



STUK-B 269 / TOUKOKUU 2021

Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Huusela K, Teräväinen M,  
Torvela T, Mattila A

B



# Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

**Vuosiraportti 2020**

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

Lisätietoja:  
Sinikka Virtanen  
sinikka.virtanen@stuk.fi  
puhelin 09 759 88 556

ISBN 978-952-309-507-6 (pdf)  
ISSN 2243-1896

*VIRTANEN Sinikka, VARTTI Vesa-Pekka, TURUNEN Jani, HUUSELA Kari, TERÄVÄINEN Mikko, TORVELA Tiina, MATTILA Aleks, Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2020. STUK-B 269 Helsinki, 2021, 45 s.*

**AVAINSANAT:** Ympäristövalvonta, ydinlaitos

# Sisällys

<b>1 TIIVISTELMÄ</b>	<b>5</b>
<b>2 JOHDANTO</b>	<b>5</b>
<b>3 YDINVOIMALAITOSTEN PÄÄSTÖT</b>	<b>6</b>
<b>4 LUVANHALTIJAN YMPÄRISTÖVALVONTAOHJELMA</b>	<b>7</b>
<b>5 SÄTEILYTURVAKESKUKSEN YMPÄRISTÖVALVONTAOHJELMA JA -MENETELMÄT</b>	<b>8</b>
5.1 TARKKAILUKOhteet ja näytteenotto	8
5.1.1 ULKOILMA JA LASKEUMA	8
5.1.2 MAAYMPÄRISTÖ	9
5.1.3 MERIYMPÄRISTÖ	11
5.1.4 YMPÄRISTÖN ASUKKAAT	15
5.2 VALVONTAMENETELMÄT	15
5.2.1 NÄYTTEIDEN KÄSITTELY JA ANALYSOINTI	15
<b>6 YMPÄRISTÖVALVONNAN TULOKSET</b>	<b>18</b>
6.1 ULKOILMA JA LASKEUMA	18
6.2 MAAYMPÄRISTÖ	19
6.3 MERIYMPÄRISTÖ	25
6.4 YMPÄRISTÖN ASUKKAAT	36
<b>7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>37</b>
<b>8 VIITTEET</b>	<b>38</b>
<b>9 LIITTEET</b>	<b>38</b>

# 1 Tiivistelmä

Tässä raportissa on kuvattu Säteilyturvakeskuksen (STUK) Loviisan sekä Olkiluodon ydinvoimalaitosten ympäristössä suorittaman säteilyvalvonnan tulokset vuodelta 2020. STUKin suorittama ympäristövalvonta ja mittaustoiminta täydentää ja varmentaa voimalaitoksien suorittamaa ympäristön tarkkailua sekä päästömittauksia. Valvontaa suoritetaan keräämällä näytteitä voimalaitoksen lähialueen maa- ja meriympäristöstä sekä ulkoilmasta. Lisäksi seurataan voimalaitoksen lähiympäristön asukkaiden kehoissa olevien radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia. Ympäristönäytteet analysoidaan STUKin laboratoriossa. Kerättyjen näytteiden sisältämät radioaktiiviset aineet määritetään gammaspektrometrisia sekä radiokemiallisia analyysimenetelmiä käyttäen.

Osassa kerättyjä näytteitä 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 suorittaman ympäristövalvonnan havainnot vastaavat STUKin omassa valvonnassaan tekemiä havaintoja.

## 2 Johdanto

Ydinenergian käytöstä säädetään ydinenergiailaissa (990/1987) ja ydinenergia-asetuksessa (161/1988). Ydinenergielain 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.* Ydinenergielain 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 sama vuosiannos pysyy ydinenergia-asetuksessa (161/1988) 22 b §:n säädetyn vuosiannoksen rajoituksen 0,1 millisievertiä alapuolella. Vuosiannoksen rajoitus on alle kaksi prosenttia suomalaisten keskimääräisestä 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.

## 3 Ydinvoimalaitosten päästöt

Ydinvoimalaitosten normaalin käytön aikana syntyy radioaktiivisia aineita, joista hyvin pieni osa voi päätyä 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 viivästäväällä 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. Vuonna 2020 merkittävin laitoshäiriötilanne oli OL2 laitoksella 10.12. tapahtunut reaktoripikasulku (I-eristys), joka johtui päähöyryputkien korkeasta aktiivisuustasosta. Aktiivisuustason nousu oli seurausta reaktoriveden puhdistusjärjestelmän suodattimesta liuenneen aineen päätyemisestä reaktoriin. 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 2020 olivat pieniä suhteessa asetettuihin päästörajoihin (Fortum, 2021; TVO, 2021). Loviisassa jalokaasujen päästö ilmakehään (Kr-87 ekvivalenttipäästö) oli vuonna 2020 noin 0,04 % ja jodipäästö (I-131 ekvivalenttipäästö)

---

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

noin 0,0002 % niille asetetuista päästörajoista. Tritiumin (H-3) päästö mereen oli noin 11 % ja fissio- ja aktivoitumistuotteiden päästö mereen noin 0,02 % niille asetetuista päästörajoista. Olkiluodossa jalokaasujen päästö ilmakehään oli 0,01 % ja jodipäästö (Olkiluodossa päästöraja asetettu I-131:lle) 0,12% niille asetetuista päästörajoista. Tritiumpäästö mereen oli alle 10 % ja fissio- ja aktivoitumistuotteiden päästö mereen noin 0,15 % 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. Laskennallisesti suurimmat eniten altistuvan väestöryhmän edustavalle henkilölle annosta aiheuttavat nuklidit ovat ilmapäästöissä C-14 ja vesipäästöissä Co-60 tai Cs-137. 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 ydinasekoikeista sekä erityisesti vuonna 1986 tapahtuneesta Tšernobylin ydinvoimalaitosnettomuudesta.

## 4 Luvanhaltijan ympäristövalvontaohjelma

Ydinenergian käyttöön oikeuttavan luvan haltijan on seurattava radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia 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 määrittämiseen. 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 määrittämiseen.

Luvanhaltijan ympäristön säteilyvalvonnan tulokset esitetään luvanhaltijan ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportissa, jonka luvanhaltija toimittaa STUKille (Fortum, 2021; TVO 2021). STUK arvioi luvanhaltijan oman valvontaohjelman riittävyyden ja sen tulokset sekä vertaa luvanhaltijan valvonnan tuloksia STUKin oman valvontaohjelman tuloksiin. Luvanhaltijan ohjelman tuloksia käsitellään myöhemmin kappaleessa 6, Ympäristövalvonnan tulokset, jossa tuloksia verrataan STUKin valvontaohjelman tuloksiin.

# 5 Säteilyturvakeskuksen ympäristövalvontaohjelma ja -menetelmät

STUKin ympäristön säteilyvalvontaohjelman suunnittelussa huomioidaan laitospaikkojen ja näiden ympäristöjen olosuhteet sekä laitosten toiminta ja käyttö. Näin ympäristön säteilyvalvontaa tehdään oikein suunnattuna ja mitoitettuna. Suunnitellun ohjelman lisäksi voidaan tarpeen vaatiessa, esimerkiksi laitoshäiriötilanteissa, tehdä täydentävää näytteenottoa. 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.

