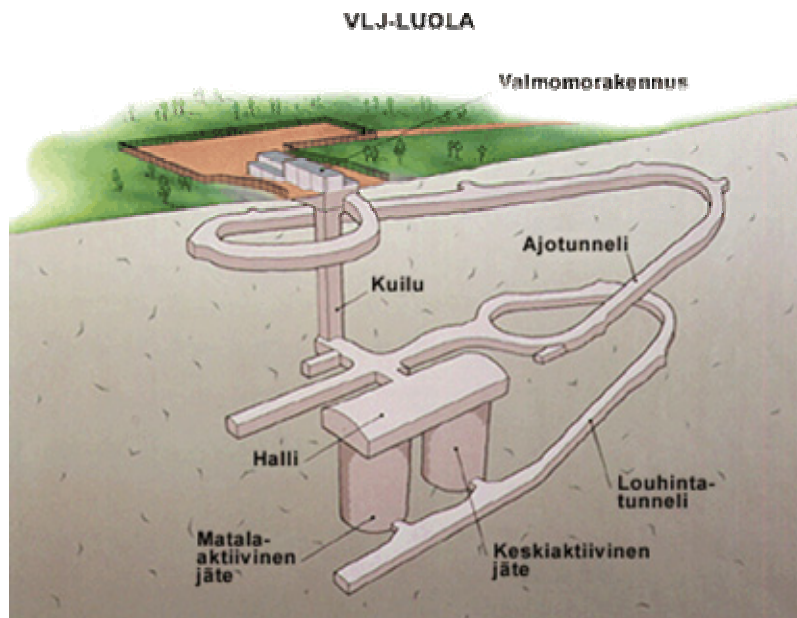
- vähä- ja keskiaktiivisiin sekä
- runsasaktiivisiin

jätteisiin. Vähä- ja keskiaktiivista voimalaitosjätettä ovat keskiaktiiviset prosessiveden puhdistusmassat sekä vähäaktiiviset, pääosin huolto- ja korjaustöissä syntyvät muut voimalaitosjätteet. Runsa-aktiivista jätettä on käytetty ydinpolttoaine.

## Ydinjätehuolto

Vähä- ja keskiaktiiviset jätteet:

Vähäaktiiviset voimalaitosjätteet, kuten työkalut, suojamuovit ja -vaatteet sekä pyyhkeet pakataan tynnyreihin tai teräslaatikoihin. Nestemäiset keskiaktiiviset vedenpuhdistusmassat kiinteytetään ensin bitumiin, jonka jälkeen ne valetaan 200 litran tynnyreihin. Lopulta nämä loppusijoitetaan voimalaitosalueelle 70-100 metrin syvyydelle louhittuihin kallioluoliin. Olkiluodossa vähä- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitus on alkanut jo vuonna 1992 ja Loviisassa vuonna 1998. Kuvassa 7 on esitettyä Olkiluodon voimalaitosjätteen (VLJ) ja myöhemmin toteutettavan voimalaitoksen purkujätteen loppusijoitustila. [\[2\]](#)



Kuva 7. Olkiluodon VLJ-jätteen ja myöhemmin toteutettava voimalaitoksen purkujätteen loppusijoitustila. ([Teollisuuden Voima Oy](#)).

## Runsasaktiivinen jäte:



Vuoden 1997 alussa voimaan astunut ydinenergialaki [/5/](#) määrää, että *ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen.*

Runsasaktiivisen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkoja on tutkittu laitoksien rakentamisvaiheesta lähtien. Suomessa käytetylle polttoaineelle paras sijoituspaikka on seismisesti vakaa kallioperä. Suomessa on tehty yksityiskohtaisia tutkimuksia loppuvarastointipaikoiksi Kuhmon Romuvaarassa, Äänekosken Kivityssä, Eurajoen Olkiluodossa ja Loviisan Hästholmenissa. Posiva Oy, joka huolehtii Suomessa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyvästä tutkimuksesta, on esittänyt toukokuussa 1999 valtioneuvostolle jättämässään periaatepäätöshakemuksessa loppusijoituspaikaksi Eurajoen Olkiluotoa. [/5/](#)

Tarkoitus olisi, että loppusijoitus voisi alkaa vuonna 2020. Loppusijoitustila muodostuu 500-750 metrin syvyyteen peruskallioon louhittuun tunneliverkostoon, jonne käytetty polttoaine eristetään kupariteräskapseleissa. Kapselit sijoitetaan tunneliston lattiaan porattuihin reikiin ja ympäröidään bentoniittisavella. Lopuksi tunnelit täytetään bentoniitin ja hiekan seoksella ja alas johtavat kuilut suljetaan. [/2/](#)

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyvästä tutkimuksesta ja aikanaan tilojen rakentamisesta ja käytöstä huolehtii Suomessa [Posiva Oy](#).

