



STUK-B 253/ TOUKOKUU 2020

Virtanen S, Varti V-P, Turunen J, Mattila A

B



# Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

**Vuosiraportti 2019**

Säteilyturvakeskus  
PL 14  
00811 Helsinki  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

Lisätietoja:  
Sinikka Virtanen  
[sinikka.virtanen@stuk.fi](mailto:sinikka.virtanen@stuk.fi)  
puhelin 09 759 88 556

ISBN 978-952-309-460-4 (pdf)  
ISSN 2243-1896

*VIRTANEN Sinikka, VARTTI Vesa-Pekka, TURUNEN Jani, MATTILA Aleks, Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2019. STUK-B 253 Helsinki, 2020, 48 s.*

**AVAINSANAT:** Ympäristövalvonta, ydinlaitos

# Sisällys

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>YDINVOIMALAITOSTEN PÄÄSTÖT</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>LUVANHALTIJOIDEN YMPÄRISTÖVALVONTAOHJELMA</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>SÄTEILYTURVAKESKUKSEN YMPÄRISTÖVALVONTAOHJELMA</b>	<b>8</b>
4.1	TARKKAILUKOhteet	8
4.1.1	ULKOILMA JA LASKEUMA	8
4.1.2	MAAYMPÄRISTÖ	8
4.1.3	MERIYMPÄRISTÖ	9
4.1.4	YMPÄRISTÖN ASUKKAAT	10
<b>5</b>	<b>VALVONTAMENETELMÄT</b>	<b>10</b>
5.1	NÄYTTEENOTTOMENETELMÄT	10
5.1.1	ULKOILMA JA LASKEUMA	10
5.1.2	MAAYMPÄRISTÖ	11
5.1.3	MERIYMPÄRISTÖ	12
5.1.4	YMPÄRISTÖN ASUKKAAT	16
5.2	NÄYTTEIDEN KÄSITTELY JA ANALYSOINTI	16
<b>6</b>	<b>YMPÄRISTÖVALVONNAN TULOKSET</b>	<b>19</b>
6.1	ULKOILMA JA LASKEUMA	19
6.2	MAAYMPÄRISTÖ	20
6.3	MERIYMPÄRISTÖ	26
6.4	YMPÄRISTÖN ASUKKAAT	38
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>VIITTEET</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>LIITTEET</b>	<b>40</b>

# Tiivistelmä

Tässä raportissa on kuvattu Säteilyturvakeskuksen (STUK) Fortumin Loviisan sekä Teollisuuden Voiman (TVO) Olkiluodon ydinvoimalaitosten ympäristössä suorittaman säteilyvalvonnan tulokset vuodelta 2019. STUKin suorittama valvonta täydentää voimalaitoksien suorittamaa laitoksen ympäristön säteilytasojen ja radioaktiivisten aineiden tarkkailua. Valvontaa suoritetaan keräämällä näytteitä voimalaitoksen lähialueen maa- ja meriympäristöistä sekä ulkoilmasta. Lisäksi seurataan voimalaitoksen lähiympäristön asukkaiden kehoissa olevien radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia. Ympäristönäytteet analysoidaan STUKin laboratoriossa. Analyysimenetelminä käytetään gammaspektrometriaa ja radiokemiallisia analyysejä. Osassa kerätyistä näytteistä havaittiin vähäisiä määriä voimalaitoksesta peräisin olevia radioaktiivisia aineita. Havaitut radioaktiiviset aineet tai niiden määrät eivät poikenneet merkittävästi aiempina vuosina ympäristöstä tehdyistä havainnoista. Ympäristössä havaitulla voimalaitoksesta peräisin olevalla radioaktiivisuudella ei ole merkitystä ympäristön eikä ihmisten säteilyaltistukseen. Ydinvoimalaitosten raportoimien päästömittausten tulokset sekä ydinlaitosten itsensä suorittaman ympäristövalvonnan havainnot vastaavat STUKin suorittaman ympäristövalvonnan havaintoja.

## 1 Johdanto

Ydinenergian käytöstä säädetään ydinenergiailaissa (990/1987) ja ydinenergia-asetuksessa (161/1988). Ydinenergiain 7c §:n 1 momentin mukaan *ydinenergian käytöstä aiheutuvia radioaktiivisten aineiden päästöjä on rajoitettava säteilylain (859/2018) 6 §:ssä säädettyä säteilysuojelun optimointiperiaatetta noudattaen. Säteilysuojelun optimoinnissa on käytettävä säteilylain 9 §:n mukaisia annosrajoituksia.* Ydinenergiain 7c §:n 5 momentin mukaan *Säteilyturvakeskuksen tulee tarpeellisessa laajuudessa tarkkailla ja valvoa ydinlaitoksen ympäristöä radioaktiivisten aineiden päästöjen mittausten luotettavuuden varmistamiseksi ja laitoksen ympäristövaikutusten todentamiseksi.* Ympäristön säteilyvalvonnalla varmistetaan osaltaan, että ydinvoimalaitoksen normaalista käytöstä aiheutuva väestön yksilön saama vuosiannos pysyy ydinenergia-asetuksessa (161/1988) 22 b §:n säädetyn vuosiannoksen rajoituksen 0,1 millisievertiä alapuolella. Vuosiannoksen rajoitus on alle kaksi prosenttia suomalaisten keskimääräisestä arvioidusta vuosiannoksesta 5,9 mSv (Siiskonen, 2020).

Ydinlaitoksen käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Ydinlaitos ja sen käyttö on lisäksi suunniteltava siten, että ydinenergia-asetuksessa esitettyjä rajoituksia ei ylitetä. Yksinomaan rajoitusten alittaminen ei ole riittävää, vaan laitoksen käytöstä aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ja ympäristön säteilytasot on pidettävä niin alhaisina kuin mahdollista. Ydinenergian käyttöön oikeuttavan luvan haltijan on johdettava ydinvoimalaitokselle radioaktiivisten aineiden päästörajat siten, että ydinenergia-asetuksen mukaista yksilön annosta koskevaa rajoitusta ei ylitetä.

STUKin ohjeessa YVL C.7 esitetään luvanhaltijaa koskevat yksityiskohtaiset vaatimukset ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvonnalle.<sup>1</sup> Luvanhaltijan on laadittava ohjelma ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvontaa varten ja raportoitava ohjelman tulokset STUKille. YVL C.7 ohjeen mukaan STUK tekee luvanhaltijasta riippumatonta valvontaa ydinlaitoksen ympäristössä ydinlaitoksen käytön aikana ottamalla ja analysoimalla ympäristönäytteitä ydinlaitoksen ympäristöstä tarpeellisessa laajuudessa. Ydinlaitosten ympäristövalvonnan järjestämisestä on annettu myös IAEA:n suositus Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection (IAEA, 2005). Luvanhaltijan ja STUKin suorittaman ympäristövalvonnan kokonaisuus vastaa IAEA:n valvontaohjelman sisältöä koskevia suosituksia.

STUKin suorittaman ympäristövalvonnan tulokset on koottu tähän raporttiin. Tuloksia verrataan luvanhaltijoiden raportoimiin ympäristövalvonnan havaintoihin sekä päästöihin.

## 2 Ydinvoimalaitosten päästöt

Ydinvoimalaitosten käytön aikana syntyy radioaktiivisia aineita, joista hyvin pieni osa voi päätyä ydinlaitoksen normaalin käytön yhteydessä ympäristöön. Radioaktiivisia aineita syntyy enimmäkseen reaktorin ydinpolttoaineeseen fissioreaktioiden seurauksena. Radioaktiiviset aineet jäävät pääasiassa polttoainesauvojen sisään sauvojen suojakuoren estäessä aineiden vapautumisen ympäröivään jäähdytysveteen. Reaktorin jäähdytysjärjestelmässä sekä siihen liittyvissä puhdistus- ja jätejärjestelmissä on myös radioaktiivisia aineita. Polttoaineeseen syntyy myös kaasumaisia radioaktiivisia aineita, jotka voivat diffundoitumalla siirtyä pois polttoainesauvoista. Polttoainesauvojen suojakuori voi harvinaisissa tapauksissa vaurioitua käytössä ja menettää tiiveytensä lisäten jäähdytysveden radioaktiivisuutta.

Normaalien käyttötilanteiden aikana ydinlaitoksesta päästetään ilmakehään laitoksen ilmanvaihdon poistoilmaa ja prosesseista poistettuja kaasumaisia aineita, joita on tarvittaessa puhdistettu. Kaasumaiset päästöt johdetaan voimalaitosten ilmastointipiippuihin. Ydinvoimalaitoksessa syntyvät nestemäiset radioaktiivisten aineiden päästöt puhdistetaan suodattamalla ja viivästämyllä ennen kuin ne johdetaan mereen. Nestemäiset radioaktiivisten aineiden päästöt johdetaan voimalaitoksen jäähdytysveden mukana mereen. Häiriö- ja onnettomuustilanteissa radioaktiivisia aineita voi päästä ympäristöön myös normaaleista poikkeavia reittejä pitkin ja päästöjen koostumus voi erota normaalikäytön aikaisista päästöistä. Päästöjä valvotaan laitoksen sisäpuolella tehtävien prosessi- ja päästömittausten avulla sekä tarkkailemalla ympäristössä vallitsevaa säteilytasoa ja ympäristönäytteistä havaittavia radioaktiivisia aineita. Mittauksilla varmistetaan, että päästöt alittavat asetetut raja-arvot.

Voimalaitosten radioaktiiviset päästöt vuonna 2019 olivat pieniä suhteessa asetettuihin päästörajoihin (Fortum, 2020; TVO, 2020). Loviisassa jalokaasujen päästö ilmakehään (Kr-87 ekvivalenttipäästö) oli vuonna 2019 noin 0,04% ja jodipäästö (I-131 ekvivalenttipäästö) noin 0,0003% niille asetetuista päästörajoista. Tritiumin (H-3) päästö mereen oli noin 10% ja fissio- ja aktivoitumistuotteiden päästö mereen noin 0,01% niille asetetuista päästörajoista. Olkiluodossa jalokaasujen päästö ilmakehään oli 0,02% ja jodipäästö (Olkiluodossa päästöraja asetettu I-

---

<sup>1</sup> Luvanhaltijalla tarkoitetaan tässä raportissa ydinenergian käyttöön oikeuttavan luvan haltijaa.

131:lle) 0,74% niille asetetuista päästörajoista. Tritiumpäästö mereen oli alle 10% ja fissio- ja aktivoitumistuotteiden päästö mereen noin 0,04% niille asetetuista päästörajoista.

Tyypillisiä Loviisan voimalaitoksesta peräisin olevia voimalaitoksen lähiympäristössä havaittavia radionuklideja ovat H-3, Co-60 ja Ag-110m ja Olkiluodon voimalaitoksella H-3, Mn-54, Co-58 ja Co-60. Erot havaittavissa nuklideissa johtuvat erilaisista laitostyypeistä ja eroista esimerkiksi reaktoripiireissä käytettävissä materiaaleissa. Liitteessä 1 on esitelty tarkemmin yleisimmät radionuklidit, joita havaitaan ydinvoimalaitosten päästöissä sekä ympäristövalvonnassa. Kaikki ympäristövalvonnassa havaittavat radionuklidit eivät ole peräisin ydinvoimalaitoksista. Ympäristössä on myös luonnon radioaktiivisuutta sekä keinotekoisia radionuklideja, kuten H-3, Sr-90 ja Cs-137, jotka ovat peräisin 1950- ja 1960-lukujen ydinasekokeista sekä erityisesti vuonna 1986 tapahtuneesta Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta.

## 3 Luvanhaltijan ympäristövalvontaohjelma

Ydinenergian käyttöön oikeuttavan luvan haltijan on seurattava radioaktiivisten aineiden tasoja voimalaitoksen ympäristössä. STUKin julkaisemassa YVL C.7-ohjeessa on esitelty vähimmäisvaatimukset luvanhaltijan ympäristön säteilyvalvontaohjelmalle (Liite 2):

- Ohjelmaan on sisällytettävä ulkoisen säteilyn mittauksia, jotka toteutetaan laitoksen maaympäristöön sijoitetuin ympäristödosimetrein sekä ulkoisen säteilyn annosnopeuden mittausasemien avulla.
- Maaympäristössä mittaukset kohdistetaan ilman, laskeuman, talousveden ja puutarhatuotteiden radioaktiivisten aineiden määrittämiseksi. Lisäksi valvontaohjelmassa tutkitaan maaympäristön indikaattoriorganismien radioaktiivisia aineita. Indikaattoriorganismeilla tarkoitetaan eliöitä ja kasveja, jotka keräävät tai rikastavat radionuklideja erityisen hyvin ja soveltuvat siksi ympäristössä esiintyvien radionuklidien tarkkailuun.
- Vesiympäristössä mittaukset kohdistetaan veteen liuenneiden ja sekoittuneiden radioaktiivisten aineiden määrittämiseksi.

Luvanhaltijan ympäristön säteilyvalvonnan tulokset esitetään luvanhaltijan ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportissa, jonka luvanhaltija toimittaa STUKille (Fortum, 2020; TVO 2020). STUK arvioi luvanhaltijan oman valvontaohjelman riittävyyden ja sen tulokset sekä vertaa luvanhaltijan valvonnan tuloksia STUKin oman valvontaohjelman tuloksiin. Luvanhaltijan ohjelman tuloksia käsitellään tässä raportissa soveltuvin osin.

# 4 Säteilyturvakeskuksen ympäristövalvontaohjelma

STUKin ympäristön säteilyvalvontaohjelman suunnittelussa huomioidaan laitospaikkojen ja niiden ympäristöjen olosuhteet sekä laitosten toiminta ja käyttö. Näin ympäristön säteilyvalvontaa tehdään oikein suunnattuna ja mitoitettuna. Ympäristön säteilyvalvonta kohdistetaan laitospaikan ympäristöön ja ympäristön asukkaisiin.

Mittauksia tehdään maa- ja meriympäristön näytteille, joiden lisäksi kerätään ilmanäytteitä laitosten vuosihuoltojen yhteydessä. Näytteenotossa korostuu ensisijaisesti ravintoketjuihin liittyvät näytelajit kuten maito, maataloustuotteet, talousvedet, kalat, riista ja muut elintarvikkeet. Lisäksi säteilyvalvontaohjelmaan sisältyy vesi- ja maaympäristön indikaattorieliöitä ja -materiaaleja, joita ovat esimerkiksi maa- ja meriympäristön luonnonvaraiset kasvit sekä sedimentoituva aines.

Molempien ydinvoimalaitosten ympäristöstä kerätään samoja tai samankaltaisia näytelajeja paikalliset olosuhteet huomioiden. Näytteenottokohteet sekä -lajit on valittu siten, että ne kuvastavat mahdollisimman hyvin laitosten lähiympäristön tilaa. Näytteitä otetaan edustavasti usean kilometrin etäisyydelle laitoksesta asti siten, että huomioidaan mahdolliset radionuklidien päästöreitit, päästöjen leviäminen ympäristöön sekä väestön elintavat ja asutuksen sijainti ympäristössä. Näytteiden radionuklidipitoisuuksia verrataan muualta Suomesta kerättyjen näytteiden radionuklidipitoisuuksiin sekä aiempien vuosien havaintoihin.

## 4.1 Tarkkailukohteet

Näytelajit on jaettu kolmeen pääryhmään: ilma, maa- ja meriympäristön näytteet. Näiden lisäksi tutkitaan radioaktiivisten aineiden kertymistä voimalaitoksen lähialueen asukkaisiin. Näytteenottomenetelmät on kuvattu tarkemmin kappaleessa 5.1.

### 4.1.1 Ulkoilma ja laskeuma

Ulkoilmanäytteiden ottaminen kuuluu pääasiallisesti luvanhaltijan valvontaohjelmaan. STUK ottaa luvanhaltijan mittauksia täydentävän ulkoilmanäytteen laitosten vuosihuoltojen yhteydessä laitospaikoilta. Lisäksi luvanhaltijoiden keräämistä laskeumanäytteiden yhdistetystä vuosinäytteestä määritetään Sr-90 pitoisuus.

### 4.1.2 Maaympäristö

Maaympäristön näytteisiin käsitetään kuuluvaksi maaperä, poronjäkäle, karhunsammal, neulas, saniaiset, sienet, maitonäytteet, laidunruoho, viljat, juurekset, talousvesi, pohjavesi sekä liete.

Maaperän radioaktiivisuuden valvonta toteutetaan kahden vuoden välein suoritettavana kartoituksena. Näytteet kerätään maaperän pintakerroksesta. Radionuklidit voivat kulkeutua voimalaitosten ilmapäästöjen kautta pintamaahan. Pintamaan radionuklidit voivat lisätä ihmisten altistusta radioaktiivisuudelle suoraan kasvattamalla ulkoista säteilyannosta tai välillisesti ravinnon kautta. Luonnonkasveina analysoidaan hyviksi radioaktiivisten aineiden rikastajiksi



todettuja lajeja, kuten sammalta, poronjäkälää, saniaisia ja neulasia. Vuosittain kerätään myös sieninäytteitä paikallisen sadon mukaan.