## 5.1 Tarkkailukohteet ja näytteenotto

Näytelajit on jaettu kolmeen pääryhmään: ilma, maa- ja meriympäristön näytteet. Näiden lisäksi tutkitaan radioaktiivisten aineiden kertymistä voimalaitoksen lähialueen asukkaisiin. Valvontaohjelman mukaiset ympäristönäytteiden näytteenotot tekee pääsääntöisesti STUKin näytteenottaja. Jotkin valvontaohjelmaan kuuluvat näytteet saadaan suoraan paikallisilta viljelijöiltä, kasvattajilta tai muilta toimijoilta. Näytteenottoaikataulu on esitetty liitteessä 3.

### 5.1.1 Ulkoilma ja laskeuma

Ulkoilmanäytteiden jatkuva kerääminen on osa luvanhaltijan valvontaohjelmaa. STUK kerää luvanhaltijoiden mittauksia täydentäviä ulkoilman hiukkasnäytteitä laitosten vuosihuoltojen aikana. STUKin täydentävän ilmanäytteen kerääjä (kuva 1) on varustettu lasikuitusuodattimilla, luvanhaltijoiden ilmankerääjissä käytetään lisäksi aktiivihiihipatruunoita. Lasikuitusuodattimeen tarttuvat aerosolit, jotka ovat ilmassa leijuvia kiinteitä tai nestemäisiä hiukkasia. Tyypillisesti aerosolihiuksaset ovat mikrometri-kokoluokkaa. Aktiivihiihipatruuna kerää kaasumaisia aineita, kuten radioaktiivista jodia. Ilmankerääjän virtausmittarit mittaavat lasikuitusuodattimen ja hiihipatruunan läpi menneet ilmamäärät. Suodattimeen ja hiihipatruunaan kertynyt radioaktiivisuus lasketaan suodattimen läpi pumpattuun ilmamäärään suhteutettuna yksikössä Bq/m<sup>3</sup>.



Luvanhaltijoiden ohjelmassa määritetään laskeumanäytteistä gamma-aktiiviset radionuklidit. Näiden lisäksi STUK tutkii luvanhaltijoiden keräämistä koko vuoden yhdistetyistä laskeumanäytteistä Sr-90:n aktiivisuuspitoisuuden osana STUKin valvontaohjelmaa.



**Kuva 1.** Siirrettävä ilmanäytteenkeräin. Kuva: STUK.

### 5.1.2 Maaympäristö

Maaympäristön näytteisiin käsitetään kuuluvaksi maaperä, poronjäkälä, karhunsammal, neulaset, saniaiset, sienet, marjat, riista, 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. Maaperänäytteitä otetaan 3 – 5 paikasta molempien voimalaitosten lähiympäristöstä kahden vuoden välein. Näytteet otetaan 0 – 5 cm syvyydeltä, esimerkiksi golfreikäkairalla (kuva 2) ja yhteen näytteeseen otetaan 3 – 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.

Luonnonkasveista kerätään kerran vuodessa hyviksi radioaktiivisten aineiden rikastajiksi todettuja lajeja, kuten karhunsammalta, poronjäkälää, saniaisia ja kuusenneulasia (uusi vuosikasvu). Kasvit kuivataan ja jauhetaan. Poronjäkälä poimitaan alueelta, jossa on mahdollisimman vähän muita lajeja tai kariketta. Voimalaitosten lähialueiden lisäksi jokaisesta

lajista kerätään vertailunäytteet muualta Suomesta. Voimalaitosten lähiympäristöstä kerätään vuosittain myös neljä eri sienilajia ja marjanäytteitä paikallisen sadon mukaan. Paikallisilta metsästäjiltä pyritään saamaan riistalihanäytteet tutkittavaksi.

Maataloustuotteita ja talousvettä tutkimalla voidaan arvioida ihmisten altistumista radioaktiivisille aineille ravinnon kautta. Läheisiltä meijereiltä kerätään maitonäytteet STUKin toimittamiin ja merkitsemiin astioihin meijereiden toimesta. 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 voimalaitoksen lähietäisyydeltä. Laitumet on pyritty valitsemaan niin, että niillä laiduntavien lehmien maito menisi samoihin meijereihin kuin mistä valvontaohjelman maitonäytteet kerätään. Puutarha- ja maataloustuotteina analysoidaan eri viljalajeja sekä juureksia. Viljanäytteet hankitaan paikallisilta viljelijöistä noin 20 km etäisyydelle ulottuvalta alueelta voimalaitosten ympäristössä sijaitsevilta viljatiloilta. Näytteet otetaan kahdesta viljalajista kerran vuodessa viljanpuinnin jälkeen. Yksi juuresnäyte (peruna, porkkana, lanttu) hankitaan kerran kesäkauden aikana voimalaitosten lähialueelta paikallisilta tuottajilta.

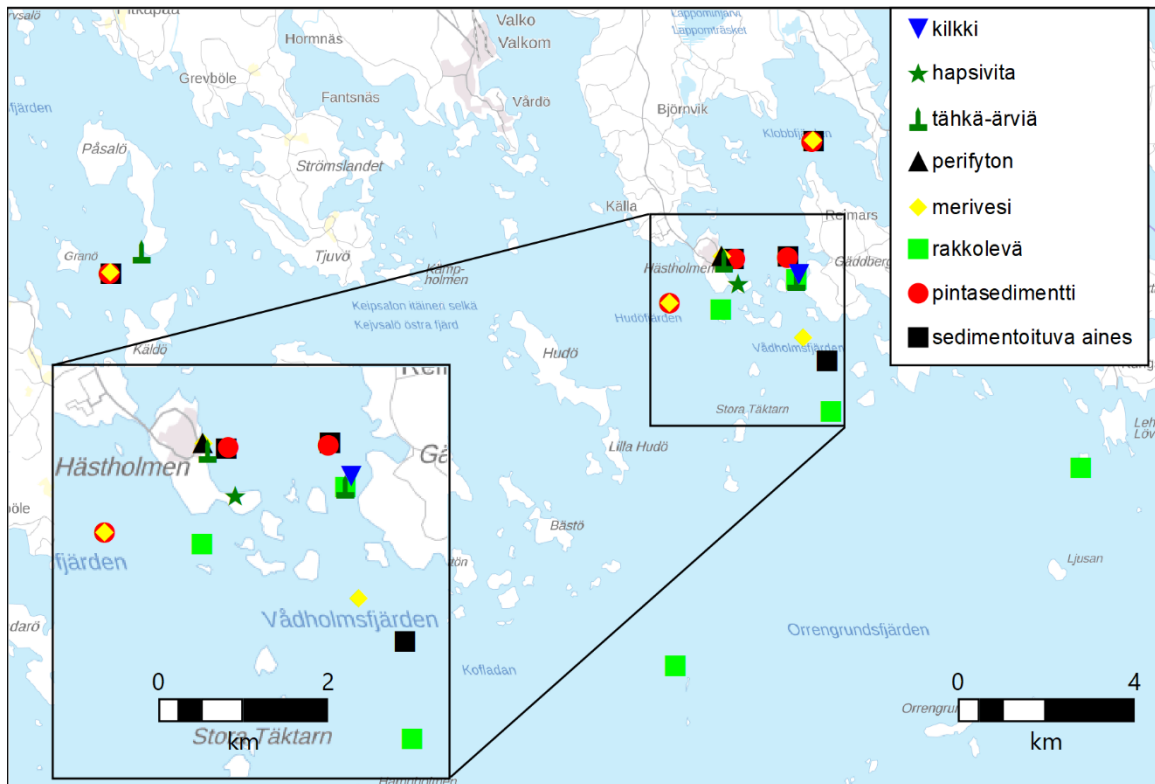
Talousvesinäytteet kerätään Loviisan ja Rauman kaupunkien talousvedestä kaksi kertaa vuodessa, keväisin ja syksyisin. Luvanhaltijoiden ohjelmaan kuuluvista, voimalaitokselta otetuista talousvesinäytteistä tutkitaan myös Sr-90 osana STUKin valvontaohjelmaa. Pohjavesinäyte kerätään voimalaitosten lähistön pohjavettä tuottavasta kaivosta tai suoraan varsinaisesta pohjavesiputkesta. Lietenäytteet kerätään ennen tai jälkeen vuosihuollon ja kerran sen aikana lähikaupunkien vedenpuhdistuslaitoksilta.