## Radioaktiivisuus, säteily ja ihminen

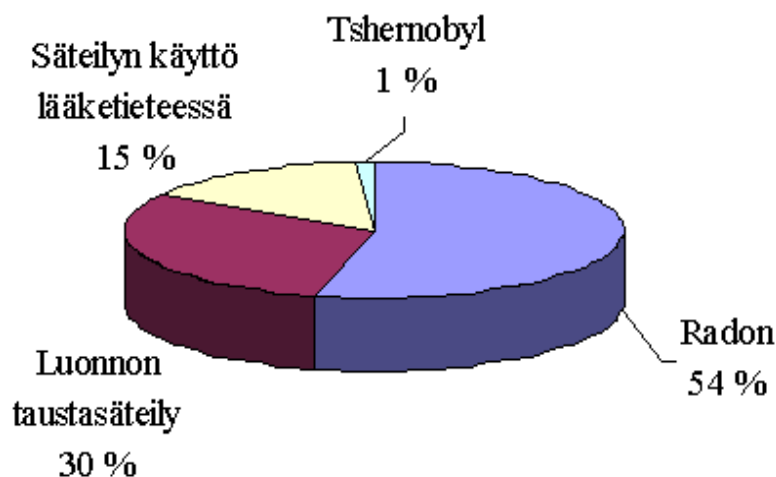
---

*Radioaktiivisuudella* tarkoitetaan atomiytimen ominaisuutta muuttua spontaanisti toiseksi ytimeksi. Radioaktiivisuuden mitta on *becquerel* (Bq), joka ilmoittaa hajoavien ytimien lukumäärän sekunnissa. Puoliintumisajalla taas tarkoitetaan aikaa, jolloin puolet ytimistä on hajoanut ja toinen puoli on ennallaan.

Hajoamisen yhteydessä radioaktiivisesta ytimestä sinkoutuvia hiukkasia ja energia-aaltoja nimitetään *säteilyksi*. Biologiset vaikutukset huomioonottavasta säteilystä puhuttaessa säteilyn yksikkönä on *sievert* (Sv).

### *Säteily ja ihminen*

Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos vuodessa on noin 4 millisievertiä. Tästä suurin osa tulee maaperän radioaktiivisista aineista (radon), luonnon taustasäteilystä sekä lääketieteellisestä toiminnasta. Suomen ydinvoiman osuus on tästä alle 0,1%. Kuvassa 9 on esitetty suomalaisten eri säteilylähteistä saamat osuudet. [/6/](#)



Kuva 9. Eri säteilylähteiden osuudet. /6/

Suomessa säteilyannosrajoiksi on määritelty, että työssään säteilyn alaiseksi joutuvan henkilön vuotuinen annos ei saa ylittää 50 mSv:n rajaa eikä viiden vuoden annoksien summa saa olla yli 100 mSv. Säteilylähteen vaikutuspiirissä elävän henkilön vuotuinen annosraja on 1 mSv. Ydinvoimalaitoksen ympäristössä sovelletaan kuitenkin Säteilyturvakeskuksen ohjeen mukaan tiukempaa rajaa. Sen mukaan laitoksen päästöt eivät saa olla yli 0,1 mSv. Syy siihen, miksi säteilytyöntekijän vuotuinen annosraja on suurempi, selittyy sillä, että heidän saamiaan annoksia valvotaan henkilökohtaisesti. /2/

## Lähteitä ja linkkejä

---

/1/ <http://www.energia.fi/sahko/sahko.html>

/2/ Hyvä tietää ydinvoimasta -esite, Energia-alan Keskusliitto ry Finergy, 1999. (Finergyn kotisivu: <http://www.energia.fi/finergy>)

/3/ VTT Energia, Energia Suomessa, Oy Edita Ab 1999, 368 s. (VTT Energian kotisivu: <http://www.vtt.fi/ene>)

/4/ <http://www.tvo.fi/index2.html>

/5/ <http://www.posiva.fi/>

/6/ [http://www.stuk.fi/sateily\\_ja\\_ihminen](http://www.stuk.fi/sateily_ja_ihminen)

/7/ Seppänen H., Ympäristötekniikan perusteet, Otatieto, Helsinki 1991, 244 s.

/8/ OECD/NEA: Uranium 1999. Resources, Production and Demand.