Maataloustuotteita ja talousvettä tutkimalla voidaan arvioida ihmisten sisäistä altistusta radioaktiivisille aineille ravinnon kautta. Maitonäytteet kerätään meijereistä, joihin tulee maitoa voimalaitoksen lähialueen maitotiloilta. Laidunruohonäytteet kerätään kasvukaudella voimalaitoksen lähietäisyydeltä. Puutarha- ja maataloustuotteina analysoidaan eri viljalajeja sekä juureksia.

Talousvesinäytteet otetaan voimalaitosten ja lähikaupunkien vesilaitoksen raakavedestä tai vesijohtovedestä. Pohjavesinäyte otetaan ydinvoimalaitoksia lähellä olevista pohjavedenottamoista. Lietenäytteet kerätään ennen vuosihuollon alkamista ja kerran sen aikana lähikaupunkien vedenpuhdistuslaitoksilta.

### 4.1.3 Meriympäristö

Meriympäristön näytteiden valvonnan avulla seurataan voimalaitosten päästöjen leviämistä meriympäristössä ja kerääntymistä meriympäristön kasveihin ja eläimiin. Meriympäristöstä näytteiksi kerätään merivettä, kalanpoikasia, perifytonia, rakkolevää, uposlehtisiä vesikasveja, pohjaeläimiä, kaloja, pohjasedimenttiä sekä sedimentoituvaa ainesta.

Merivesinäytteitä (pintavesi) kerätään useasta näytteenottopisteestä kunkin voimalaitoksen ympäristössä. Yhdestä, yleensä ydinlaitosta lähinnä olevasta pisteestä otetaan näyte useammin ja muista pisteistä harvemmin.

Vesikasveina analysoidaan rakkolevää ja uposlehtisiä kasveja. Nämä kasvit keräävät radionuklideja vedestä ja toimivat siten hyvinä päästöjen indikaattoreina. Rakkolevänäytteitä otetaan useasta pisteestä useamman kerran vuodessa. Uposlehtisistä kasveista kerätään tähkä-ärviää ja hapsivitaa. Kasveja kerätään sekä jäähditysvesien purkualueilla että kauempana voimalaitoksesta. Levänäytteinä kerätään myös perifytonia. Perifytonilla tarkoitetaan vedessä olevalle kiinteälle alustalle kiinnittynyttä eliöstöä, pääasiassa leviä. Keräys on jatkuvaa koko kasvukauden ajan.

Pohjaeläin-näytelajina kerätään sinisimpukkaa tai kilkkiä kulloisen saatavuuden mukaan. Näytteet kerätään yhdestä näytteenottopisteestä kerran vuodessa. Kalanäytteinä kerätään vähintään neljää eri lajia esim. silakkaa, haukea, ahventa, särkeä tai lahnaa. Muiden kuin silakan osalta on kaksi näytteenottoaluetta, silakan osalta yksi isompi alue. Analyysiin soveltuva silakkanäyte voidaan tarvittaessa hankkia lähiseudun kalaliikkeestä, mikäli normaali näytteenottokalastus ei anna saalista. Lisäksi otetaan vertailunäytteenä hauki, jonka kalastusalue ei ole voimalaitosten välittömässä läheisyydessä. Kalastus tehdään kerran vuodessa.

Sedimentoituvalla aineksella tarkoitetaan vedessä pohjaa kohti vajoavia hiukkasia, jotka koostuvat pääosin ulappa-alueella ja rantavyöhykkeellä tuotetusta orgaanisesta kiintoaineksesta, valuma- ja jokivesien tuomasta orgaanisesta ja epäorgaanisesta kiintoaineksesta sekä pohjasedimenteistä ajoittain veteen liettyvästä kiintoaineksesta. Sedimentoituvaa ainesta kerätään useasta näytteenottopisteestä, joissa tehdään jatkuva ympärivuotinen keräys. Pohjasedimenttinäytteet kerätään vuosittain usealta näytepisteeltä.

#### 4.1.4 Ympäristön asukkaat

Ydinvoimalaitoksen ympäristön asukkaille järjestetään kerran vuodessa mahdollisuus osallistua mittaukseen, jossa selvitetään ihmiskehoon kertyneiden radioaktiivisten aineiden määrä. Mitattavaksi pyritään saamaan molempien voimalaitosten lähistöltä vuosittain vähintään 20 asukasta postitse lähetettävällä kutsukirjeellä. Kutsu lähetetään ensisijaisesti henkilöille, joilla on mittauksen järjestämisvuotena asuinosoite 5 km säteellä ydinvoimalaitoksesta. Lisäksi kutsuttavien joukkoa täydennetään otannalla henkilöistä, joiden asuinosoite sijaitsee 5-7 km säteellä ydinvoimalaitoksesta. Nimi- ja osoitetiedot perustuvat Väestörekisterikeskuksen osoiterekisteriotteeseen. Mitattaviksi kutsutaan täysi-ikäisiä henkilöitä. Mittaukseen osallistuminen on vapaaehtoista ja mittauks tulokset käytetään sellaisessa muodossa, että tuloksia ei voi yhdistää yksittäisiin henkilöihin tai asuinosoitteisiin.

## 5 Valvontamenetelmät

STUKin Ympäristön säteilyvalvonta (VALO)-osasto on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T167. STUKin näytteenotto- ja analyysimenetelmät (lukuun ottamatta C-14 analyysiä) ovat FINASin päteväksi toteamia ja perustuvat ISO 17025:2017 laboratoriestandardiin. Menetelmäkuvaukset ja ohjeet on dokumentoitu STUKin sisäisissä käsikirjoissa, jotka kuuluvat akkreditoinnin piiriin. Valvontaohjelman C-14 analyysit teetetään Helsingin yliopiston Ajoituslaboratoriossa. Näytteenottomenetelmät, näytteiden esikäsittely ja analyysimenetelmät ovat kuvattu lyhyesti kappaleissa 5.1 ja 5.2.

### 5.1 Näytteenottomenetelmät

Valvontaohjelman mukaiset ympäristönäytteiden näytteenotot tekee pääsääntöisesti STUKin näytteenottaja. Jotkin valvontaohjelmaan kuuluvat näytteet saadaan suoraan paikallisilta viljelijöiltä, kasvattajilta tai muista toimijoilta. Näytteenottoaikataulu on esitetty liitteessä 3.

#### 5.1.1 Ulkoilma ja laskeuma

STUK kerää ulkoilman hiukkasnäytteitä laitosten vuosihuoltojen aikana. Jatkuva ulkoilman hiukkasnäytteiden kerääminen sisältyy luvanhaltijoiden suorittamaan valvontaohjelmaan. Ilmankerääjät pumppaavat ilmaa lasikuitusuodattimen ja aktiivihiilipatruunan läpi. Lasikuitusuodattimeen tarttuvat aerosolit, jotka ovat ilmassa leijuvia kiinteitä tai nestemäisiä hiukkasia. Tyypillisesti aerosolihiuksat ovat mikrometri-kokoluokkaa. Aktiivihiilipatruuna kerää kaasumaisia aineita, kuten radioaktiivista jodia. Ilmankerääjän virtausmittarit mittaavat lasikuitusuodattimen ja hiilipatruunan läpi menneet ilmamäärät. Suodattimeen ja hiilipatruunaan kertynyt radioaktiivisuus lasketaan suodattimen läpi pumpattuun ilmamäärään suhteutettuna yksikössä Bq/m<sup>3</sup>.

Laskeumanäytteiden keräys ja valvonta kuuluvat luvanhaltijoiden valvontaohjelmaan. Luvanhaltijoiden ohjelmassa määritetään laskeumanäytteistä gamma-aktiiviset radionuklidit.

STUK tutkii koko vuoden yhdistetyistä laskeumanäytteistä Sr-90:n aktiivisuuspitoisuuden osana STUKin valvontaohjelmaa.

### 5.1.2 Maaympäristö

Maaperänäytteitä otetaan 3-5 paikasta molempien voimalaitosten lähiympäristöstä kahden vuoden välein. Näytteet otetaan 0-5 cm syvyydeltä, esimerkiksi golfreikäkairalla (kuva 1) ja yhteen näytteeseen otetaan 5 osanäytettä samalta syvyydeltä, jotka yhdistetään yhdeksi näytteeksi. Tarpeen mukaan voidaan ottaa näytteet myös radionuklidien syvyysjakauman tutkimiseksi. Näytteenottoalueeksi valitaan tasainen, aukea ja koskematon alue, jossa on mahdollisimman vähän kiviä ja juuria. Karhunsammal, saniainen, kuusenneulaset, ja poronjäkälä kerätään kerran vuodessa. Kuusen vuosikasvut kuivataan ja jauhetaan. Poronjäkälä poimitaan alueelta, jossa on mahdollisimman vähän muita lajeja tai kariketta. Voimalaitosten lähialueiden lisäksi jokaisesta lajista kerätään vertailunäytteet muualta Suomesta.

Läheisiltä meijereiltä kerätään maitonäytteet STUKin toimittamiin ja merkitsemiin astioihin, joissa on valmiina säilöntäainetta. Maito on peräisin voimalaitosten lähialueen maitotiloilta kauimpien tilojen etäisyyden voimalaitokseen ollessa noin 40 km. Näytteenotossa noudatetaan yleisiä maidon elintarvikenäytteenoton menettelytapoja. Laidunruohonäytteet kerätään kerran kasvukauden aikana. Laitumet on valittu niin, että niillä laiduntavien lehmien maito menee samoihin meijereihin kuin mistä valvontaohjelman maitonäytteet kerätään.

Viljanäytteet toimittavat paikalliset viljavarastot noin 20 km etäisyydelle ulottuvalta alueelta voimalaitosten ympäristössä sijaitsevilta viljailoilta. Näytteet otetaan kahdesta viljalajista kerran vuodessa viljanpuinnin jälkeen. Yksi juuresnäyte (peruna, porkkana, lanttu) kerätään kerran kesäkauden aikana voimalaitosten lähialueelta. Voimalaitosten lähiympäristöstä kerätään myös vuosittain neljä eri sienilajia paikallisen sadon mukaan.

Talousvesinäytteet kerätään Loviisan ja Rauman kaupunkien talousvedestä kaksi kertaa vuodessa, keväisin ja syksyisin. Lisäksi määritetään luvanhaltijoiden toimittamasta laitoksen talousvedestä Sr-90. Pohjavesinäyte kerätään voimalaitosten lähistön pohjavedenottamolta tai suoraan pohjavesiputkesta. Lietenäytteet kerätään kaksi kertaa vuodessa voimalan lähimmältä jätevedenpuhdistamolta. Vuonna 2019 lietenäytteet otettiin vain Loviisan voimalaitoksen lähistön jätevedenpuhdistamolta. Olkiluodon voimalaitoksen lähistöltä lietenäytteiden keräys sisällytetään valvontaohjelmaan vuodesta 2020 alkaen.

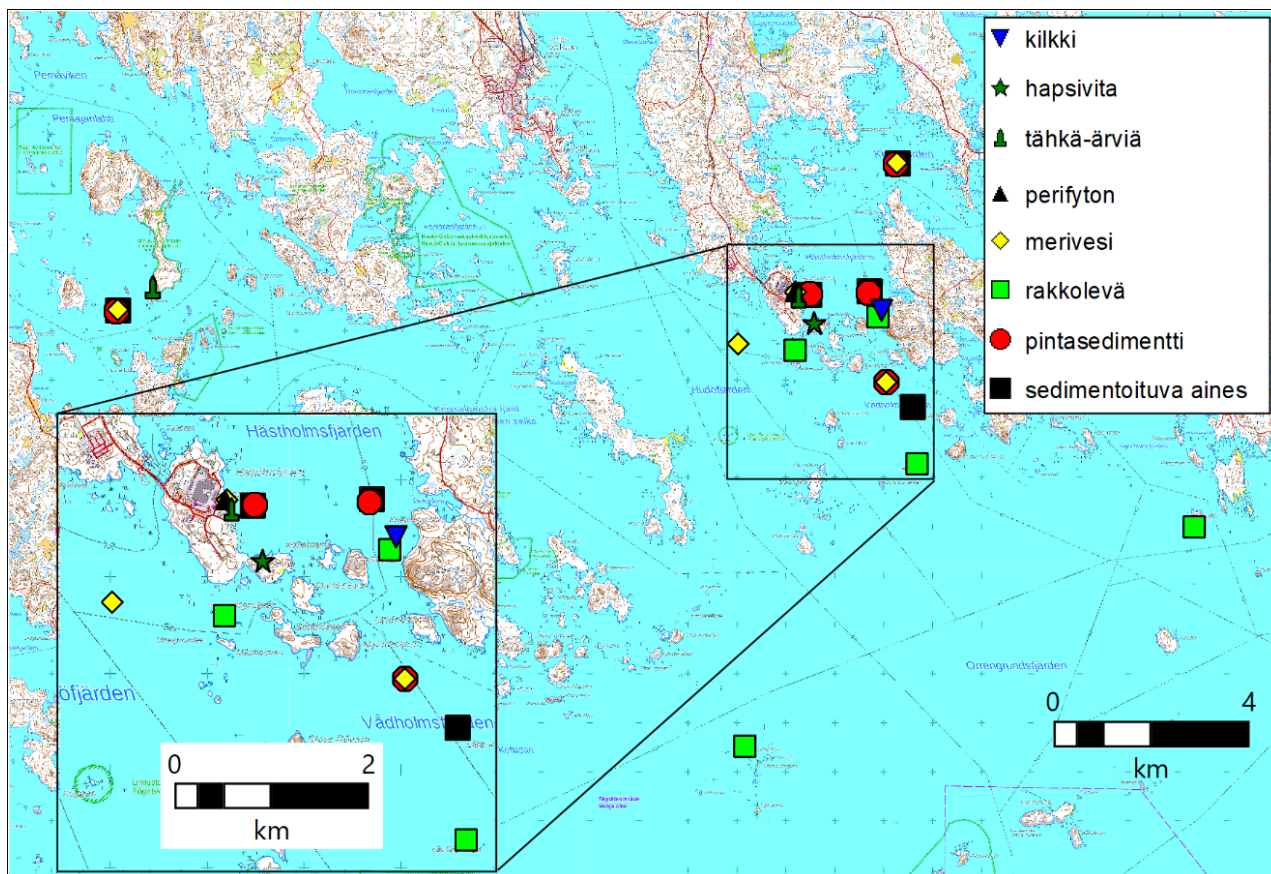


**Kuva 1.** Golffreikäkairalla otetun maaperänäytteen viipalointi. Kuva: STUK.

### **5.1.3 Meriympäristö**

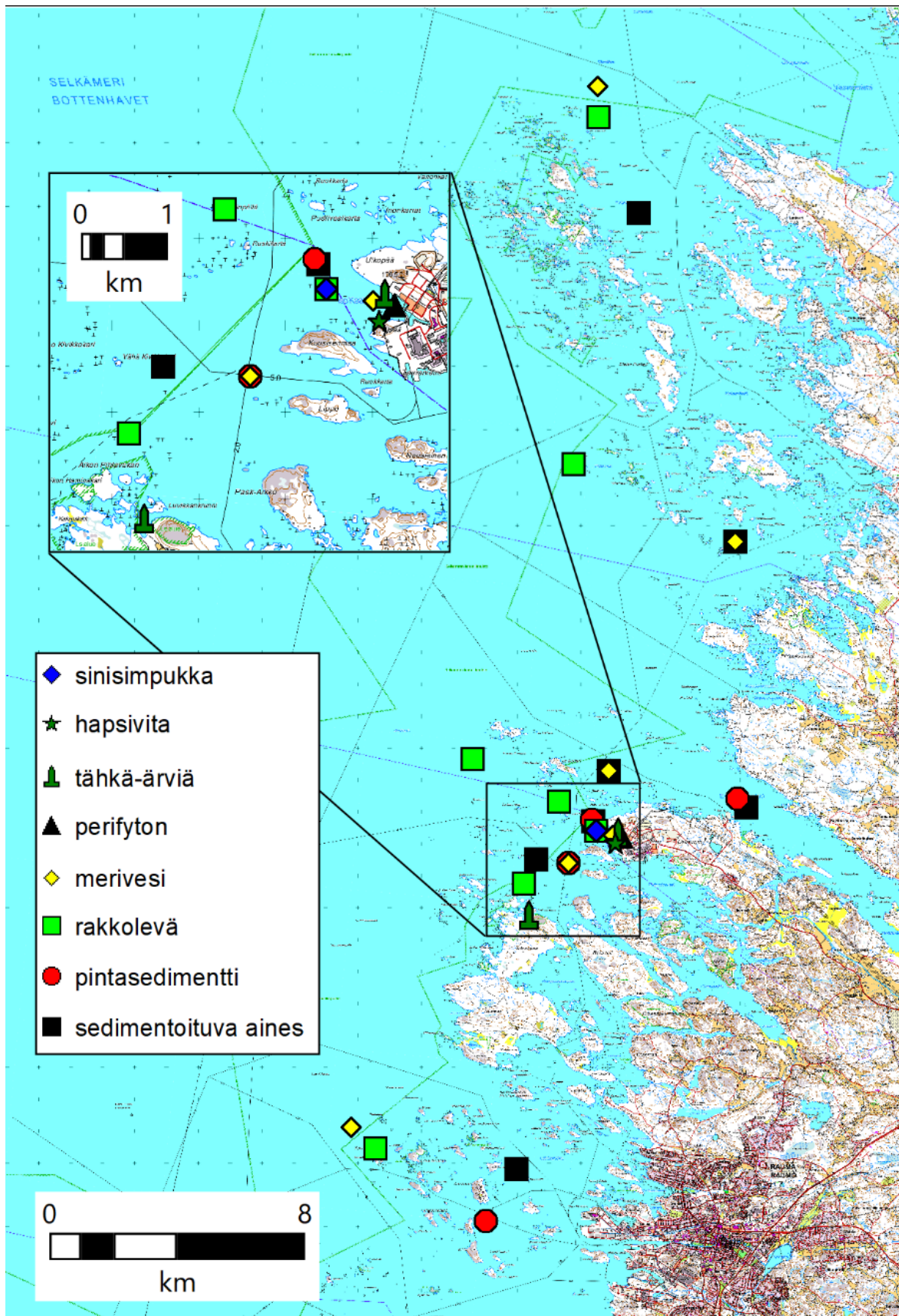
Meriympäristön näytteenottopisteet on esitetty kuvissa 2 ja 3. Merivesinäytteet otetaan pintavedestä useasta eri pisteestä. Kalanäytteiden kalastus tehdään kerran vuodessa touko-lokakuussa ja näytelajeja on vähintään neljä joka vuosi. Kalanäytteet voidaan ottaa millä tahansa kalastukseen yleisesti käytettävällä tavalla. Loviisasta tutkitaan myös läheiseltä kalankasvattamolta saatu kalanpoikasnäyte. Olkiluodon lähellä ei ole kalankasvatustoimintaa.