**Kuva 2.** Golfreikäkairalla otetun maaperänäytteen viipalointi. Kuva: STUK.

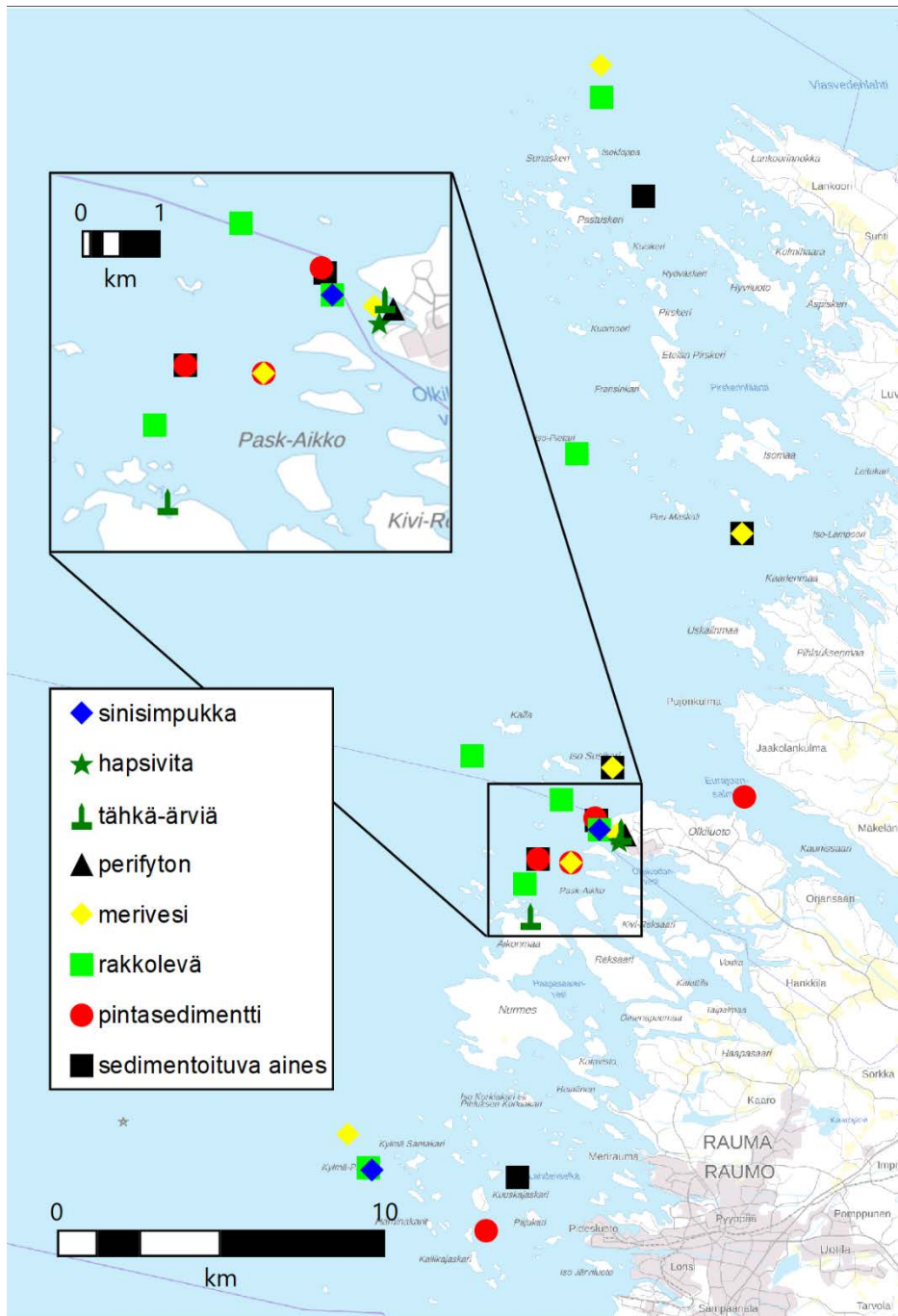
### 5.1.3 Meriympäristö

Meriympäristön näytteiden avulla seurataan voimalaitosten päästöjen leviämistä meriympäristössä sekä kertymistä meriympäristön kasveihin ja eläimiin. Meriympäristöstä kerätään merivettä, perifytonia, rakkolevää, uposlehtisiä vesikasveja, pohjaeläimiä, kaloja, pohjasedimenttiä sekä sedimentoituvaa ainesta. Meriympäristön näytteenottopisteet on esitetty kuvissa 3 ja 4.



**Kuva 3.** Loviisan meriympäristön näytteenottoaikat. Kartta sisältää Maanmittauslaitoksen taustakarttasarjan 04/2020 aineistoa.

## 5 SÄTEILYTURVAKESKUKSEN YMPÄRISTÖVALVONTAOHJELMA JA -MENETELMÄT



**Kuva 4.** Olkiluodon meriympäristön näytteenottopaikat. Kartta sisältää Maanmittauslaitoksen taustakarttasarjan 03/2021 aineistoa.

Merivesinäytteitä (pintavesi) kerätään useasta näytteenottopisteestä voimalaitosten ympäristössä. Lähinnä ydinlaitosta olevasta pisteestä otetaan näyte useammin ja muista pisteistä harvemmin.

Vesikasveista tutkitaan rakkolevää ja uposlehtisiä kasveja. Nämä kasvit keräävät tehokkaasti radionuklideja vedestä ja toimivat siten hyvinä päästöjen indikaattoreina. Rakkolevänäytteitä otetaan useasta pisteestä useamman kerran vuodessa (kuva 5). Uposlehtisistä kasveista kerätään tähkä-ärviä ja hapsivitaa. Kasveja kerätään sekä jäähdytysvesien purkualueilla että



kauempana voimalaitoksesta. Varsinkin Loviisassa yleiset ympäristöolosuhteiden muutokset (esim. vesien rehevöityminen) näkyvät voimalaitoksen lähellä rakkoleväkasvuston heikkenemisenä. Syksyllä 2020 lähinnä voimalaitosta sijaitsevalta pisteeltä ei enää saatu kerättyä näytteenottokriteerit täyttävää näytettä, joten rakkolevänäyte korvattiin tähkä-ärviänäytteellä. Tähkä-ärviää voimalan purkupuolelta edelleen löytyy. Levänäytteinä kerätään myös perifytonia. Perifytonilla tarkoitetaan vedessä olevalle kiinteälle alustalle kiinnittynyttä eliöstöä, pääasiassa leviä. Perifytonia kerätään koko kasvukauden ajan (touko–marraskuu), 50 x 50 cm polykarbonaattilevyille. Loviisassa perifytonille on suoritettu myös talvikauden kattava keräysjakso (marras-huhtikuu). Perifytonin kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi virtausnopeus, valoisuus ja veden laatu.

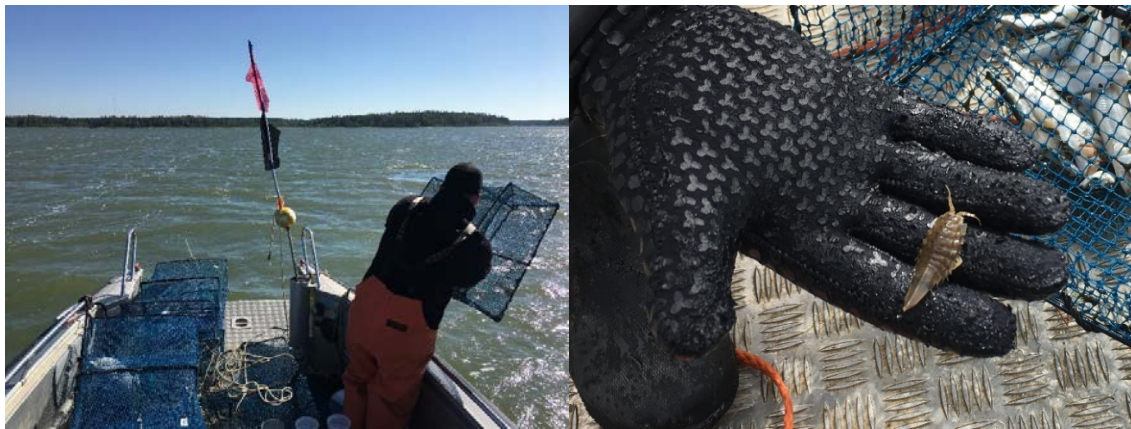


**Kuva 5.** Rakkolevänäytteenottoa laitesukelluksen avulla, taustalla Olkiluodon voimalaitos (yllä). Rakkolevä (alla). Kuvat: STUK.

Pohjaeläin-näytelajina kerätään sinisimpukkaa tai kilkkiä saatavuuden mukaan. Näytteet kerätään yhdestä näytteenottopisteestä kerran vuodessa (kuva 6). Kalanäytteiden kalastus tehdään kerran vuodessa touko-lokakuussa ja näytelajeja on vähintään neljä joka vuosi, esim. silakkaa, haukea, ahventa tai lahnaa. Loviisasta tutkitaan myös läheiseltä kalankasvatamolta saatu kalanpoikasnäyte. Olkiluodon lähellä ei ole kalanpoikaskasvatustoimintaa. 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.

## 5 SÄTEILYTURVAKESKUKSEN YMPÄRISTÖVALVONTAOHJELMA JA -MENETELMÄT

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 ympärivuotisesti useasta näytteenottopisteestä sylinterin muotoisiin keräysputkiin, jotka ankkuroidaan halutulle syvyydelle (kuva 7). Pohjasedimenttinäytteet kerätään vuosittain 5 – 6 pisteeltä ja näytteeksi otetaan pintakerros 0 – 5 cm. Pohjasedimenttinäyte otetaan siihen tarkoitettulla sylinterin muotoisella teräsrakenteisella sedimenttinoutimella (Gemini), joka oman painonsa tai lisäpainojen avulla painuu sedimenttiin ja sulkumekanismi lukitsee sedimenttipropun noutimen sisään.



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



**Kuva 7.** Sedimentoituvan aineksen keräin. Kuva: STUK.

#### 5.1.4 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 7 km säteellä ydinvoimalaitoksesta. Lisäksi kutsuttavien joukkoa täydennetään otannalla henkilöistä, joiden asuinosoite sijaitsee alle 10 km säteellä ydinvoimalaitoksesta. Nimi- ja osoitetiedot perustuvat Digi- ja väestötietoviraston väestötietorekisterin tietoihin. Mitattaviksi kutsutaan täysi-ikäisiä henkilöitä. Mittaukseen osallistuminen on vapaaehtoista ja mittaustuloksia käytetään sellaisessa muodossa, että tuloksia ei voi yhdistää yksittäisiin henkilöihin tai asuinosoitteisiin. Vuonna 2020 mittauksiin ei korona-pandemian takia kutsuttu yli 70-vuotiaita ja lisäksi mittaukset toteutettiin poikkeuksellisesti loppusyksystä. Normaalisti mittaukset pyritään toteuttamaan laitosten vuosihuoltojen aikaan.

Ydinvoimalaitoksen ympäristön asukkaiden kehon sisältämät gammasäteilevät radionuklidit määritetään suoralla gammaspektrometrillä mittauksella kehon ulkopuolelta. Tämä niin kutsuttu kokokehomittaus tapahtuu erityisellä mittaustulokselaitteella, 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 Valvontamenetelmät

Valvontaohjelman näytteenotot ja laboratorioanalyysit tekee ensisijaisesti STUKin Ympäristön säteilyvalvonta -osasto. Maito-, vilja-, juures-, kalanpoikas-, riista- ja lietenäytteet tulevat ulkopuolisilta toimittajilta. Valvontaohjelman C-14 analyysit teetetään Helsingin yliopiston Ajoituslaboratoriossa. STUKin Ympäristön säteilyvalvonta -osasto on FINASin akkreditoima testauslaboratorio T167, akkreditointivaatimus EN ISO/IEC 17025:2017.

### 5.2.1 Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet toimitetaan STUKin laboratorioon Helsinkiin analysoitavaksi. Näytteet puhdistetaan tarvittaessa niin, että ne sisältävät vain tarkoitettua lajia. Pilaantuneet tai muuten laatukriteerejä täyttämättömät näytteet hylätään esikäsittelyvaiheessa.