Sedimentoituva aines kerätään useasta eri pisteestä sylinterin muotoisiin keräysputkiin, jotka ankkuroidaan halutulle syvyydelle (kuva 4).



**Kuva 2.** Loviisan meriympäristön näytteenottoaikat. Kartta sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 04/2016 aineistoa.





**Kuva 3.** Olkiluodon meriympäristön näytteenottopaikat. Kartta sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 04/2016 aineistoa.



**Kuva 4.** Sedimentoituvan aineksen keräin (vasemmalla) ja kilkkimerta (oikealla). Kuvat: STUK.

Pohjasedimenttinäytteet kerätään vuosittain 5-6 pisteeltä ja näytteeksi otetaan pintakerros 0-5 cm. Pohjasedimenttinäyte otetaan siihen tarkoitettulla sylinterin muotoisella teräsrakenteisella sedimenttinoutimella, joka oman painonsa tai lisäpainojen avulla painuu sedimenttiin ja sulkumekanismi lukitsee sedimenttipupun noutimen sisään.

Perifytonia kerätään koko kasvukauden ajan (touko-marraskuu), 50 x 50 cm polykarbonaattilevyille. Perifytonin kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi virtausnopeus, valoisuus ja veden laatu. Vesikasveista kerätään rakkolevää, hapsivitaa ja tähkä-ärviää (kuva 5 ja kuva 6). Pohjaeläimistä näytelajeina ovat sinisimpukka ja kilkki (kuva 6).



**Kuva 5.** Rakkolevänäytteenottoa laitesukelluksen avulla. Taustalla Olkiluodon voimalaitos. Kuva: STUK.





**Kuva 6.** Rakkolevä (vasemmalla) ja kilkki (oikealla). Kuvat: STUK.

#### 5.1.4 Ympäristön asukkaat

Ydinvoimalaitoksen ympäristön asukkaiden kehon sisältämät gammasäteilevät radionuklidit määritetään suoralla gammaspektrometrisellä mittauksella kehon ulkopuolelta. Tämä niin kutsuttu kokokehomittaus tapahtuu erityisellä mittauslaitteistolla, joka on rakennettu kuormautoon. Mittaus kestää noin 15 minuuttia, ja sen aikana mitattava istuu tuolissa taustasäteilysuojan sisällä. Mittauksen aikana mitattavan kehoon ei kohdistu säteilyä, eikä mitattavasta oteta näytteitä. Mittausten avulla saataisiin selville, mikäli lähialueen asukkaisiin olisi kertynyt voimalaitosperäisiä radionuklideja poikkeavia määriä. Henkilö saa oman mittaustuloksensa tietoonsa heti mittauksen jälkeen.

## 5.2 Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet toimitetaan STUKin laboratorioon Helsinkiin analysoitavaksi. Laboratoriossa kukin näyte esikäsitellään STUKin akkreditoitun ohjeistuksen mukaisesti. Näytteet puhdistetaan tarvittaessa niin, että ne sisältävät vain tarkoitettua lajia. Pilaantuneet, kontaminoituneet tai muuten laatuksiteerejä täyttämättömät näytteet hylätään esikäsitelyvaiheessa.

Elintarvikenäytteet käsitellään siten, että mittaukset tehdään syötävistä osista (paloittelu, perkaus, fileointi, tms.). Maitonäytteisiin lisätään säilöntäainetta pilaantumisen estämiseksi. Maitonäytteet haihdutetaan lämpölamppujen alla ja poltetaan uunissa tuhkaksi. Maidon jodipitoisuus ( $I-131$ ) määritetään erillisestä näytteestä ioninvaihdon avulla. Kuivattavat näytteet (jäkälä, sammal, neulaset, saniaiset, sienet, laidunruoho, viljat, juurekset, liete, kalat, pohjaeläimet, rakkolevä, perifyton, vesikasvit) kuivataan lämpökaapissa, jonka jälkeen ne homogenisoidaan jauhamalla. Kalanpoikaset mitataan tuoreena ja kokonaisina. Sedimenttinäytteet ja sedimentoituva-aines kuivataan kylmäkuivurissa ja homogenisoidaan jauhamalla. Maaperänäytteet kuivataan lämpökaapissa ja seulotaan 2 mm seulalla. Merivesinäytteet haihdutetaan pienempään tilavuuteen lämpölamppujen avulla. Strontiumin radiokemiallisia analyyseja varten näytteet tuhkataan gammaspektrometrisen mittauksen jälkeen. Tritiumin määrittystä varten vesinäytteet tislataan. Elintarvikkeiden- ja ympäristönäytteiden tulokset ilmoitetaan näytteen tilavuutta tai kuivapainoa (kp.) kohden lukuun ottamatta sienien, juuresten ja kalojen tuloksia, jotka ilmoitetaan tuorepainoa (tp.) kohden. Kuivattujen näytteiden



aktiivisuuspitoisuudet painoyksikköä kohden ovat huomattavasti suurempia kuin tuoreiden näytteiden.

Kaikista näytteistä tunnistetaan gammasäteilyä lähettävät radionuklidit, joita ovat esimerkiksi Co-60, I-131, Cs-134 ja Cs-137. Gammasäteilijät määritetään gammaspektrometrillä mittauksilla STUKin laboratorioissa Helsingissä. Gammasäteilevät radionuklidit tunnistetaan kullekin isotoopille tyypillisten gammasäteilyn energioiden avulla.

Radiokemiallisten analyysien avulla analysoidaan näytteiden alfa- ja beeta-aktiiviset aineet (H-3, Sr-89, Sr-90 sekä Pu-238, Pu-239 ja Pu-240). Radiokemiallisessa analyysissä tehdään ensin tutkittavan alkuaineen kemiallinen erotus näytteestä. Strontium määrityksissä näytteisiin lisätään ensin stabiilia Sr- ja Cs-kantajaa. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä ja Sr-90 mitataan näytteestä nestetuikespektrometrillä tai, jos määritetään sekä Sr-89 että Sr-90, niin näytteet mitataan verrannollisuuslaskurilla. Strontium saalismääritys tehdään käyttäen induktiivisesti kytkettyä plasma-massaspektrometria (ICP-MS). H-3 voidaan määrittää suoraan tislatus vesinäytteestä nestetuikespektrometrillä. Plutoniumin analyysistä varten näytteisiin lisätään Pu-242 merkkiaine ja näytteet saatetaan liuosmuotoon märkäpoltolla. Plutonium erotetaan muista alfa-aktiivisista radionuklideista ioninvaihdon avulla ja mittausunäyte valmistetaan saostamalla ja mitataan alfaspektrometrialla. Alfaspektrometrin erotuskyky ei riitä erottamaan plutoniumin isotooppeja Pu-239 ja Pu-240 toisistaan, minkä takia tuloksissa ilmoitetaan niiden yhteenlaskettu aktiivisuuspitoisuus näytteissä. C-14 määritetään kuivatuista näytteistä Helsingin yliopiston Ajoituslaboratoriossa. Radiokemialliset menetelmät ovat työläitä ja aikaa vieviä verrattuna pelkästään gammasäteilyä lähettävien nuklidien määrittämiseen ja tästä syystä alfa- ja beeta-aktiivisia radionuklideja ei ole mahdollista määrittää jokaisesta näytteestä rutiininomaisesti. Radiokemialliset analyysit on valittu tehtäväksi näytelajeista, joissa niiden merkitys ihmisen säteilyaltistukselle on merkittävässä roolissa (esimerkiksi Sr-90 maidossa ja H-3 talousvedessä) tai joissa niitä mahdollisesti esiintyy (esimerkiksi H-3 merivedessä ja Pu-239 tai Pu-240 meriympäristön sedimenteissä). Mikäli valvontaohjelman tulokset viittaisivat joidenkin alfa- tai beeta-aktiivisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksien kohoamiseen näytteissä, on radiokemiallisten analyysien laajuutta ja taajuutta mahdollista lisätä. Eri näytelajeista tehtävät analyysit on esitetty taulukossa 1

Näytteiden mittausajat vaihtelevat näytteen mukaan ja saattavat yksittäisissä tapauksissa olla normaalia pidempiä esimerkiksi jätettäessä näyte viikonlopun ajaksi mittaukseen. Pidempi mittausaika saattaa olla syynä joidenkin yksittäisten näytteiden kohdalla raportoitavaan keskimääräistä alhaisempaan havaitsemisrajaan. Yksittäisistä näytteistä saatetaan myös tällöin havaita normaalia pienempiä määriä radioaktiivisia aineita. Tulostaulukoissa merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle havaitsemisrajan. Sr-89 aktiivisuuspitoisuus jäi kaikkien niiden näytteiden osalta, mistä se määritettiin, alle määritysrajan. Sr-89 määritysrajat ovat erikseen koottu eri näytetyypeille liitteeseen 3. Radionuklidien lasketut aktiivisuuspitoisuudet vastaavat keräysjakson keskiarvoa, eivätkä aktiivisuuspitoisuudet täten kuvaa lyhytaikaisten päästöjen aikaisia, hetkellisesti suurempia aktiivisuuspitoisuuksia tarkasti. Keskiarvona saatu tulos ei myöskään vastaa todellista aktiivisuuspitoisuutta, jos havaitun radioisotoopin puoliintumisaika on lyhyt keräysjaksoon suhteutettuna, tai mikäli päästö on sattunut keräysjakson alussa tai lopussa. Tulosten epävarmuus on ilmoitettu  $2\sigma$  tarkkuudella (95 % luottamusväli).

**Taulukko 1.** STUKin ympäristövalvonnan tarkkailukohteet ja tutkitut radionuklidit.

Tarkkailukohte	Gamma	Sr-90	Sr-89	C-14	H-3	Pu-238, Pu-239, Pu-240
Ulkoilma	x					
Laskeuma (vuosinäyte)		x				
Maaperä	x	x				
Poronjäkälä	x					
Karhunsammal	x					
Neulaset	x			x		
Saniaiset	x					
Sienet	x					
Maito	x	x				
Laidunruoho	x			x		
Viljat	x	x	x			
Juures	x					
Talousvesi	x	x			x	
Pohjavesi	x					
Liete	x					
Merivesi	x	x	x		x	
Kalanpoikaset	x					
Perifyton	x					
Rakkolevä	x	x	x			x
Vesikasvit	x					
Pohjaeläimet	x	x	x			
Kalat	x	x				
Pintasedimentti	x	x				x
Sedimentoitua aines	x					x
Ympäristön asukkaat	x					

# 6 Ympäristövalvonnan tulokset

Olkiluodon voimalaitoksen maa- ja meriympäristöstä kerättiin ja analysoitiin yhteensä 445 näytettä vuoden 2019 aikana. Näytteistä 147 olivat STUKin valvontanäytteitä ja loput olivat osa luvanhaltijan omaa valvontaohjelmaa. Loviisan voimalaitoksen maa- ja meriympäristöstä tutkittiin yhteensä 421 näytettä vuoden 2019 aikana. Näistä 128 oli STUKin viranomaisvalvontanäytteitä. Näiden lisäksi mitattiin myös kummankin voimalaitoksen lähiympäristön asukkaiden radioaktiivisuutta.

Vuoden 2019 näytteiden yksityiskohtaiset analyysitulokset esitetään taulukoissa 2 – 18 sekä liitteessä 5. Kaikki radionuklidit, joita esiintyy tulostaulukoissa eivät ole peräisin Olkiluodon tai Loviisan voimalaitoksista. Ympäristönäytteissä ja ihmisessä esiintyy aina radioaktiivista kaliumisotooppia K-40, joka yleensä muodostaa suurimman osan näytteiden luontaisesta radioaktiivisuudesta. Maaympäristön näytteissä esiintyy myös Be-7:ää, jota syntyy yläilmakehässä kosmisen säteilyn vaikutuksesta. Lähes kaikissa näytteissä esiintyy vähintään pieniä määriä radionuklidia Cs-137:ää, joka on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekoikeista ja Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudesta. Tämä vanha Cs-137 muodostaa K-40 ohella osan ympäristönäytteissä havaittavasta taustapitoisuudesta. Tyypillinen Cs-137 taustapitoisuus ulkoilmassa on Suomessa luokkaa 1-4  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  ja Cs-137 laskeuma Helsingin alueella on tyypillisesti alle 0,5  $\text{Bq}/\text{m}^2$  kuukaudessa (Mattila ja Inkinen, 2019). Pohjanlahden ja Suomenlahden meriveden Cs-137 pitoisuus on yleisesti noin 20-30  $\text{Bq}/\text{m}^3$  (HELCOM, 2018). Cs-137 taustapitoisuus maa- ja meriympäristössä voi vaihdella voimakkaasti maantieteellisen sijainnin perusteella, kuten esimerkiksi Itämeren sedimenttien Cs-137 aktiivisuuspitoisuuksissa on havaittu (HELCOM, 2018). Mikäli valvontanäytteissä esiintyisi voimalaitoksesta peräisin olevaa Cs-137 voitaisiin tämä havaita kohonneina pitoisuuksina verrattuna alueelliseen taustapitoisuuteen sekä edellisten vuosien havaintoihin ja toisen, lyhytikäisemmän radionuklidin Cs-134:n ilmaantumisenä ympäristönäytteisiin.

## 6.1 Ulkoilma ja laskeuma

Ulkoilman radioaktiivisten aineiden jatkuva valvonta on luvanhaltijan vastuulla. STUK suorittaa luvanhaltijan mittauksia täydentävän ilmanäytteen keräyksen laitosten vuosihuoltojen yhteydessä laitospaikoilta (taulukko 2).

**Taulukko 2.** Luvanhaltijoiden valvontaa täydentävä ilmanäyte. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määritysrajan, joka oli Co-60:lle 1,1  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  ja I-131:lle 1,3 – 1,4  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ .

Keräyspaikka	Keräysjakso	Co-60 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	I-131 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Cs-137 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
Olkiluoto	20. - 24.5.2019	<MDC	<MDC	2,1 $\pm$ 30%
Loviisa	16. - 19.9.2019	<MDC	<MDC	1,8 $\pm$ 34%

Epävarmuus  $2\sigma$  tarkkuudella

Luvanhaltijan omista ilmamittauksissa havaittiin Loviisassa voimalaitosperäisiä radionuklideja toisella vuosineljänneksellä kolmessa ilmanäytteessä (Mn-54 ja Co-60) ja kolmannella vuosineljänneksellä yhdessä ilmanäytteessä (Co-60). Olkiluodossa havaittiin vuosihuollon aikana muutamissa ilmanäytteissä pieni määrä I-131:tä (0,7-1,7  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Yhdessä heinäkuun näytteessä havaittiin myös pieni määrä keinotekoista radionuklidia Sc-46, mutta on epätodennäköistä, että se olisi peräisin Olkiluodon voimalaitokselta. Samaa nuklidia havaittiin samoihin aikoihin myös valtakunnallisen ympäristövalvonnan ilmanäytteissä Helsingin ja Imatran keräysasemilla. Päästölähdettä ei pystytty varmistamaan.