Elintarvikenäytteet käsitellään siten, että mittaukset tehdään syötävistä osista. Maitonäytteisiin lisätään säilöntäainetta pilaantumisen estämiseksi. Maitonäytteet haihdutetaan lämpölampun alla ja poltetaan uunissa tuhaksi. Maidon jodipitoisuus (I-131) määritetään erillisestä näytteestä ioninvaihdon avulla. Kuivattavat näytteet (jäkälä, sammal, neulas, saniaiset, sienet, marjat, riista, 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 lämpölampun avulla. Strontiumin radiokemiallisia analyysejä varten näytteet tuhkataan gammaspektrometrin mittauksen jälkeen. Tritiumin



määrittystä varten vesinäytteet tislataan. Elintarvikkeiden- ja ympäristönäytteiden tulokset ilmoitetaan näytteen tilavuutta tai kuivapainoa (kp.) kohden lukuun ottamatta sienien, marjojen, juuresten, riistan 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. 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 määrittämisessä näytteisiin lisätään ensin stabiilia Sr- ja Cs-kantajaa ja kiinteät näytteet saatetaan liuosmuotoon. 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 määritetään suoraan tislatusista vesinäytteistä nestetuikespektrometrillä. Plutoniumin analyysistä varten näytteisiin lisätään Pu-242 merkkiaine ja näytteet saatetaan liuosmuotoon ennen kemiallista erotusta. Plutonium erotetaan muista alfa-aktiivisista radionuklideista ioninvaihdon avulla ja mittauserä valmistetaan saostamalla ja mitataan alfaspektrometrillä. Alfaspektrometrin erotuskyky ei riitä erottamaan plutoniumin isotooppeja Pu-239 ja Pu-240 toisistaan, minkä vuoksi 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. Sr-89 aktiivisuuspitoisuus jäi kaikkien niiden näytteiden osalta, mistä se määritettiin, alle määrittämiskrajan. Sr-89 määrittämiskrajat 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					
Marjat	x					
Riista	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	x			
Pintasedimentti	x	x				x
Sedimentoituva aines	x					x
Ympäristön asukkaat	x					

## 6 Ympäristövalvonnan tulokset

Olkiluodon voimalaitoksen maa- ja meriympäristöstä kerättiin ja analysoitiin yhteensä 467 näytettä vuoden 2020 aikana. Näytteistä 163 olivat STUKin valvontanäytteitä ja loput olivat osa luvanhaltijan omaa valvontaohjelmaa. Loviisan voimalaitoksen maa- ja meriympäristöstä tutkittiin yhteensä 493 näytettä vuoden 2020 aikana. Näistä 146 oli STUKin viranomaisvalvontanäytteitä. Näiden lisäksi mitattiin myös kummankin voimalaitoksen lähiympäristön asukkaiden kehoihin kertynyttä radioaktiivisuutta.

Vuoden 2020 näytteiden STUKin valvontamittausten yksityiskohtaiset analyysitulokset esitetään taulukoissa 2 – 22 sekä liitteessä 5. Luvanhaltijoiden omien mittausten tuloksia käsitellään tekstissä. Kaikki radionuklidit, joita esiintyy tulostaulukoissa eivät ole peräisin Olkiluodon tai Loviisan voimalaitoksista. Ympäristönäytteissä ja ihmisessä esiintyy aina radioaktiivista kalium-isotooppia 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 pieniä määriä radionuklidia Cs-137:ää, joka on peräisin ilmakehässä tehdyistä ydinasekokeista 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, 2020). Pohjanlahden ja Suomenlahden meriveden Cs-137 pitoisuus on yleisesti noin 20-30  $\text{Bq}/\text{m}^3$  ja Sr-90 pitoisuus noin 4 – 11  $\text{Bq}/\text{m}^3$  (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). Ilmanäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli pieni.

**Taulukko 2.** Luvanhaltijoiden valvontaa täydentävä ilmanäyte.

Keräys- paikka	Keräys- jakso	Co-60 μBq/m <sup>3</sup>	I-131 μBq/m <sup>3</sup>	Epävarmuus 2σ	Cs137 μBq/m <sup>3</sup>	Epävarmuus 2σ
Loviisa	10.8.20- 14.8.20	<1,0	<1,0		0,84	61 %
Loviisa	28.9.20- 2.10.20	<0,73	0,93	21 %	1,65	22 %
Olkiluoto	25.5.20- 29.5.20	<1,3	<1,5		<1,0	

Luvanhaltijan omissa ilmamittauksissa havaittiin Loviisassa voimalaitosperäistä Co-60:tä ensimmäisellä vuosineljänneksellä kahdessa ilmanäytteessä ja toisella vuosineljänneksellä yhdessä ilmanäytteessä. Olkiluodossa ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja.

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 0,26 – 1,63 Bq/m<sup>2</sup>, tritiumpitoisuuden ollessa alle 2 Bq/l. Olkiluodossa vastaava vaihteluväli oli 0,11 – 0,28 Bq/m<sup>2</sup>, tritiumpitoisuuden ollessa 2 Bq/l tai alle. Muita voimalaitosperäisiä nuklideja ei havaittu. Havaitut Cs-137 ja H-3 aktiivisuuspitoisuudet vastaavat muualla Suomessa kerätyissä näytteissä havaittavia pitoisuuksia. Koko vuoden yhdistettyjen laskeumanäytteiden Sr-90 tulokset vaihtelivat välillä 0,02 – 0,08 Bq/m<sup>2</sup> (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, 2020).

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

Paikka	Keräysjakso	Sr-90 Bq/m <sup>2</sup>	2 σ
Loviisa	31.12.2019 - 31.12.2020	0,06	11 %
	31.12.2019 - 31.12.2020	0,02	16 %
Olkiluoto	27.12.2019 - 23.12.2020	0,08	10 %

## 6.2 Maaympäristö

Maaympäristön näytteissä ei havaittu voimalaitosperäisiä nuklideja (taulukko 4). Maaympäristön näytteiden Cs-137 pitoisuudet vaihtelivat eri näytteiden välillä. Sammal ja jäkälä keräävät tehokkaasti ympäristön radionuklideja ja näissä kasveissa havaitaan paikoitellen korkeitakin pitoisuuksia pääasiassa Tshernobylin ydinonnettomuudesta peräisin olevaa Cs-137:ää. Aiempina vuosina on Loviisan maaympäristön kasveissa havaittu suurempia Cs-137 aktiivisuuspitoisuuksia ja tämän vuoden tulokset eivät poikkea aikaisempien vuosien havainnoista.

Luvanhaltija keräsi Olkiluodon ympäristöstä jäkälä-, sammal-, männynneulas- ja saniaisnäytteet. Näissä luvanhaltijan näytteissä havaittiin vain luonnonnuklideja ja Cs-137:ää, jonka pitoisuus vaihteli välillä 87 – 510 Bq/kg. Näytteiden aktiivisuuspitoisuudet vastaavat STUKin valvontaohjelman näytteistä mitattuja aktiivisuuspitoisuuksia. Loviisan voimalaitoksen ympäristöstä luvanhaltija keräsi saniaisnäytteen, jossa ei havaittu voimalaitosperäisiä nuklideja.

**Taulukko 4.** Jäkälä-, sammal-, neulas- ja saniaisnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Paikka	Keräys-päivä	Be-7 Bq/kg	2 $\sigma$	Cs-137 Bq/kg	2 $\sigma$	C-14 Bq/kg	2 $\sigma$	Sr-90 Bq/kg	2 $\sigma$
<b>Kuusenneulas</b>									
Loviisa	5.6.20	<5,6		410	10 %	120	5 %		
Olkiluoto	12.6.20	6,2	21 %	120	10 %	130	5 %		
Vertailu Mäntyharju	21.6.20	11	17 %	25	11 %	120	5 %	4,1	9,0 %
<b>Poronjäkälä</b>									
Loviisa	11.8.20	170	12 %	250	10 %				
Olkiluoto	24.8.20	180	12 %	87	10 %				
Vertailu Mustio	2.7.20	170	12 %	29	10 %				
<b>Karhunsammal</b>									
Loviisa	11.8.20	330	10 %	2030	10 %			2,8	9,2 %
Olkiluoto	5.8.20	360	8,0 %	73	7,8 %			1,7	9,5 %
Vertailu Kimola	5.10.20	760	9,3 %	240	9,2 %				
<b>Saniainen</b>									
Loviisa	11.8.20	50	9,2 %	2300	7.6 %				
Olkiluoto	25.8.20	230	12 %	510	10 %				
Vertailu Mustio	2.7.20	80	15 %	220	13 %				

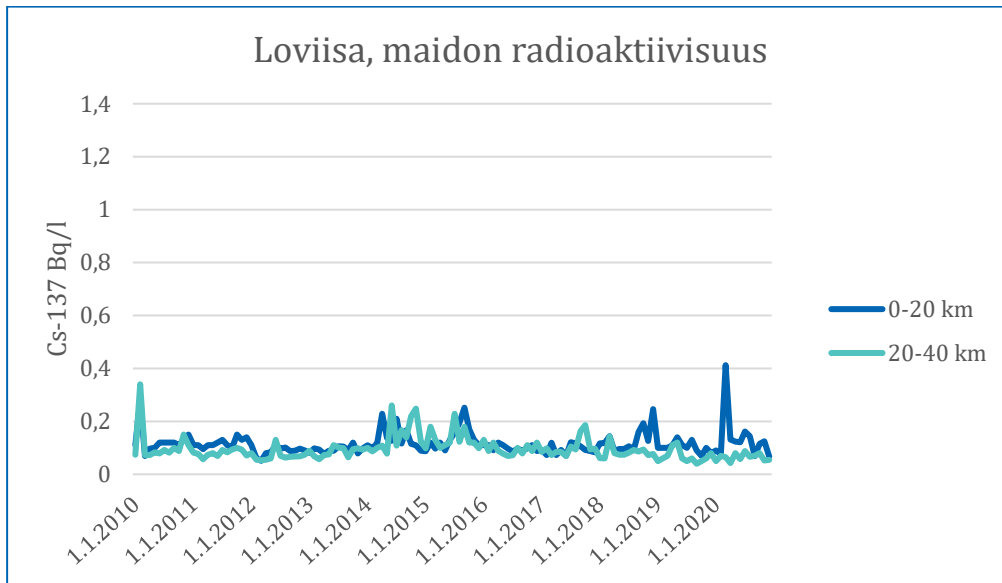
Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten lähistöltä kerättyjen sieninäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 51 – 490 Bq/kg tuorepainoa kohden (taulukko 5). Tšernobylin laskeuman jäljiltä sieninäytteissä voi esiintyä ajoittain kohonneita Cs-137 pitoisuuksia ja tiettyjen sienilajien (kuten rouskut) kohdalla voidaan havaita yleisesti 600 Bq/kg ylityksiä myös vähäisen laskeuman alueilla (Kostiainen ja Ylipieti, 2010). EU:n suosittelema raja-arvo markkinoille saatettaville luonnon elintarvikkeille on 600 Bq/kg (EU-suositus 274/2003/EC). Voimalaitosten lähialueilta kerättyjen marjanäytteiden ja paikallisilta metsästäjiltä saatujen riistanlihanäytteiden aktiivisuuspitoisuudet olivat pienet, alle 40 Bq/kg tuorepainoa kohden.

**Taulukko 5.** Sieni-, marja- ja riistanäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

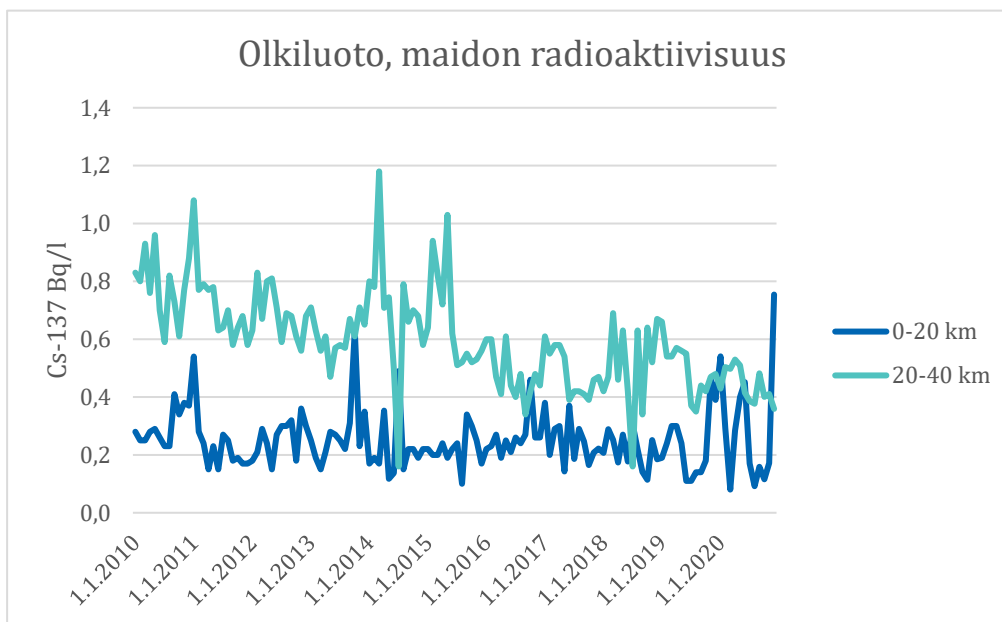
Paikka	Keräyspäivä	Laji	Cs-137 Bq/kg tp.	2σ
<b>Sienet</b>				
Loviisa	29.9.20	karvarousku	430	6 %
	29.9.20	kangastatti	490	12 %
	30.9.20	voitatti	79	11 %
Olkiluoto	29.9.20	suppilovahvero	270	13 %
	7.8.20	herkkutatti	51	12 %
	25.8.20	keltavahvero	61	11 %
	22.9.20	kangasrousku	72	7 %
	22.9.20	vaalea orakas	190	12 %
<b>Marjat</b>				
Loviisa	11.8.20	mustikka	20	13 %
	29.9.20	puolukka	38	16 %
Olkiluoto	27.8.20	vadelma	0,68	13 %
<b>Riista</b>				
Loviisa	3.11.20	hirvi	25	11 %
	3.11.20	valkohäntäpeura	20	23 %
Olkiluoto	21.11.20	hirvi	20	6,8 %
	29.11.20	valkohäntäpeura	33	16 %

Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvontaohjelman maitonäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 0,04 – 0,75 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 2020 Cs-137:lle välillä 0,11 – 1,4 Bq/l ja Sr-90:lle välillä 0,02 – 0,03 Bq/l (Mattila ja Inkinen, 2020). Kuvassa 8 ja 9 on esitetty ydinvoimalaitosten ympäristön valvontaohjelman maitonäytteiden aktiivisuuspitoisuuden Cs-137:lle vuosina 2010 – 2020. Joka toinen kuukausi tutkittiin 20 km etäisyydeltä voimalaitoksista sijaitsevilta maitotiloilta toimitetuista näytteistä myös I-131. Missään maitonäytteessä ei havaittu I-131:tä (määritysraja 0,007 – 0,022 Bq/l).