Laskeumanäytteiden keräys ja valvonta kuuluu myös luvanhaltijoiden oman valvontaohjelman piiriin. Luvanhaltijan ohjelmassa määritetään laskeumanäytteistä gamma-aktiiviset radionuklidit, ja Sr-90 määritetään näistä laskeumanäytteistä yhdistetystä vuosinäytteestä osana STUKin valvontaohjelmaa. Loviisassa laskeumanäytteiden koko vuoden yhteenlaskettu Cs-137 aktiivisuuskate vaihteli välillä 0,9 – 3,6  $\text{Bq}/\text{m}^2$ . Olkiluodossa vastaava vaihteluväli oli 0,7 – 1,8  $\text{Bq}/\text{m}^2$ . Muita havaittuja voimalaitosperäisiä nuklideja oli Loviisassa Co-60 ja Olkiluodossa Mn-54, Co-58 ja Co-60. Koko vuoden yhdistettyjen laskeumanäytteiden Sr-90 tulokset vaihtelivat välillä 0,035 – 0,071  $\text{Bq}/\text{m}^2$  (taulukko 3), mikä on samalla tasolla tai alhaisempi kuin STUKin tekemässä valtakunnallisessa ympäristön säteilyvalvonnassa havaitut Sr-90 pitoisuudet laskeumanäytteille eri paikkakunnilla Suomessa (Mattila ja Inkinen, 2019).

**Taulukko 3.** Laskeuman yhdistetyn vuosinäytteen Sr-90 tulokset.

Keräyspaikka	Keräysjakso	Sr-90 $\text{Bq}/\text{m}^2$
Loviisa 1	31.12.2018 – 31.12.2019*	0,051 $\pm$ 12%
Loviisa 2	31.12.2018 – 31.12.2019*	0,035 $\pm$ 16%
Olkiluoto	27.12.2018 – 27.12.2019*	0,071 $\pm$ 12%

Epävarmuus  $2\sigma$  tarkkuudella, \*yhdistetty vuosinäyte

## 6.2 Maaympäristö

Maaympäristön näytteissä ei havaittu voimalaitosperäisiä nuklideja (taulukko 4). Olkiluodosta ei kerätty sammalnäytettä vuonna 2019 eikä Loviisasta kerätty saniaisnäytettä. Maaympäristön näytteiden Cs-137 pitoisuudet vaihtelivat eri näytteiden välillä. Ympäristönäytteissä on edelleen havaittavissa Cs-137:ia, joka on peräisin Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta. Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten lähistöltä kerättyjen sieninäytteiden (suppilovahvero, karvarousku, haaparousku ja kangarousku) Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 31 – 1200  $\text{Bq}/\text{kg}$  tuorepainoa kohden (taulukko 5). Tšernobylin laskeuman jäljiltä sieninäytteissä voi esiintyä ajoittain kohonneita Cs-137 pitoisuuksia ja tiettyjen sienilajien (kuten rouskut) kohdalla voidaan havaita yleisesti 600  $\text{Bq}/\text{kg}$  ylityksiä myös vähäisen laskeuman alueilla (Kostiainen ja Ylipieti, 2010). EU:n suosittama raja-arvo markkinoille saatettaville luonnon elintarvikkeille on 600  $\text{Bq}/\text{kg}$  (EU-suositus 274/2003/EC).

Luvanhaltija keräsi Olkiluodon ympäristöstä jäkälä-, sammal-, männynneulas- ja saniaisnäytteet. Näissä näytteissä havaittiin vain luonnonnuklideja ja Cs-137:ää, jonka pitoisuus vaihteli välillä 2,2 – 130  $\text{Bq}/\text{kg}$ . Näytteiden aktiivisuuspitoisuudet vastaavat STUKin valvontaohjelman näytteistä

mitattuja aktiivisuuspitoisuuksia. Loviisan voimalaitoksen ympäristöstä luvanhaltija keräsi saniaisnäytteen, jossa ei havaittu voimalaitosperäisiä nuklideja. Sammal ja jäkälä keräävät tehokkaasti ympäristön radionuklideja ja näissä kasveissa havaitaan paikoitellen korkeitakin pitoisuuksia pääasiassa Tshernobylin ydinonnettomuudesta peräisin olevaa Cs-137:ää.

**Taulukko 4. Jäkälä-, sammal-, neulas- ja saniaisnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019.**

<b>Jäkälä</b>		<b>Be-7</b>	<b>Cs-137</b>	<b>C-14</b>
<b>Paikka</b>	<b>Keräyspäivä</b>	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>
Loviisa	8.8.2019	170 ± 10%	220 ± 10%	
Olkiluoto	30.7.2019	140 ± 12%	140 ± 11%	
Vertailunäyte (Kouvola)	10.11.2019	200 ± 8%	110 ± 8%	
<b>Sammal</b>		<b>Be-7</b>	<b>Cs-137</b>	
<b>Paikka</b>	<b>Keräyspäivä</b>	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>	
Loviisa	17.9.2019	430 ± 12%	1900 ± 10%	
Vertailunäyte (Heijala)	27.8.2018	380 ± 10%	180 ± 10%	
<b>Kuusenneulaset</b>		<b>Be-7</b>	<b>Cs-137</b>	
<b>Paikka</b>	<b>Keräyspäivä</b>	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>	
Loviisa	29.5.2019	11 ± 40%	500 ± 24%	124 ± 10%
Olkiluoto	5.6.2019	14 ± 12%	130 ± 10%	127 ± 10%
Vertailunäyte (Lahti)	12.6.2019	23 ± 14%	6 ± 16 %	122 ± 10%
<b>Saniaiset</b>		<b>Be-7</b>	<b>Cs-137</b>	
<b>Paikka</b>	<b>Keräyspäivä</b>	<b>Bq/kg</b>	<b>Bq/kg</b>	
Olkiluoto	31.7.2019	66 ± 12%	210 ± 10%	
Vertailunäyte (Lahti)	26.6.2019	57 ± 13%	50 ± 11%	

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

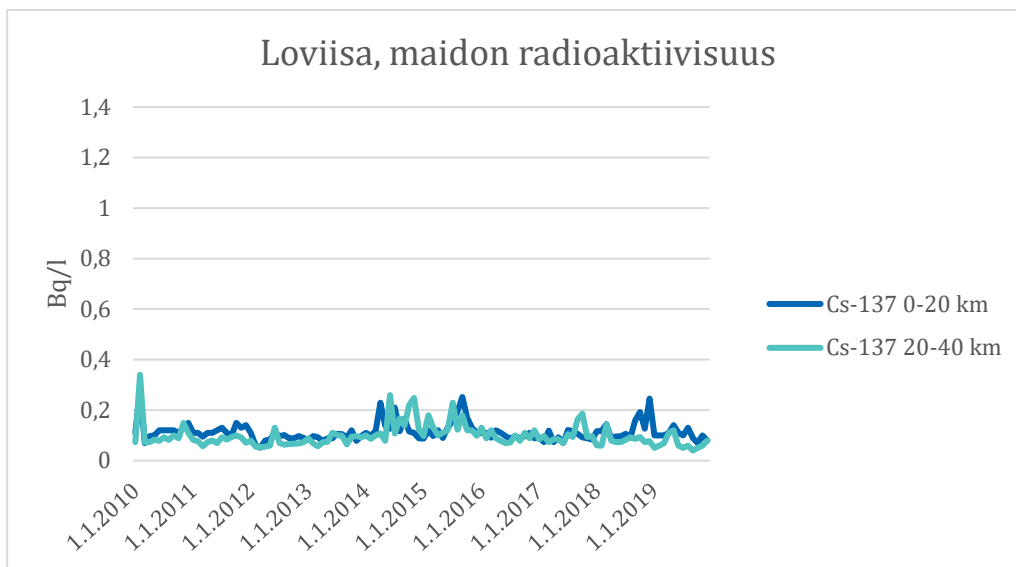
**Taulukko 5.** Sieninäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019.

<b>Sienet</b>			<b>Cs-137</b>
<b>Paikka</b>	<b>Keräyspäivä</b>	<b>Laji</b>	<b>Bq/kg tp.</b>
Loviisa	1.10.2019	Suppilovahvero	210 ± 10%
		Karvarousku	31 ± 10%
		Kangarousku	1200 ± 8%
		Kangarousku	620 ± 11%
Olkiluoto	24.9.2019	Haaparousku	200 ± 11%
		Kangarousku	170 ± 11%
	25.9.2019	Kangarousku	93 ± 11%
		Kangarousku	390 ± 11%

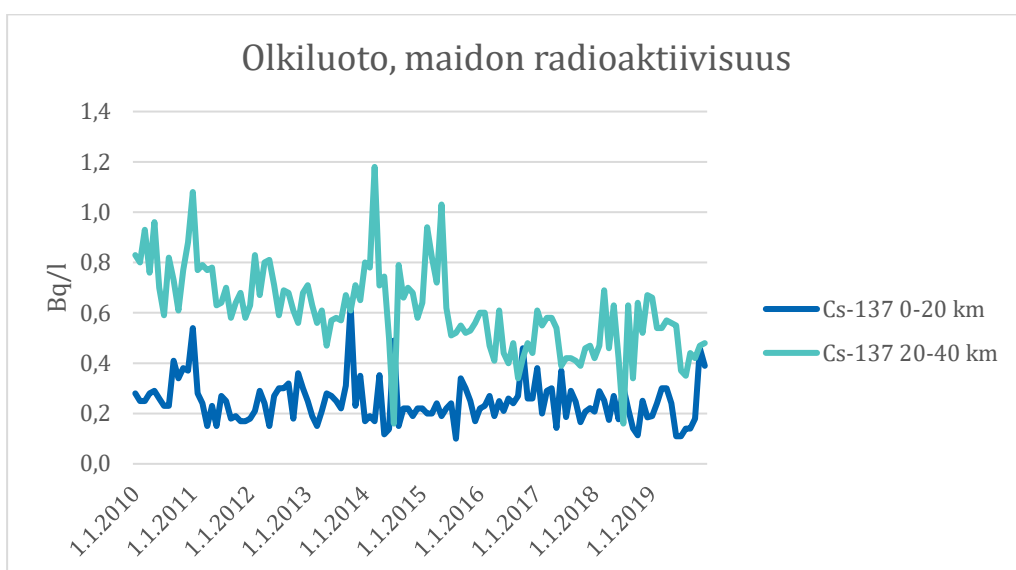
Epävarmuus 2σ tarkkuudella

Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvontaohjelman maitonäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 0,1 – 0,7 Bq/l (taulukko 6). Koko vuoden näytteistä (20 – 40 km etäisyydellä voimalaitoksista) yhdistetyn maitonäytteen Sr-90 aktiivisuuspitoisuus oli Loviisan näytteessä 0,02 Bq/l ja Olkiluodon näytteessä 0,03 Bq/l. Aktiivisuuspitoisuudet vastaavat hyvin kansalliseen ympäristövalvonnan maitonäytteiden aktiivisuuspitoisuuksia, jotka olivat vuonna 2018 Cs-137:lle välillä 0,13 – 1,2 Bq/l ja Sr-90:lle välillä 0,02 – 0,03 Bq/l (Mattila ja Inkinen, 2019). Kuvassa 7 ja 8 on esitetty ydinvoimalaitosten ympäristön valvontaohjelman maitonäytteiden aktiivisuuspitoisuuden Cs-137:lle vuosina 2010 – 2019. Joka toinen kuukausi tutkittiin 20 km etäisyydeltä voimalaitoksista sijaitsevilta maitotiloilta toimitetuista näytteistä myös I-131. Missään maitonäytteessä ei havaittu I-131:tä (määritysraja 0,008 – 0,03 Bq/l).

Valvontaohjelman maaympäristön maataloustuotteiden (vilja ja peruna) ja laidunruohon valvontamittauksissa ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja (taulukko 7). Näytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli alhainen. Viljoissa ei havaittu Sr-89:ää ja niiden Sr-90 aktiivisuuspitoisuus oli 0,07 – 0,4 Bq/kg. Luvanhaltijoiden valvontaohjelmissa Loviisan ympäristön omenanäytteessä ja Olkiluodon ympäristön salaattinäytteessä ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja.



**Kuva 7.** Loviisan voimalaitoksen lähistön (tilojen etäisyys voimalaitokselta 0-20 km tai 20-40 km) meijereiden toimittamien maitonäytteiden Cs-137 pitoisuus (Bq/l) vuosina 2010– 2019.



**Kuva 8.** Olkiluodon voimalaitoksen lähistön (tilojen etäisyys voimalaitokselta 0-20 km tai 20-40 km) meijereiden toimittamien maitonäytteiden Cs-137 pitoisuus (Bq/l) vuosina 2010– 2019.

**Taulukko 6.** Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten ympäristöjen meijereiden maitonäytteiden radioaktiivisuusvalvonnan tulokset vuonna 2019.

Keräyspaikka	Keräysjakso	0-20 km		20-40 km	
		K-40	Cs-137	K-40	Cs-137
		Bq/l	Bq/l	Bq/l	Bq/l
Olkiluoto	6.1. - 27.1.2019	48 ± 15%	0,19 ± 12%	49 ± 15%	0,66 ± 11%
	3.2. - 24.2. 2019	49 ± 16%	0,24 ± 15%	53 ± 15%	0,54 ± 15%
	3.3. - 31.3.2019	52 ± 16%	0,30 ± 15%	51 ± 12%	0,54 ± 14%
	7.4. - 28.4.2019	50 ± 15%	0,30 ± 11%	51 ± 12%	0,57 ± 14%
	5.5. - 26.5.2019	49 ± 15%	0,24 ± 10%	52 ± 16%	0,56 ± 15%
	2.6. - 30.6.2019	49 ± 16%	0,11 ± 17%	47 ± 15%	0,55 ± 11%
	7.7. - 28.7.2019	51 ± 16%	0,11 ± 17%	51 ± 16%	0,37 ± 15%
	4.8. - 25.8.2019	54 ± 19%	0,14 ± 13%	52 ± 19%	0,35 ± 11%
	1.9. - 29.9.2019	55 ± 19%	0,14 ± 12%	54 ± 15%	0,44 ± 15%
	6.10. - 27.10.19	51 ± 16%	0,18 ± 16%	48 ± 14%	0,42 ± 16%
	3.11. - 24.11.19	49 ± 16%	0,46 ± 12%	49 ± 12%	0,47 ± 12%
	1.12. - 29.12.19	52 ± 12%	0,39 ± 14%	4,8 ± 16%	0,48 ± 12%
Loviisa	6.1. - 27.1.2019	46 ± 15%	0,10 ± 17%	50 ± 15%	0,05 ± 19%
	3.2. - 24.2.2019	48 ± 16%	0,10 ± 16%	53 ± 16%	0,06 ± 19%
	3.3. - 31.3.2019	49 ± 17%	0,10 ± 14%	50 ± 15%	0,07 ± 16%
	7.4. - 28.4.2019	51 ± 16%	0,11 ± 17%	50 ± 17%	0,11 ± 14%
	5.5. - 26.5.2019	50 ± 16%	0,14 ± 15%	52 ± 15%	0,12 ± 13%
	2.6. - 30.6.2019	49 ± 16%	0,11 ± 17%	48 ± 15%	0,06 ± 22%
	7.7. - 28.7.2019	52 ± 19%	0,10 ± 11%	52 ± 15%	0,05 ± 22%
	4.8. - 25.8.2019	52 ± 19%	0,13 ± 13%	49 ± 16%	0,06 ± 20%
	1.9. - 29.9.2019	45 ± 26%	0,09 ± 15%	51 ± 16%	0,04 ± 22%
	6.10. - 27.10.19	46 ± 16%	0,07 ± 18%	47 ± 14%	0,05 ± 20%
	3.11. - 24.11.19	47 ± 14%	0,10 ± 16%	50 ± 16%	0,06 ± 20%
	1.12. - 29.12.19	46 ± 14%	0,08 ± 16%	54 ± 16%	0,08 ± 20%

Epävarmuus 2 σ tarkkuudella



**Taulukko 7.** Laidunruoho- vilja-, liha ja juuresnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019.

Laidunruoho			C-14	K-40	Sr-90	Cs-137
Paikka	Keräyspäivä	Laji	Bq/kg kp.	Bq/kg kp.		Bq/kg kp.
Loviisa	19.9.2019	Laidunruoho	114 ± 10%	850 ± 15%		0,38 ± 42%
Olkiluoto	4.6.2019	Laidunruoho	114 ± 10%	770 ± 15%		1,1 ± 19%
Vertailu (Kouvola)	15.9.2019	Laidunruoho	112 ± 10%	660 ± 17%		16 ± 11%
Vilja				K-40	Sr-90	Cs-137
Paikka	Keräyspäivä			Bq/kg kp.	Bq/kg kp.	Bq/kg kp.
Loviisa	15.11.2019	Vehnä		130 ± 15%	0,4 ± 10%	0,13 ± 54%
		Ohra		180 ± 17%		0,30 ± 28%
Olkiluoto	28.10.2019	Vehnä		120 ± 15%	0,07 ± 12%	0,4 ± 20%
	28.10.2019	Kaura		120 ± 15%		0,9 ± 19%
Vertailu (Kouvola)	29.9.2019	Vehnä		110 ± 15%		0,7 ± 15%
Vertailu (Kouvola)	29.9.2019	Ohra		110 ± 17%		0,3 ± 16%
Juures				K-40		Cs-137
Paikka	Keräyspäivä			Bq/kg tp.		Bq/kg tp.
Loviisa	22.11.2019	Peruna		150 ± 15%		0,15 ± 28%
Olkiluoto	11.9.2019	Peruna		110 ± 12%		0,08 ± 44%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

Rauman ja Loviisan kaupunkien talusveden H-3, Sr-90 ja Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet ja luvanhaltijoiden toimittamien voimalaitosten talusvesien Sr-90 aktiivisuuspitoisuudet olivat samaa tasoa kuin talusveden pitoisuudet muuallakin Suomessa (taulukko 8). Luvanhaltijoiden valvontaohjelmassa määritettiin voimalaitosten talusvesien gammasäteilyä lähettävät radionuklidit neljä kertaa vuodessa. Voimalaitosten talusvesissä ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja. Kaikkien talusvesinäytteiden H-3 aktiivisuuspitoisuudet olivat alle 2 Bq/l. Pitoisuudet vastaavat muualla Suomessa talusvesissä mitattuja H-3 pitoisuuksia.

**Taulukko 8.** Rauman ja Loviisan kaupunkien talousveden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määritysrajan, joka oli H-3:lle 0,95 Bq/l ja Cs-137:lle 0,37 – 0,42 Bq/m<sup>3</sup>.

Paikka	Keräyspäivä	H-3 Bq/l	Sr-90 Bq/m <sup>3</sup>	Cs-137 Bq/m <sup>3</sup>
Rauma	22.1.2019	1,1 ± 54 %		3,0 ± 12%
Rauma	29.10.2019	1,0 ± 60 %		1,6 ± 19%
Rauma	22.1. – 29.10.2019*		5,5 ± 9%	
Olkiluoto voimalaitos	22.1. – 25.9.2019*		4,2 ± 9%	
Loviisa	13.3.2019			<MDC
Loviisa	15.11.2019	<MDC		<MDC
Loviisa	13.3. - 15.11.2019*		0,09 ± 50%	
Loviisa voimalaitos	28.2. - 29.11.2019*		3,4 ± 9%	

Epävarmuus 2σ tarkkuudella, \*yhdistetty vuosinäyte

Loviisan tai Olkiluodon ympäristöstä otetuista pohjavesinäytteistä ei kummastakaan löytynyt keinotekoisia radionuklideja. Loviisan läheltä, Vårdön jätevedenpuhdistamolta otetusta lietenäytteestä havaittiin samoja radionuklideja kuin valtakunnallisessa ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa tutkituista Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietenäytteistä (Mattila ja Inkinen, 2019). Vårdön lietenäytteen I-131 pitoisuus oli näytteenottohetkellä 4600 Bq/kg näytteen kuivapainoa kohden. I-131 on yleinen sairaaloiden isotooppihoidoissa käytetty radionuklidi ja näin ollen se on todennäköisesti peräisin muualta kuin voimalaitokselta.

## 6.3 Meriympäristö

Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten meriympäristöstä kerätyistä näytteistä havaittiin pieniä määriä voimalaitosperäisiä radionuklideja. Radionuklidien pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, eikä niillä ole merkitystä ympäristön säteilyaltistukseen. Syksyllä havaittiin osassa Olkiluodon alueen meriympäristön näytteissä epätavallisia, mutta matalia, pitoisuuksia voimalaitosperäisiä radionuklideja. Kohonneet radionuklidipitoisuudet liittyivät Olkiluodon voimalaitoksen ykkösyksikön nestemäisten jätteiden käsittelyjärjestelmän häiriöön, joka tilapäisesti vähensi järjestelmän kykyä poistaa radioaktiivisia aineita päästövesistä. STUK julkaisi tapahtumasta tiedotteen 29.11.2019. Olkiluodon päästöt alittavat kuitenkin selkeästi ydinvoimalaitoksen vesipäästöille asetetut radioaktiivisuusrajat.

Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty merivesinäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Tulostaulukoissa kerrotaan näytteenottopisteen paikannimi. Tulokset on esitetty etäisyysjärjestyksessä purkuaukosta, lähimpänä purkuaukkoa olevat tulokset ovat taulukoiden alussa.

Molempien voimalaitosten ympäristöstä kerätyissä merivesinäytteistä mitattiin 2 Bq/l ylittäviä H-3 aktiivisuuspitoisuuksia pitoisuuksien pysyessä kuitenkin alle 10 Bq/l yhtä näytettä lukuun ottamatta. Itämeren alueen merivedessä tritiumin tyypillinen pitoisuus vuosina 2011 – 2015 oli 1-2 Bq/l (HELCOM 2018). Perustuen Itämeren alueen pitkän aikavälin tuloksiin, Olkiluodon ja Loviisan voimalaitosten ympäristön säteilytarkkailussa merivesi-, sadevesi- ja talousvesinäytteille tritiumpitoisuuden taustatasona pidetään alle 2 Bq/l. Tätä taustatasoa korkeampien tritiumpitoisuuksien katsotaan johtuvan voimalaitosten päästöistä.

Syyskuussa Olkiluodosta kerätystä merivesinäytteestä havaittiin pieniä määriä Co-60:tä ja cesiumin lyhytikäisempää isotooppia Cs-134:ää, sekä kohonnut H-3 pitoisuus. Nämä havainnot liittyvät laitoksen jäteveden puhdistusjärjestelmässä ilmenneeseen häiriöön. Pidemmässä aikasarjoissa (kuvat 9 ja 10) on nähtävissä, että merkittävin lähde Cs-137:lle merivedessä on Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuus vuonna 1986. Laitosten normaalien päästöjen vaikutusta ei pystytä erottamaan Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevasta aktiivisuudesta meriveden Cs-137 pitoisuuksien vastatessa Itämeren yleistä Cs-137 aktiivisuuspitoisuutta (HELCOM 2018).

Luvanhaltijoiden ottamien merivesinäytteiden Cs-137 pitoisuudet vastasivat Itämeren yleistä Cs-137 aktiivisuuspitoisuutta. Meriveden H-3 pitoisuus oli suurimmassa osassa näytteitä alle 2 Bq/l. Ainoastaan kahdessa merivesinäytteessä havaittiin hieman kohonnut H-3 aktiivisuuspitoisuus. Loviisassa toisella vuosineljänneksellä (2,3 Bq/l) ja Olkiluodossa kesäkuussa (6,2 Bq/l). Luvanhaltijoiden ottamien merivesinäytteiden analyysitulokset vastasivat STUKin ottamien näytteiden tuloksia.

**Taulukko 9.** Loviisan merivesinäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määritysrajan, joka oli H-3:lle 0,94 Bq/l, Co-60:lle 0,59 – 0,88 Bq/m<sup>3</sup> ja Cs-134:lle 0,7 – 1,3 Bq/m<sup>3</sup>.

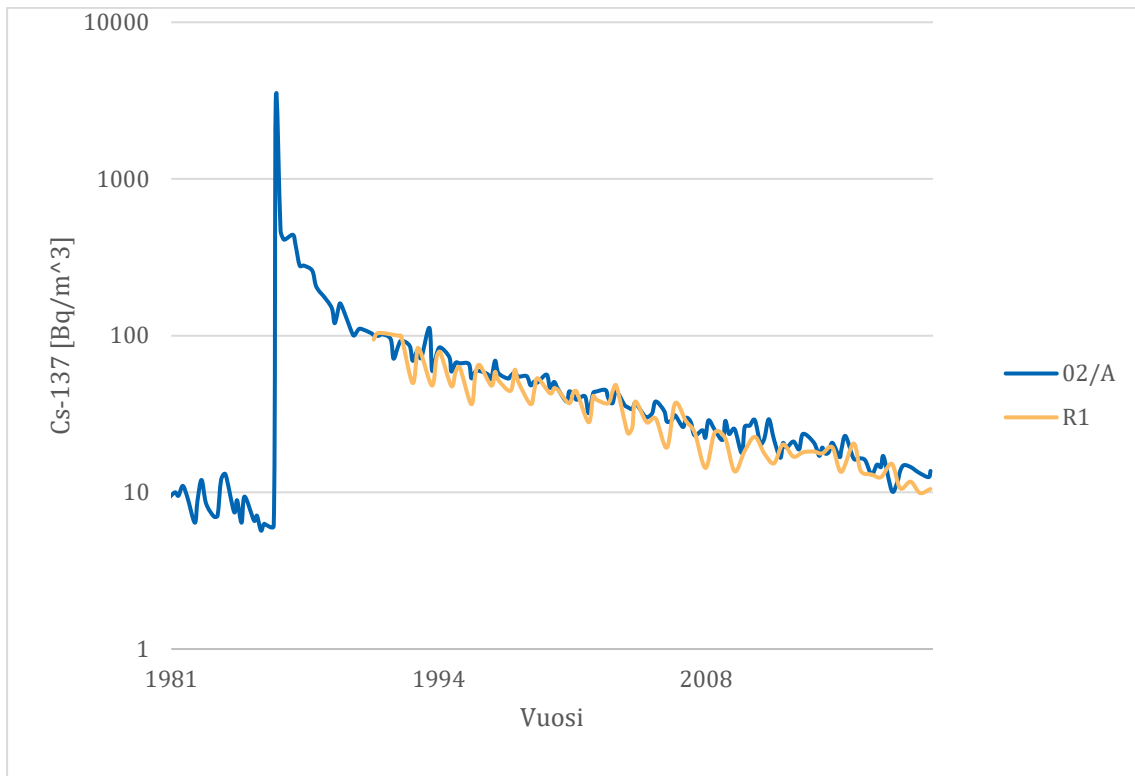
Paikka	Pvm	H-3 Bq/l	Co-60 Bq/m <sup>3</sup>	Sr-90 Bq/m <sup>3</sup>	Cs-137 Bq/m <sup>3</sup>
Halkokari A	4.4.2019	9,5 ± 13%	<MDC	5,7 ± 9%	13 ± 12%
	9.10.2019	1,6 ± 42%	<MDC	6,0 ± 10%	13 ± 12%
	14.11.2019	1,9 ± 34 %	<MDC	6,1 ± 10%	14 ± 15%
Klobbfjärden 1	4.4.2019	7,2 ± 15%	<MDC		12 ± 12%
	12.11.2019	3,6 ± 22%	<MDC		13 ± 14%
Vådholmsfjärden 4	3.4.2019	3,0 ± 26%	<MDC		14 ± 11%
	12.11.2019	2,1 ± 32%	<MDC		15 ± 15%
Hudöfjärden 8	4.4.2019	2,4 ± 30%	<MDC		14 ± 15%
	14.11.2019	1,2 ± 50%	<MDC		14 ± 17%
Påsalöfjärden R1	2.5.2019	2,0 ± 34%	<MDC	5,8 ± 10%	9,9 ± 13%
	12.11.2019	<MDC	<MDC	6,0 ± 10%	10 ± 15%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

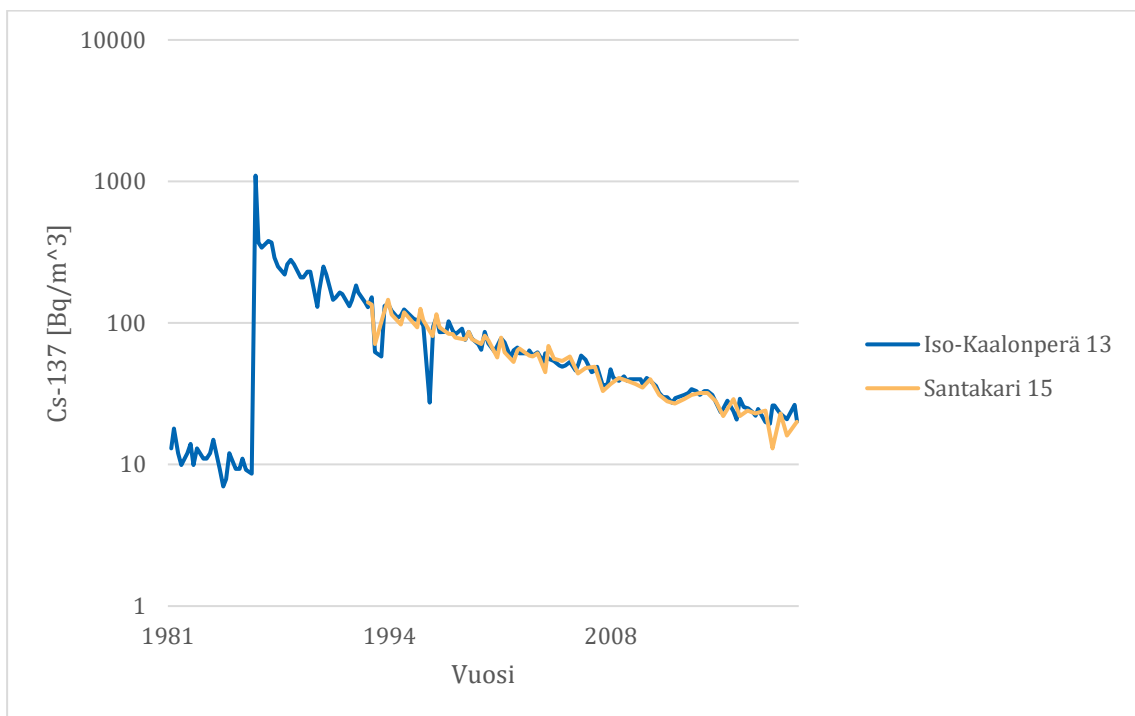
**Taulukko 10.** Olkiluodon merivesinäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajoissa, joka oli H-3:lle 0,94 – 0,99 Bq/l, Co-60:lle 0,93 – 1,8 Bq/m<sup>3</sup> ja Cs-134:lle 0,7 – 1,3 Bq/m<sup>3</sup>.

Paikka	Pvm	H-3 Bq/l	Co-60 Bq/m <sup>3</sup>	Sr-90 Bq/m <sup>3</sup>	Cs-137 Bq/m <sup>3</sup>	Cs-134 Bq/m <sup>3</sup>
Iso Kaalonperä 13	10.4.2019	<MDC	<MDC	5,8 ± 9%	21 ± 11%	<MDC
	26.9.2019	21 ± 11%	1,2 ± 34%	6,4 ± 10%	26 ± 12%	0,9 ± 42%
	22.11.2019	<MDC	<MDC	6,1 ± 10%	20 ± 13%	<MDC
Liponluoto 2	10.4.2019	<MDC	<MDC		22 ± 11%	<MDC
	22.11.2019	<MDC	<MDC		19 ± 13%	<MDC
Räpäpinkivet 3	10.4.2019	<MDC	<MDC		20 ± 13%	<MDC
	20.11.2019	<MDC	<MDC		21 ± 14%	<MDC
Santakari 15	11.4.2019	1,4 ± 48%	<MDC		17 ± 14%	<MDC
	19.11.2019	<MDC	<MDC		20 ± 13%	<MDC
Kylmäpihlaja 17	11.4.2019	<MDC	<MDC		22 ± 12%	<MDC
	21.11.2019	<MDC	<MDC		20 ± 14%	<MDC
Viikari 16	11.4.2019	1,2 ± 54%	<MDC	6,3 ± 10%	21 ± 13%	<MDC
	19.11.2019	<MDC	<MDC	6,6 ± 10%	19 ± 11%	<MDC

Epävarmuus 2σ tarkkuudella



**Kuva 9.** Cs-137 aktiivisuuspitoisuus merivedessä Loviisan voimalaitoksen lähimmällä (02/A, sininen) ja kauimmaisella (R1, keltainen) näytteenottopisteellä esitettynä logaritmisella asteikolla vuosina 1980-2019.



**Kuva 10.** Cs-137 aktiivisuuspitoisuus merivedessä Olkiluodon voimalaitoksen lähimmällä (Iso-Kaalonperä 13, sininen) ja kauimmaisella (Santakari 15, keltainen) näytteenottopisteellä esitettynä logaritmisella asteikolla vuosina 1981-2019.