Valvontaohjelman maaympäristön maataloustuotteiden (vilja ja peruna) ja laidunruohon valvontamittauksissa ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja (taulukko 7). Näytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli alhainen. Vehnässä ei havaittu Sr-89:ää. Viljanäytteiden Sr-90 aktiivisuuspitoisuus oli Loviisassa 0,04 Bq/kg ja Olkiluodossa 0,22 Bq/kg. Laidunruohojen C-14 pitoisuus oli 108 Bq/kg Loviisassa, 117 Bq/kg Olkiluodossa ja vertailunäytteessä (Kimola) 116 Bq/kg. Luvanhaltijoiden valvontaohjelmissa Loviisan ympäristön omenanäytteessä ja Olkiluodon ympäristön salaatinäytteessä ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja.



**Kuva 8.** Loviisan voimalaitoksen lähistön (tilojen etäisyys voimalaitokselta 0 – 20 km tai 20 – 40 km) meijereiden toimittamien maitonäytteiden Cs-137 pitoisuus (Bq/l) vuosina 2010 – 2020.



**Kuva 9.** Olkiluodon voimalaitoksen lähistön (tilojen etäisyys voimalaitokselta 0 – 20 km tai 20 – 40 km) meijereiden toimittamien maitonäytteiden Cs-137 pitoisuus (Bq/l) vuosina 2010 – 2020.

**Taulukko 6.** Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitosten ympäristöjen meijereiden maitonäytteiden radioaktiivisuusvalvonnan tulokset vuonna 2020.

Paikkakunta	Keräysjakso	0 – 20km				20 – 40 km			
		K-40 Bq/l	2 $\sigma$	Cs-137 Bq/l	2 $\sigma$	K-40 Bq/l	2 $\sigma$	Cs-137 Bq/l	2 $\sigma$
Loviisa	5.1.20-26.1.20	49	15 %	0,09	17 %	48	18 %	0,05	20 %
	2.2.20-23.2.20	50	15 %	0,08	14 %	57	16 %	0,07	21 %
	1.3.20-29.3.20	47	11 %	0,41	11 %	51	17 %	0,06	16 %
	05.4.20-26.4.20	48	17 %	0,13	13 %	50	14 %	0,04	23 %
	3.5.20-31.5.20	52	17 %	0,12	14 %	51	11 %	0,08	14 %
	7.6.20-28.6.20	52	16 %	0,12	17 %	53	16 %	0,06	19 %
	5.7.20-26.7.20	48	15 %	0,16	13 %	47	27 %	0,09	15 %
	2.8.20-30.8.20	49	12 %	0,14	15 %	47	11 %	0,07	15 %
	6.9.20-27.9.20	47	11 %	0,07	14 %	47	18 %	0,07	16 %
	4.10.20-25.10.20	49	17 %	0,11	13 %	49	13 %	0,08	14 %
	1.11.20-29.11.20	46	15 %	0,12	15 %	49	15 %	0,05	24 %
6.12.20-27.12.20	50	16 %	0,07	24 %	48	15 %	0,05	23 %	
Olkiluoto	5.1.20-26.1.20	50	12 %	0,54	14 %	45	18 %	0,43	13 %
	2.2.20-23.2.20	47	15 %	0,29	12 %	49	15 %	0,50	11 %
	1.3.20-29.3.20	54	19 %	0,08	15 %	52	15 %	0,50	15 %
	5.4.20-26.4.20	52	18 %	0,28	17 %	49	15 %	0,53	11 %
	3.5.20-31.5.20	53	19 %	0,40	11 %	54	12 %	0,51	14 %
	7.6.20-28.6.20	52	16 %	0,45	15 %	53	15 %	0,41	14 %
	5.7.20-26.7.20	47	15 %	0,17	11 %	55	15 %	0,39	15 %
	2.8.20-30.8.20	50	12 %	0,09	16 %	52	14 %	0,38	10 %

## 6 YMPÄRISTÖVALVONNAN TULOKSET

	6.9.20- 27.9.20	48	14 %	0,16	16 %	48	15 %	0,48	11 %
	4.10.20- 25.10.20	49	15 %	0,12	18 %	51	17 %	0,40	12 %
	1.11.20- 29.11.20	52	16 %	0,17	16 %	48	15 %	0,41	11 %
	6.12.20- 27.12.20	50	14 %	0,75	9 %	47	15 %	0,36	11 %

**Taulukko 7.** Laidunruoho- vilja- ja juuresnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Paikka	Keräys-päivä	Laji	K-40 Bq/kg	epävarmuus 2σ	Cs-137 Bq/kg	epävarmuus 2σ
<b>Laidunruoho</b>						
Loviisa	13.8.20	Laidunruoho	740	13 %	0,57	31 %
Olkiluoto	2.6.20	Laidunruoho	660	12 %	0,95	20 %
Vertailu, Kimola	17.8.20	Laidunruoho	940	15 %	1,5	24 %
<b>Vilja</b>						
Loviisa	08.10.20	Vehnä	140	15 %	0,12	41 %
	08.10.20	Kaura	110	17 %	0,70	16 %
Olkiluoto	20.10.20	Vehnä	140	15 %	0,55	13 %
	20.10.20	Kaura	110	17 %	0,46	21 %
Vertailu, Kimola	5.10.20	Vehnä	98	17 %	0,3	18 %
	5.10.20	Kaura	100	13 %	0,3	21 %
<b>Juures</b>						
Loviisa	08.10.20	Peruna	155	14 %	0,14	25 %
Olkiluoto	20.10.20	Peruna	146	17 %	<0,06	

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



**Taulukko 8.** Rauman ja Loviisan kaupunkien talousveden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Paikka	Keräys-päivä	H-3 Bq/l	2σ	Sr-90 Bq/m <sup>3</sup>	2σ	Cs-137 Bq/m <sup>3</sup>	2σ
Loviisa	15.5.20	<0,97				<0,30	
	4.12.20	<1,02				<0,49	
	15.5.20-7.12.20*			<0,07			
Loviisa voimalaitos	28.2.20-1.12.20*			2,8	9 %		
Rauma	27.5.20	<0,97				1,6	18 %
	20.10.20	1,03	63 %			2,2	20 %
	27.5.20-20.10.20*			6,5	9 %		
Olkiluoto voimalaitos	21.1.20-23.9.20*			3,5	9 %		