Voimalaitosten lähistöltä kalastettujen kalanäytteiden (silakka, ahven, hauki, lahna ja särki) Cs-137 pitoisuudet vaihtelivat välillä 2,0 – 13 Bq/kg (tuorepainoa kohden, taulukko 11). Pitoisuudet olivat alhaiset ja vastasivat hyvin Itämeren alueen kalojen ja vertailunäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuuksia (HELCOM 2018, Mattila ja Inkinen, 2019). Kalanäytteiden Sr-90 pitoisuudet olivat myös alhaiset. Loviisan Smoltin kalankasvattamolta saatujen kalanpoikasnäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet olivat erittäin alhaiset.

Pohjaeläinnäytteiden (kilkki ja sinisimpukka) radioaktiivisuuspitoisuudet olivat alhaiset (taulukko 12). Loviisan ympäristön kilkinäytteessä havaittiin voimalaitokselta peräisin olevaa Ag-110m:a, mutta pitoisuus on alhainen, eikä vaikuta eliöstön säteilyaltistukseen.

**Taulukko 11.** Loviisan ja Olkiluodon meriympäristön kalanäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajan, joka oli Cs-137:lle 0,09 Bq/kg.

Näytelaji	Paikka	Aika	Cs-137 Bq/kg (tp.)	Sr-90 Bq/kg (tp.)
Silakka	Loviisa 0 – 10 km	3.10.2019	2,4 ± 17%	0,021 ± 26%
Silakka	Olkiluoto 0 – 10 km	20.5.2019	2,3 ± 15%	0,028 ± 18%
Silakka	Vertailu	3.10.2019	1,8 ± 15%	
Ahven	Loviisa 0 – 2 km	13.5. – 14.5.2019	8,1 ± 22%	0,013 ± 30%
	Loviisa 2 – 10 km	28.5. – 10.10.2019	6,8 ± 12%	
	Olkiluoto 0 – 3 km	20.5. – 7.6.2019	11 ± 17%	0,012 ± 36%
	Olkiluoto 3 – 10 km	20.5. – 7.6.2019	13 ± 13%	
Hauki	Loviisa 0 – 2 km	12.6. – 2.10.2019	5,8 ± 17%	
	Loviisa 2 – 10 km	16.5. – 7. 8.2019	6,2 ± 13%	
	Olkiluoto 0 – 3 km	20.5.2019	8,2 ± 17%	
	Olkiluoto 3– 10 km	5.6. – 3.9.2019	9,5 ± 17%	
Hauki	Vertailu (Pellinki)	11.9.2019	5,2 ± 11%	
Lahna	Loviisa 0 – 2 km	15.5.2019	2,0 ± 13%	
	Loviisa 2 – 10 km	29.5.2019	2,2 ± 17%	
	Olkiluoto 3 – 10 km	23.5.2019	2,8 ± 10%	
Särki*	Olkiluoto 0 – 3 km	17.10.2019	3,0 ± 11%	
Kalanpoikanen	Loviisa Smoltti	24.6.2019	<MDC	
		26.11.2019	0,64 ± 20%	

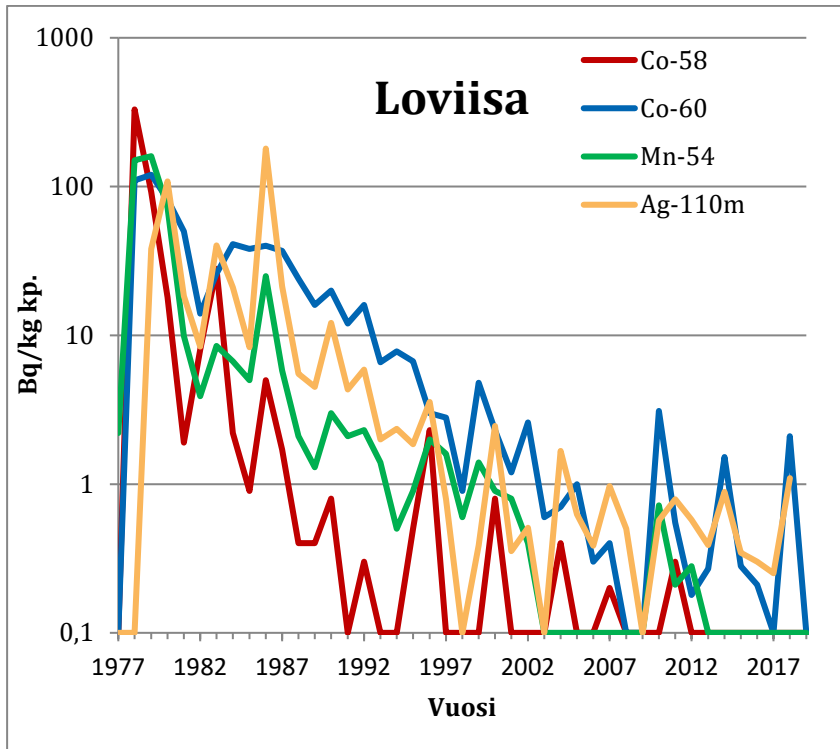
Epävarmuus 2σ tarkkuudella. \*Särki otettu Olkiluodossa lahnaa korvaavaksi lajiksi

**Taulukko 12.** Loviisan ja Olkiluodon meriympäristöstä kerättyjen pohjaeläinten valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajat, joka oli Ag-110m:lle 0,2 – 0,4 Bq/kg.

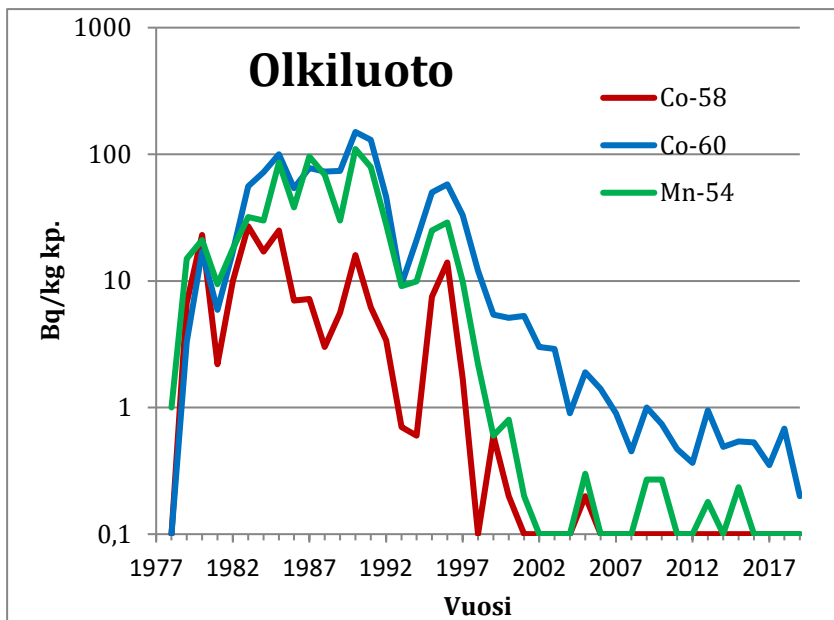
Näytelaji	Paikka	Keräysaika	Cs-137 Bq/kg	Ag-110m Bq/kg	Sr-90 Bq/kg
Kilkki	Loviisa	14.5. – 8.8.2019	5,5 ± 24%	1,4 ± 26%	7,3 ± 10%
Sinisimpukka	Olkiluoto	22.8.2019	0,63 ± 20%	<MDC	6,9 ± 13%
Sinisimpukka	Olkiluoto	4.9. – 26.9.2019	1,8 ± 24%	<MDC	6,4 ± 13%

Epävarmuus  $2\sigma$  tarkkuudella

Voimalaitosten päästöjen indikaattoreina vesiympäristössä erityisen hyviksi ovat osoittautuneet perifyton, rakkolevä ja uposlehtisistä vesikasveista erityisesti tähkä-ärviä. Pisimmät havaintosarjat ovat olemassa rakkolevästä ja voimalaitosten päästöjen vaikutus havaitaan niissä selvästi. Kuvissa 11 ja 12 näkyy muutamien merkittävimpien voimalaitosperäisten nuklidien aktiivisuuspitoisuuksien vuosikeskiarvot lähimpänä voimalaitosta otetuista rakkolevänäytteistä. Voimalaitosperäisten nuklidien aktiivisuuspitoisuudet rakkolevänäytteissä ovat pienentyneet selvästi, kun voimalaitosten päästöt ovat pienentyneet. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty rakkolevänäytteiden Co-60 aktiivisuuspitoisuuden ja voimalaitokselta mereen tapahtuvan Co-60 päästöjen välinen yhteys. Aktiivisuuspitoisuuksien muutokset seuraavat melko tarkasti päästöjen muutoksia, Loviisan voimalaitoksen ympäristössä aktiivisuuspitoisuuksien muutoksessa näyttäisi olevan noin vuoden viive. Loviisan voimalaitoksella suoritetaan neljän vuoden välein Cs-erotetun haihdutuskonsentraattisäiliöiden pintavesien päästöjä, joista aiheutuu mm Co-60 päästöjen kasvu. Nämä päästöt on ajoitettu loppuvuoteen päästöön sisältyvien ravinteiden aiheuttamien vaikutusten lieventämiseksi, ja tästä syystä päästöstä peräisin olevat radioaktiiviset aineet näkyvät vasta seuraavan kasvukauden näytteiden valvonnan tuloksissa.

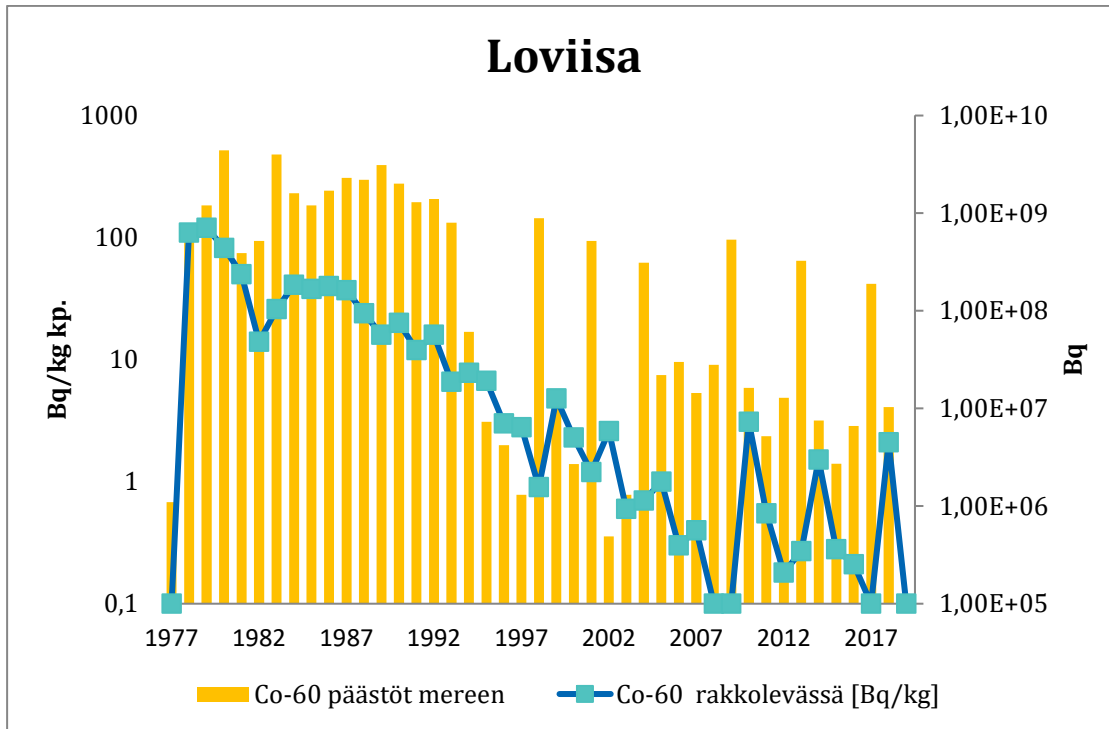


**Kuva 11.** Merkittävimpien voimalaitosperäisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksien keskiarvot rakkolevässä (Bq/kg kuivapainoa) logaritmisella asteikolla Loviisan voimalaitoksen lähimmällä näytteenottopisteellä vuosina 1977-2019.

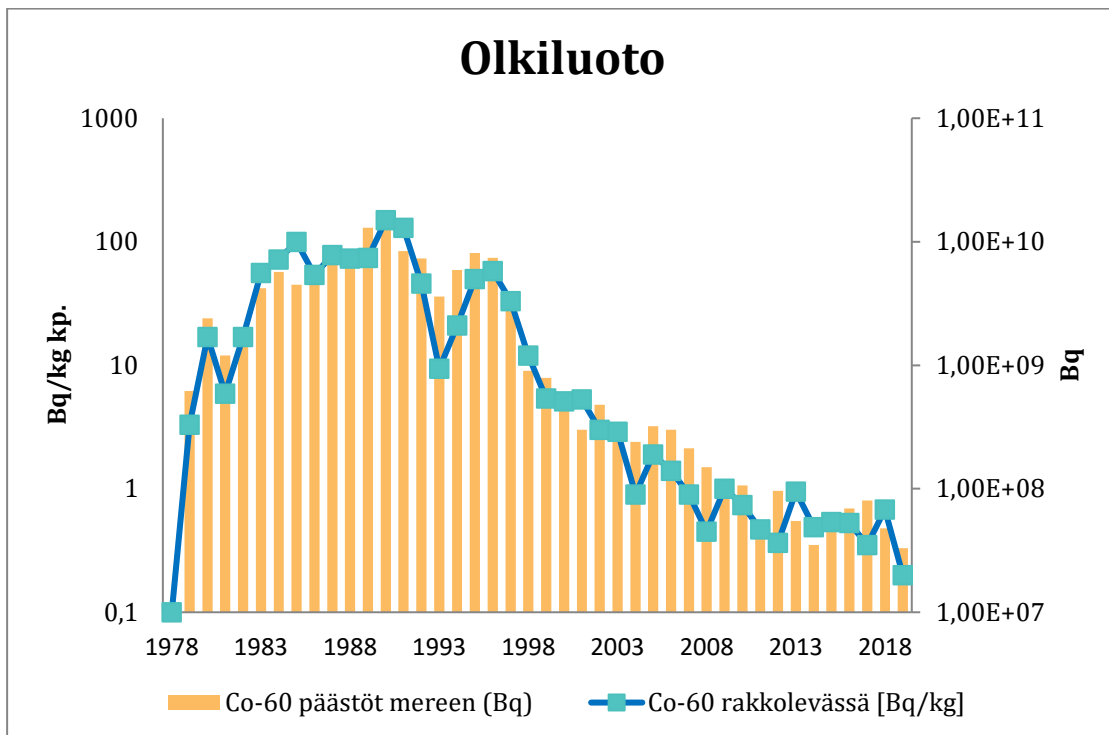


**Kuva 12.** Merkittävimpien voimalaitosperäisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksien keskiarvo rakkolevässä (Bq/kg kuivapainoa) logaritmisella asteikolla Olkiluodon voimalaitoksen lähimmällä näytteenottopisteellä vuosina 1977-2019.





**Kuva 13.** Co-60 päästöt mereen ja Co-60 aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo logaritmisella asteikolla voimalaitosta lähimmän näytteenottopisteen rakkolevänäytteissä Loviisan voimalaitoksella vuosina 1977-2019.



**Kuva 14.** Co-60 päästöt mereen ja Co-60 aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo logaritmisella asteikolla voimalaitosta lähimmän näytteenottopisteen rakkolevänäytteissä Olkiluodon voimalaitoksella vuosina 1977-2019.

Perifytonnäytteiden tulokset on esitetty liitteessä 5. Perifytonnäytteissä havaittiin useita voimalaitosperäisiä radionuklideja, joiden pitoisuudet jäivät kuitenkin alhaisiksi. Loviisan perifytonnäytteiden havaitut voimalaitosperäiset nuklidit olivat Mn-54, Co-58, Co-60 ja Sb-124 ja Olkiluodossa havaitut olivat Cr-51, Mn-54, Co-60, I-131, Cs-134 ja Ce-141. Perifytonnäytteiden lisäksi myös rakkolevänäytteissä tehtiin myös joitakin voimalaitosperäisiä radionuklidihavaintoja (taulukko 13 ja 14). Loviisassa havaittiin Co-60:tä, Ag-110m:ää, ja I-131:tä. Rakkolevien Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 9,7 – 16 Bq/kg. Olkiluodossa rakkolevistä havaittiin Co-60:tä, ja Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet olivat välillä 6,1 – 17 Bq/kg. Perifyton- ja rakkolevänäytteissä on havaittu samoja voimalaitosperäisiä nuklideja kuin aiempina vuosina eivätkä aktiivisuuspitoisuudet poikkea näytteissä edellisinä vuosina mitatuista pitoisuuksista. Näytteissä havaitut nuklidit ovat samoja, joita voimalaitokset ovat meriveteen omien päästömittaustensa perusteella raportoineet päästäneensä.

Uposlehtisistä vesikasveista (taulukko 15) tehtiin havaintoja vähäisestä määrästä voimalaitosperäisiä radionuklideja. Molempien voimalaitosten purkualueelta kerätyistä uposlehtisistä vesikasveista havaittiin Mn-54:ää, Co-58:aa, Co-60:tä ja lisäksi Olkiluodon purkualueen tähkä-ärviä näytteissä havaittiin myös I-131:tä. Uposlehtisten vesikasvien vertailunäytteet kerättiin purkuaukosta kauempaa mutta kuitenkin voimalaitoksen lähietäisyydeltä, eikä näissä näytteissä enää havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja, mikä viittaa siihen, että radionuklidien aktiivisuuspitoisuudet ovat matalammat kauempana purkuaukosta.

**Taulukko 13.** Loviisan meriympäristöstä kerätyissä rakkolevänäytteissä havaitut radionuklidit. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajan, joka oli Co-60:lle 0,11 – 0,55 Bq/kg, Ag-110m:lle 0,15 – 0,44 Bq/kg, I-131:lle 0,33 – 0,54 Bq/kg ja Pu-238:lle 0,021 – 0,014 Bq/kg.

Näytepiste	Keräys-päivä	Co-60 Bq/kg	Ag-110m Bq/kg	I-131 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	Sr-90 Bq/kg	Pu-238 Bq/kg	Pu-239, Pu-240 Bq/kg
Stenörarna	18.9.2019	<MDC	<MDC	0,39 ± 42%	14 ± 11%			
Björkholmen B1	14.5.2019	0,42 ± 24%	0,27 ± 22	<MDC	12 ± 17%			
	18.19.2019	<MDC	0,76 ± 38%	<MDC	16 ± 19%	5,5 ± 11%	<0,021	0,12 ± 18%
Lilla Djupberget C	14.5.2019	<MDC	<MDC	<MDC	12 ± 18%			
	17.9.2019	<MDC	<MDC	<MDC	12 ± 19%			
Boistö D	14.5.2019	<MDC	<MDC	<MDC	12 ± 11%			
	17.9.2019	<MDC	<MDC	<MDC	14 ± 17%			
Storskarven E	14.5.2019	<MDC	<MDC	<MDC	11 ± 17%	5,7 ± 10%		
	17.9.2019	<MDC	<MDC	<MDC	9,7 ± 11%		<MDC	0,05 ± 23%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

**Taulukko 14.** Olkiluodon meriympäristöstä kerätyissä rakkolevänäytteissä havaitut radionuklidit. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittäysrajan, joka oli Co-60:lle 0,09 – 0,44 Bq/kg ja Pu-238:lle 0,01 Bq/kg.

Näytepiste	Keräyspäivä	Co-60 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	Sr-90 Bq/kg	Pu-238 Bq/kg	Pu-239, Pu-240 Bq/kg
Iso Kaalonperä	9.5.2019	0,22 ± 20%	17 ± 11%			
	20.8.2019	0,18 ± 24%	12 ± 11%	6,1 ± 11%	<0,01	0,07 ± 20%
Kalliopöllä	9.5.2019	0,12 ± 56%	15 ± 11%			
	20.8.2019	<MDC	10 ± 11%			
Reimarkrunni	9.5.2019	<MDC	13 ± 12%			
	20.8.2019	<MDC	9,5 ± 11%			
Iso-Siiliö	9.5.2019	<MDC	10 ± 11%			
	22.8.2019	<MDC	7,3 ± 11%			
Iso-Pietari	8.5.2019	<MDC	13 ± 19%			
	21.8.2019	<MDC	9,9 ± 11%			
Kylmäpihlaja	9.5.2019	<MDC	10 ± 11%			
	22.8.2019	<MDC	6,1 ± 15%			
Viikari	8.5.2019	<MDC	11 ± 11%			
	21.8.2019	<MDC	7,6 ± 11%	5,4 ± 10	<0,01	0,02 ± 27%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

**Taulukko 15.** Loviisan ja Olkiluodon meriympäristöstä kerätyistä uposlehtisistä vesikasveista havaitut radionuklidit. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittäysrajan, joka oli Mn-54:lle 0,10 – 0,75 Bq/kg, Co-58:lle 0,14 – 0,74 Bq/kg, Co-60:lle 0,31 – 0,82 Bq/kg ja I-131:lle 0,52 Bq/kg.

Näytepiste	Laji	Keräys- päivä	Mn-54 Bq/kg	Co-58 Bq/kg	Co-60 Bq/kg	I-131 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
Loviisa purkualue	tähkä-ärviä	12.9.2019	2,6	1,5 ± 14%	0,77 ± 19%	<MDC	5,6 ± 19%
	hapsivita	12.9.2019	<MDC	<MDC	<MDC	<MDC	2,9 ± 20%
Loviisa vertailu	tähkä-ärviä	11.9.2019	<MDC	<MDC	<MDC	<MDC	16 ± 12%
Olkiluoto purkualue	tähkä-ärviä	23.8.2019	<MDC	<MDC	0,47 ± 42%	<MDC	7,8 ± 11%

		29.10.2019	0,97 ± 11%	0,08 ± 20%	4,0 ± 9%	1,4 ± 10%	27 ± 8%
		22.11.2019	0,46 ± 22%	<MDC	3,3 ± 9%	0,27 ± 42%	17 ± 11%
	hapsivita	3.9.2019	<MDC	<MDC	0,17 ± 28%	<MDC	4,0 ± 11%
Olkiluoto vertailu	tähkä-ärviä	3.9.2019	<MDC	<MDC	<0,31	<MDC	15 ± 17%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

Voimalaitoksien ympäristöistä kerätyistä sedimentoituvan aineksen näytteistä havaittiin pieniä pitoisuuksia voimalaitokselta peräisin olevia radionuklideja (taulukko 16 ja 17). Loviisassa havaittiin Co-60:tä (0,68 – 60 Bq/kg), Ag-110m:tä (1,5 – 9,4 Bq/kg) ja Cs-137:ää (180 – 350 Bq/kg), ja Olkiluodossa havaittiin Co-60:tä (0,41 – 2,6 Bq/kg) ja Cs-137:ää (99 – 210 Bq/kg). Sedimentoituvassa aineessa havaittava Cs-137 on suurelta osin peräisin Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta.

**Taulukko 16.** Loviisan meriympäristöstä kerättyjen sedimentoituvan aineksen näytteissä havaitut radionuklidit. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajoissa, joka oli Co-60:lle 0,44 – 2,6 Bq/kg, Ag-110m:lle 0,78 – 2,9 Bq/kg ja Pu-238:lle 0,011 – 0,067 Bq/kg.

Näytteenotto-paikka	Keräysaika	Co-60 Bq/kg	Ag-110m Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	Pu-238 Bq/kg	Pu-239, Pu-240 Bq/kg
Hästholsfjärden 5S	04.12.18 – 04.04.19	60 ± 13 %	2,9 ± 24%	280 ± 11%		
	04.04.19 – 11.06.19	0,68 ± 22%	2,7 ± 11%	190 ± 11%		
	11.06.19 – 06.08.19	<MDC	4,3 ± 22%	180 ± 11%		
	06.08.19 – 13.11.19	1,0 ± 44%	2,9 ± 28%	260 ± 17%		
	4.12.18 – 13.11.19				<MDC	0,85 ± 13%
Hästholsfjärden 3	08.11.18 – 11.06.19	0,77 ± 30%	2,7 ± 24%	220 ± 11%		
	11.06.19 – 06.08.19	<MDC	<MDC	200 ± 11%		
	06.08.19 – 13.11.19	1,5 ± 15%	9,4 ± 17%	270 ± 13%		
Klobbfjärden 1	08.11.18 – 11.06.19	<MDC	1,5 ± 20%	300 ± 13%		
	11.06.19 – 06.08.19	<MDC	<MDC	260 ± 16%		
	06.08.19 – 13.11.19	<MDC	<MDC	350 ± 12%		
Vådholmsfjärden 4	08.11.18 – 11.06.19	<MDC	<MDC	250 ± 13%		
	11.06.19 – 06.08.19	<MDC	<MDC	260 ± 16%		
	06.08.19 – 12.11.19	<MDC	<MDC	310 ± 9%		
Påsalöfjärden R1	07.11.18 – 02.05.19	<MDC	<MDC	220 ± 11%		
	02.05.19 – 12.06.19	<MDC	<MDC	210 ± 17%		
	12.06.19 – 07.08.19	<MDC	<MDC	230 ± 11%		
	7.11.18 – 12.11.19				<MDC	0,36 ± 14%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

**Taulukko 17.** Olkiluodon meriympäristöstä kerättyjen sedimentoituvan aineksen näytteissä havaitut radionuklidit. Merkintä <MDC tarkoittaa, että aktiivisuuspitoisuus on alle määritysrajan, joka oli Co-60:lle 0,36 – 2,1 Bq/kg ja Pu-238:lle 0,008 Bq/kg

Näytteenotto-paikka	Keräysaika	Co-60 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	Pu-238 Bq/kg	Pu-239, Pu-240 Bq/kg
Rääpinkivet 3	31.10.18 – 10.04.19	0,41 ± 44%	160 ± 10%		
Rääpinkivet 3	10.04.19 – 19.06.19	<MDC	99 ± 17%		
Rääpinkivet 3	19.06.19 – 14.08.19	<MDC	110 ± 17%		
Rääpinkivet 3	31.10.18 – 20.11.19			<MDC	0,68 ± 13%
Vähä Kivikkokari 12	01.11.18 – 10.04.19	0,59 ± 40%	190 ± 16%		
Vähä Kivikkokari 12	10.04.19 – 18.06.19	<MDC	130 ± 18%		
Vähä Kivikkokari 12	18.06.19 – 13.08.19	<MDC	160 ± 9%		
Vähä Kivikkokari 12	13.08.19 – 21.11.19	<MDC	160 ± 13%		
Kaalonperä 9	31.10.18 – 10.04.19	0,97 ± 26%	170 ± 13%		
Kaalonperä 9	10.04.19 – 18.06.19	2,6 ± 18%	150 ± 13%		
Kaalonperä 9	18.06.19 – 14.08.19	<MDC	170 ± 12%		
Kaalonperä 9	14.08.19 – 29.10.19	0,88 ± 20%	160 ± 10%		
Santakari 15	13.11.18 – 11.04.19	<MDC	200 ± 8%		
Santakari 15	11.04.19 – 19.06.19	<MDC	100 ± 11%		
Santakari 15	19.06.19 – 14.08.19	<MDC	210 ± 11%		
Kuusajaskari 20	01.11.18 – 11.04.19	<MDC	160 ± 17%		
Kuusajaskari 20	11.04.19 – 18.06.19	<MDC	140 ± 22%		
Kuusajaskari 20	18.06.19 – 13.08.19	<MDC	150 ± 14%		
Kuusajaskari 20	13.08.19 – 21.11.19	<MDC	160 ± 13%		
Keskivedenkari 18	13.11.18 – 11.04.19	<MDC	160 ± 12%		
Keskivedenkari 18	11.04.19 – 19.06.19	<MDC	130 ± 17%		
Keskivedenkari 18	19.06.19 – 14.08.19	<MDC	130 ± 16%		
Keskivedenkari 18	13.11.18 – 19.11.19			0,024 ± 16%	0,057 ± 13%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

Voimalaitosten meriympäristön pintasedimenteissä (taulukko 18) havaittiin voimalaitosperäisiä radionuklideja. Loviisassa havaittiin Co-60:tä (0,69 – 1,3 Bq/kg) ja Ag-110m (0,96 – 2,2 Bq/kg) ja lähiympäristön sedimenttien Cs-137:n pitoisuus oli välillä 290 – 400 Bq/kg. Olkiluodossa havaittiin Co-60:tä (0,79 – 0,91 Bq/kg) ja lähiympäristön sedimenttien Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli välillä 200 – 220 Bq/kg. Sedimenttien vertailunäytteet kerättiin

kaudempana voimalaitoksista ja näissä näytteistä ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja ja vertailunäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli 220 – 250 Bq/kg. Sedimenteissä esiintyy pienenä taustapitoisuutena ilmakehän ydinasekokeiden globaalista laskeumasta peräisin olevia radionuklideja Sr-90, Pu-238, Pu-239 ja Pu-240. Olkiluodon ja Loviisan voimalaitoksen ympäristön säteilyvalvontaohjelman Sr-90, Pu-238, Pu-239 ja Pu-240 aktiivisuuspitoisuudet ovat samalla tasolla kuin Itämeren alueen sedimenteissä yleisesti havaitaan (HELCOM, 2018).

**Taulukko 18.** Meriympäristön sedimentinäytteissä havaitut radioaktiiviset aineet. Merkintä <MDC tarkoittaa, että aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajoissa, joka oli Co-60:lle 0,35 -0,77 Bq/kg, Ag-110m:lle 0,66 – 0,96 Bq/kg ja Pu-238:lle 0,011 – 0,015 Bq/kg.

	Keräys- päivä	Co-60 Bq/kg	Ag-110m Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	Sr-90 Bq/kg	Pu-238 Bq/kg	Pu-239, Pu-240 Bq/kg
<b>Loviisa</b>							
Hästholsfjärden 5	11.10.2019	1,3 ± 34%	1,8 ± 15%	330 ± 13%	0,8 ± 14%	0,01 ± 20%	1,0 ± 12%
Hästholsfjärden 3	10.10.2019	0,90 ± 28%	2,2 ± 16%	290 ± 13%	0,8 ± 15%	<MDC	1,0 ± 13%
Klobbfjärden 1	10.10.2019	0,69 ± 32%	0,96 ± 22	400 ± 17%	0,4 ± 20%	<MDC	1,5 ± 13%
Vådholmsfjärden 4	10.10.2019	<MDC	<MDC	340 ± 12%	2,0 ± 12%	0,009	1,3 ± 12
Päsalofjärden R1 (Vertailunäyte)	9.10.2019	<MDC	<MDC	250 ± 11%	2,1 ± 11%	<MDC	0,4 ± 14%
<b>Olkiluoto</b>							
Kaalonperä 9	6.6.2019	0,79 ± 34%	<MDC	200 ± 11%	0,3 ± 22%	0,017 ± 20%	0,9 ± 13%
Liponluoto 2	6.6.2019	0,91 ± 22%	<MDC	210 ± 9%	0,6 ± 15%	<MDC	0,9 ± 13%
Tankarit 4	6.6.2019	0,80 ± 17%	<MDC	220 ± 13%	0,7 ± 15%	<MDC	0,8 ± 16%
Olkiluoto S8 (Vertailunäyte)	6.6.2019	<MDC	<MDCC	220 ± 17%	0,7 ± 14%	<MDC	1,1 ± 13%

Epävarmuus 2σ tarkkuudella

## 6.4 Ympäristön asukkaat

Voimalaitoksien ympäristön asukkaissa ei mittauksissa havaittu voimalaitoksilta peräisin olevia radioaktiivisia aineita.

# 7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Vuonna 2019 molempien kotimaisten ydinvoimalaitosten ympäristössä havaittiin pieniä määriä voimalaitoksista peräisin olevia radioaktiivisia aineita. Radioaktiivisia aineita havaittiin yksittäisissä luvanhaltijan ulkoilmasta keräämissä näytteissä sekä meriympäristöstä kerätyissä näytteissä. Maaympäristöstä kerätyissä näytteissä havaittiin pääasiassa Tshernobylin ydinonnettomuudesta peräisin olevaa laskeumaa. Radioaktiivisten aineiden määrät vastaavat pääasiassa aiempina vuosina laitosten ympäristöstä havaittuja määriä sekä noudattavat pidemmän aikavälin laskevaa trendiä, johon vaikuttaa voimalaitostekniikan kehittyminen. Radioaktiivisten aineiden määrät ympäristössä olivat niin pieniä, että niillä ei ole merkitystä ympäristön eikä ihmisten säteilyaltistukseen. Voimalaitoksien ympäristön asukkaissa ei mittauksissa havaittu voimalaitoksilta peräisin olevia radioaktiivisia aineita. Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön eniten altistuneelle yksilölle sekä Loviisan että Olkiluodon ydinlaitosten ympäristössä vuonna 2019 oli alle 1 % ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetusta rajoituksesta, joka on 0,1 millisievertiä (Kainulainen, 2019).

Ulkoilmasta vuosihuoltojen yhteydessä kerätyissä hiukkasnäytteissä havaittu Cs-137 pitoisuus vastaa muualla Suomessa kerätyissä näytteissä havaittavaa, pääasiassa Tshernobylin ydinonnettomuuden laskeumasta peräisin olevan Cs-137:n pitoisuutta. Myöskään maaympäristön näytteissä havaittava Cs-137:n määrä ei eroa merkittävästi muualla Suomessa kerätyistä vastaavista näytteistä ja erot eri näytteiden Cs-137 pitoisuuksissa laitospaikkojen välillä on selitettävissä alueellisilla eroilla Tshernobylin ydinonnettomuuden laskeumassa eri puolilla Suomea. Sama johtopäätös koskee myös maaympäristön näytteissä havaittua Sr-90:tä. Näytteissä havaitut Cs-137:n ja Sr-90:n määrät eivät myöskään eroa aiempina vuosina voimalaitosten lähialueen maaympäristön näytteissä havaituista määristä. Laitosten lähialueilta kerättyjen näytteiden C-14 pitoisuudet vastaavat muualta Suomesta kerättyjen vertailunäytteiden pitoisuuksia. Maaympäristön näytteissä ei vuonna 2019 havaittu muita mahdollisesti voimalaitoksesta peräisin olevia radionuklideja.

Luvanhaltijoiden tutkimista maaympäristön näytteistä havaitut Cs-137:n pitoisuudet vastaavat STUKin omassa valvonnassaan havaitsemia pitoisuuksia. Luvanhaltijoiden tutkimista maaympäristön näytteistä ei havaittu kummankaan voimalaitoksen lähialueella muita, mahdollisesti voimalaitoksesta peräisin olevia radionuklideja kuin Cs-137:ää. Näytteissä havaittu Cs-137:n pitoisuus vastaa muualla Suomessa ympäristönäytteissä havaittavaa, pääasiassa Tshernobylin ydinonnettomuuden laskeumasta peräisin olevan Cs-137:n pitoisuuksia.

Meriympäristön näytteissä havaitaan molempien voimalaitosten läheisyydessä vähäisiä määriä voimalaitosperäisiä radionuklideja. Havaitut radionuklidit eivät oleellisesti poikkea meriympäristössä aiempina vuosina havaituista voimalaitosperäisistä nuklideista. Olkiluodon ydinlaitoksen meriympäristöstä syksyllä kerätyissä näytteissä havaittiin vähäisiä määriä radioaktiivisia aineita, joita voimalaitosten lähialueen meriympäristössä havaitaan harvoin. Syynä oli laitoksen jäteveden puhdistusjärjestelmässä ollut häiriö. Häiriöstä ei aiheutunut vaikutusta ympäristön tai ihmisten säteilyaltistukseen.

Ydinlaitosten ympäristössä havaittiin samoja nuklideja kuin voimalaitokset olivat raportoineet ympäristöön päässeet. STUKin suorittaman ydinlaitosten ympäristövalvonnan havainnot vastaavat luvanhaltijoiden suorittaman ympäristövalvonnan havaintoja.

## 8 Viitteet

Fortum Power and Heat Oy (2020), Ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportti 2019.

HELCOM (2018), Thematic assessment of the radioactive substances in the Baltic Sea, 2011 – 2015. Baltic Sea Environment Proceedings No. 151.

IAEA (2005), Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection: safety guide, IAEA Safety series standards series No. RS-G-1.8, International Atomic Energy Agency, Wien, Itävalta.

Kostiainen, E. ja Ylipieti, J. (2010), Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä, STUKA-240. Helsinki, Säteilyturvakeskus.

Mattila A. ja Inkinen S. (toim.) (2019), Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa: Vuosiraportti 2018, STUK-B 236. Helsinki, Säteilyturvakeskus.

Siiskonen, T. (toim.) (2020), Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018, STUK-A263. Helsinki, Säteilyturvakeskus.

TVO Teollisuuden Voima Oyj (2020), Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportti 2019.

Kainulainen E. (toim.) (2020) Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta: Vuosiraportti 2020, STUK-B 245. Helsinki, Säteilyturvakeskus.

## 9 Liitteet

- Liite 1** Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnassa yleisimmin esiintyvät radionuklidit
- Liite 2** Vähimmäisvaatimus luvanhaltijan tekemästä ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvalvontaohjelmasta
- Liite 3** STUKin valvontanäytteiden hankinta-aikataulu
- Liite 4** Sr-89 määritysrajat eri näytetyypeille Bq/kg
- Liite 5** Perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset



# LIITE 1 Ydinvoimalaitosten ympäristössä yleisimmin havaittavat radionuklidit

Nuklidi	Puoliintumisaika	Yleisin alkuperä ympäristönäytteissä	Esiintyminen ympäristönvalvonnassa
H-3 tritium	12,2 vuotta	Voimalaitoksen päästöt ja 50- ja 60-lukujen ydinasekokeet	Vesinäytteet (maa- ja meriympäristö)
Be-7 beryllium	53 päivää	Syntyy yläilmakehässä kosmisen säteilyn vaikutuksesta	
C-14 hiili	5700 vuotta	Kosminen (luonnossa muutenkin esiintyvä) tai voimalaitosperäinen	C-14 voimalaitokselta kaasumaisessa muodossa (CO <sub>2</sub> tai CH <sub>4</sub> ), voi päätyä kasveihin fotosynteesin yhteydessä (jos CO <sub>2</sub> päästö).
K-40 kalium	1.248×10 <sup>9</sup> vuotta	Luonnon radioaktiivinen aine	
Cr-51 kromi	27,7 vuotta	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
Mn-54 mangaani	312 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
Co-58, Co-60, koboltti	70 päivää 5,3 vuotta	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
Sr-89, Sr-90 strontium	51 päivää 28,8 vuotta	Voimalaitoksen päästöt. Sr-90 ympäristönäytteissä myös peräisin 1950-1960-lukujen ydinasekokeista	Meri- ja maaympäristössä

Ru-103	39 päivää	Voimalaitoksen, tai muun ydinlaitoksen päästöt	Ilmanäytteissä
Ru-106 rutenium	372 päivää		
Ag-110m	250 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
hopea			
Sb-124	60 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
antimoni			
I-131	8 päivää	Voimalaitoksen päästöt, käytössä myös sairaaloiden isotooppihoidoissa	Voidaan joskus havaita ilma- ja meriympäristön näytteiden valvonnassa, tutkitaan erikseen myös maidosta (ei havaintoja). Havaitaan myös vedenpuhdistamoiden lietenäytteistä, joihin jodia päätyy pääasiassa lääketieteellisen käytön seurauksena.
jodi			
Cs-134,	2,1 a	Cs-137 ympäristönäytteissä enimmäkseen peräisin Tšernobylin laskeumasta, Cs-134 lyhytikäisempi fissiotuote ja peräisin voimalaitoksen päästöistä	Maa- ja meriympäristö
Cs-137 cesium	30 a		
Ce-141	33 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
Ce-144 cerium	284 päivää		
Pu-238,	87,7 vuotta	Ympäristövalvonnassa näkyy pieniä pitoisuuksia, jotka ovat peräisin 1950-1960-lukujen ydinasekokeista	Sedimenteissä ja sedimentoituvassa aineksessa
Pu-239	24110 vuotta		
Pu-240 plutonium	6561 vuotta		

# LIITE 2 Vähimmäisvaatimus luvan- haltijan tekemästä ydinvoima- laitoksen ympäristön säteily- valvontaohjelmasta (YVL C.7 ohje)

Valvontakohte	Mittauslaitteistojen tai näytteiden lukumäärä sekä mittaus- tai näytteenottoaikat	Keräysfrekvenssi (lkm/aika)	Analyysi ja frekvenssi
<b>B01.</b> Ulkoisen säteily	Ulkoisen säteilyn annosnopeuden mittausasemia voimalaitosalueella (tai sen läheisyydessä) ja sen ulkopuolella n. 5 km:n etäisyydellä voimalaitoksesta	—	Jatkuva mittaus ja sen taltiointi
<b>B02.</b> Ulkoisen säteily	10–20 dosimetriasemaa sijoitettuina tasaisesti tärkeimpiin suuntiin voimalaitokselta 1–10 km:n etäisyydelle	Jatkuva keräys, dosimetrien vaihto 4 krt/vuosi	Gamma-annos 4 krt/vuosi
<b>B03.</b> Ilmassa hiukkas- muodossa olevat radioaktiiviset aineet ja jodi	4–5 ilmanäytteenkerääjää sijoitettuna voimalaitokselta 1–10 km:n etäisyydelle	Jatkuva keräys, suodattimet vaihdetaan 2 krt/kk, paitsi vuosihuoltojen aikana lähimmästä kerääjästä 1 krt/vko	Gammasäteilijät 2 krt/kk (1/vko)
<b>B04.</b> Laskeuma	3–5 sadevedenkerääjää sijoitettuna voimalaitokselta 1–10 km:n etäisyydelle	Jatkuva keräys, vaihto lähimmästä kerääjästä 1 krt/kk ja muista 4 krt/vuosi	Gammasäteilijät ja <sup>3</sup> H lähimmästä kerääjästä 1 krt/kk, muut gammasäteilijät ja <sup>3</sup> H 4 krt/vuosi.
<b>B05.</b> Maaympäristön indikaattori- organismit	Vähintään yksi indikaattorilaji, joka rikastaa radionuklideja	1–2 krt/vuosi	Gammasäteilijät 1–2 krt/vuosi
<b>B06.</b> Puutarhatuotteet	1–10 km:n etäisyydeltä voimalaitoksesta vähintään 1 laji	1–2 krt/vuosi	Gammasäteilijät 1–2 krt/vuosi
<b>B07.</b> Talousvesi	Voimalaitokselta	4 krt/vuosi	Gammasäteilijät ja <sup>3</sup> H 4 krt/vuosi

<b>B08.</b> Merivesi tai järvesi riippuen laitospaikasta	Vähintään yhdestä paikasta purkuaukon läheisyydestä	2–4 krt/vuosi	Gammasäteilijät sekä <sup>3</sup> H lähimmästä pisteestä 4 krt/vuosi
<b>B09.</b> Erityiskohteita	Tarvittaessa voidaan valita valvontakohteiksi ydinvoimalaitoksen ympäristössä olevia erityiskohteita, joilla voi olla merkitystä ympäristön, eliöstön tai ihmisten säteilyaltistukseen. Erityiskohteista voivat olla esimerkiksi voimalaitosalueella olevan kaatopaikan valumavedet, jäteveden puhdistamon vedet sekä kasvatettavat ja viljeltävät tuotteet ydinlaitoksen läheisyydessä (esim. voimalaitoksen hukkalämmön hyötykäyttö elintarvikkeiden tuotannossa).		

# LIITE 3 STUKin valvontanäytteiden hankinta-aikataulu

	Kesä																											
	Tammi	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Viikko	
Viikko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Viikko	
Mittaus tai näyte																											Mittaus tai näyte	
<b>Maaympäristö</b>																											<b>Maaympäristö</b>	
Ilma (täyd.)																											Ilma (täyd.)	
Maaperä	2. vuoden välein																										Maaperä	
Poronjäkälä																											Poronjäkälä	
Karhunsammal																											Karhunsammal	
Kuusenkerkkä																											Kuusenkerkkä	
Saniaiset																											Saniaiset	
Keräilytuotteet (sienet, marjat)	vuosittain																										Keräilytuotteet ja riista	
Laidunruoho																											Laidunruoho	
Maito (0-20 km)																											Maito (0-20 km)	
Maito (<40 km)																											Maito (<40 km)	
Vilja																											Vilja	
Juures																											Juures	
Liha																											Liha	
Talousvesi, kaup.																											Talousvesi, kaup.	
Pohjavesi																											Pohjavesi	
Liete																											Liete	
<b>Meriympäristö</b>																											<b>Meriympäristö</b>	
Merivesi																											Merivesi	
Periyton																											Periyton	
Rakkolevä																											Rakkolevä	
Uposkasvit																											Uposkasvit	
Pohjaeläimet																											Pohjaeläimet	
Kalat																											Kalat	
Sedim. aines																											Sedim. aines	
Pohjasedimentti																											Pohjasedimentti	
Kalankasvatuslaitos																											Kalankasvatuslaitos	
	Syys																											
	Heinä	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Viikko
Mittaus tai näyte																												Mittaus tai näyte
<b>Maaympäristö</b>																												<b>Maaympäristö</b>
Ilma (täyd.)																												Ilma (täyd.)
Maaperä																												Maaperä
Poronjäkälä																												Poronjäkälä
Karhunsammal																												Karhunsammal
Männynneulaset																												Männynneulaset
Saniaiset																												Saniaiset
Keräilytuotteet (sienet, marjat)																												Keräilytuotteet ja riista
Laidunruoho																												Laidunruoho
Maito (0-20 km)																												Maito (0-20 km)
Maito (<40 km)																												Maito (<40 km)
Vilja																												Vilja
Juures																												Juures
Liha																												Liha
Talousvesi, kaup.																												Talousvesi, kaup.
Pohjavesi																												Pohjavesi
Liete																												Liete
<b>Meriympäristö</b>																												<b>Meriympäristö</b>
Merivesi																												Merivesi
Periyton																												Periyton
Rakkolevä																												Rakkolevä
Uposkasvit																												Uposkasvit
Pohjaeläimet																												Pohjaeläimet
Kalat																												Kalat
Sedim. aines																												Sedim. aines
Pohjasedimentti																												Pohjasedimentti
Kalankasvatuslaitos																												Kalankasvatuslaitos

STUKin valvontanäytteiden hankinta-aikataulu. Mustat palkit kuvaavat jatkuvatoimisten kerääjien näytteenkeräysjaksoa. Harmaa väritys kertoo näytteiden hankinta-ajankohdan.

## LIITE 4 Sr-89 määrittäysrajat eri näytetyypeille (Bq/kg)

Näytelaji	Määrittäysraja Bq/kg
Vilja	<0,4
Merivesi	<20
Pohjaeläimet	<3,0
Rakkolevä	<20

# LIITE 5 Perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset

**Taulukko 19.** Loviisan perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määrittämissä rajat, joka oli Mn-54:lle 0,89 Bq/kg, Co-58:lle 1,07 Bq/kg, Co-60:lle 0,93 – 1,2 Bq/kg, Ag-110m:lle 1.1 – 1,3 Bq/kg ja Sb-124:lle 1,05 Bq/kg.

Aika	3.4. – 2.5.2019		2.5. – 17.5.2019		17.5. – 14.6.2019		14.6. – 5.7.2019		5.7. – 8.8.2019		8.8. – 12.9.2019		12.9. – 11.10.2019		11.10. – 14.11.2019	
	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%
<b>Be-7</b>	337	11	336	11	282	11	242	9	193	17	570	12	530	11	990	15
<b>K-40</b>	630	13	540	15	760	15	880	12	510	24	480	22	470	15	610	22
<b>Mn-54</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		< MDC		2,3	17	1,3	32	<MDC	
<b>Co-58</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		< MDC		1,7	22	1,1	30	<MDC	
<b>Co-60</b>	1,3	58	2,1	24	< MDC		< MDC		< MDC		1,7	16	5,1	16	0,9	34
<b>Ag-110m</b>	<MDC		5,3	17	< MDC		1,3	17	< MDC		15	15	6,9	18	12	19
<b>Sb-124</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		3,4	16	1,4	26	<MDC	
<b>Cs-137</b>	120	14	83	10	81	10	53	9	16	24	68	12	109	11	160	

Epävarmuus 2σ tarkkuudella



**Taulukko 20.** Olkiluodon perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2019. Merkintä <MDC tarkoittaa, että radionuklidin aktiivisuuspitoisuus on alle määritysrajan, joka oli Cr-51:lle 5,0 – 13,4 Bq/kg, Mn-54:lle 0,46 – 1,1 Bq/kg, I-131:lle 1,6 – 4,6 Bq/kg, Cs-134:lle 0,9 – 1,3 Bq/kg ja Ce-141:lle 0,6 – 1,5 Bq/kg.

Aika	10.4. – 9.5.2019		9.5. – 7.6.2019		7.6. – 19.6.2019		19.6. – 11.7.2019		11.7. – 31.7.2019		31.7. – 23.8.2019		23.8. – 5.9.2019		5.9. – 26.9.2019		26.9. – 16.10.2019		16.10. – 22.11.2019	
	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%	Bq/kg kp.	±%
<b>Be-7</b>	350	11	168	13	97	14	216	14	142	17	380	10	400	16	490	12	720	11	1000	11
<b>K-40</b>	560	16	970	13	900	13	880	14	730	22	630	15	390	22	400	18	590	16	560	13
<b>Cr-51</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		9,7	36	<MDC		<MDC	
<b>Mn-54</b>	1,44	36	1	26	<0MD C		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		1,12	36	<MDC		<MDC	
<b>Co-60</b>	2,4	19	2,2	13	0,78	34	1,15	18	1,79	20	<MDC		1,21	44	8,8	10	8,4	11	2,6	28
<b>I-131</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		3,0	34	<MDC		<MDC	
<b>Cs-134</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		0,82	24	<MDC		<MDC	
<b>Cs-137</b>	102	15	79	13	82	18	103	13	31	16	54	10	51	16	59	12	100	15	77	14
<b>Ce-141</b>	<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		<MDC		1,06	38	<MDC		<MDC	

Epävarmuus 2σ tarkkuudella