\*yhdistetty vuosinäyte, määritetään ainoastaan Sr-90

Loviisan tai Olkiluodon ympäristöstä otetuista pohjavesinäytteistä ei kummastakaan löytynyt keinotekoisia radionuklideja. Loviisan läheltä, Vårdön jätevedenpuhdistamolta otettiin kaksi lietenäytettä, toinen helmikuussa ja toinen vuosihuollon aikaan elokuussa. Näissä näytteissä ei havaittu voimalaitosperäisiä nuklideja. Loviisassa tutkitaan lietenäytteet luvanhaltijan omassa ohjelmassa Loviisan voimalaitosalueen jätevedenpuhdistamolta neljä kertaa vuodessa, vuosihuoltojen aikana sekä näiden ajankohtien ulkopuolella. Näistä lietenäytteistä havaittiin voimalaitokselta peräisin olevia keinotekoisia radioaktiivisia aineita: Mn-54, Cr-51, Co-58, Co-60, Ag-110m, Nb-95, Zr-95, Te-123m, Sb-124 ja Hf-181. Näistä Nb-95:tä, Zr-95:tä ja Hf-181:tä havaitaan harvemmin, kun taas muita nuklideja havaitaan lietenäytteissä useammin (Fortum, 2021) Olkiluodossa lietenäyte otettiin toukokuussa vuosihuollon aikana UPM Rauman jätevedenpuhdistamolta. Näytteessä havaittiin I-131:ä (21 Bq/kg näytteen kuivapainoa kohti), joka on yleinen sairaaloiden isotooppihoidossa käytetty nukliidi. Todennäköisesti I-131 on peräisin isotooppihoitoa saaneesta potilaasta.

### 6.3 Meriympäristö

Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten meriympäristöstä kerätyistä näytteistä havaittiin joitakin voimalaitosperäisiä radionuklideja. Radionuklidien pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, eikä niillä ole merkitystä ympäristön säteilyaltistukseen. [Olkiluodon ydinvoimalaitoksen 2. yksikössä tapahtui 10.12.2020 pikasulkuun johtanut vakava häiriö](#). Häiriötilanteen mahdollista vaikutusta ympäristöön seurattiin ottamalla seuraavalla viikolla ylimääräinen merivesi- ja tähkä-ärviänäyte laitoksen purkuaukon läheisyydestä.

Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty merivesinäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020. 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.

Pidemmissä aikasarjoissa (kuvat 10 ja 11) 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 luvanhaltijan mittauksissa Loviisassa välillä 1,05 – 5,95 Bq/l ja Olkiluodossa 2,2 – 2,3 Bq/l. Luvanhaltijoiden ottamien merivesinäytteiden analyysitulokset vastasivat STUKin ottamien näytteiden tuloksia.

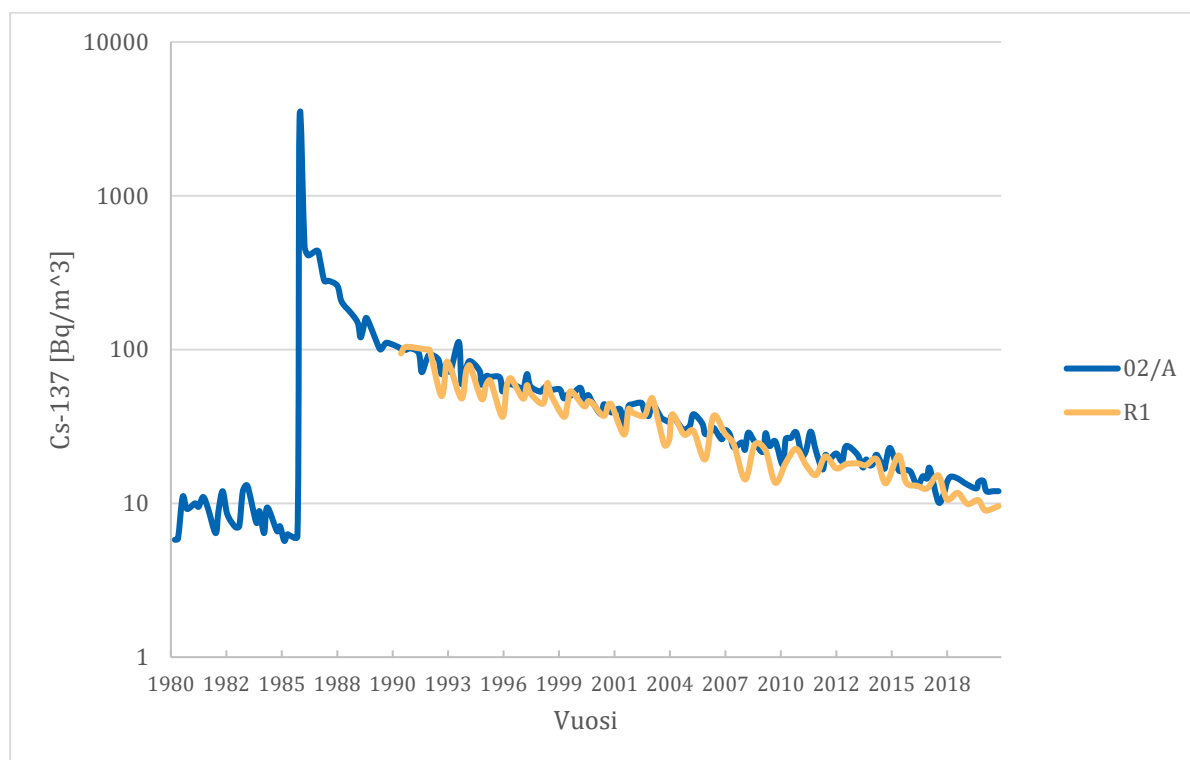
**Taulukko 9.** Loviisan merivesinäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Paikka	Keräys-päivä	H-3 Bq/l	epä-varmuus 2 $\sigma$	Sr-90 Bq/m <sup>3</sup>	epä-varmuus 2 $\sigma$	Cs-137 Bq/m <sup>3</sup>	epä-varmuus 2 $\sigma$
Halkokari 02	11.2.20	2,8	26 %	5,6	10 %	14	13 %
	7.4.20	2,7	26 %	5,5	10 %	12	14 %
	11.8.20	1,6	41 %	6,2	10 %	12	13 %
	12.11.20	2,1	33 %	5,3	13 %	12	15 %
Klobbfjärden 1	17.3.20	6,4	16 %			11	15 %
	12.11.20	3,3	24 %			12	17 %
Vådholmsfjärden 4	18.3.20	16	12 %			14	17 %
	12.11.20	1,8	38 %			12	17 %
Hudöfjärden 8	18.3.20	1,4	47 %			13	17 %
	11.11.20	1,4	47 %			13	12 %
Påsalöfjärden R1	18.3.20	<0,98		5,1	10 %	9	15 %
	11.11.20	1,1	59 %	6,0	13 %	10	15 %

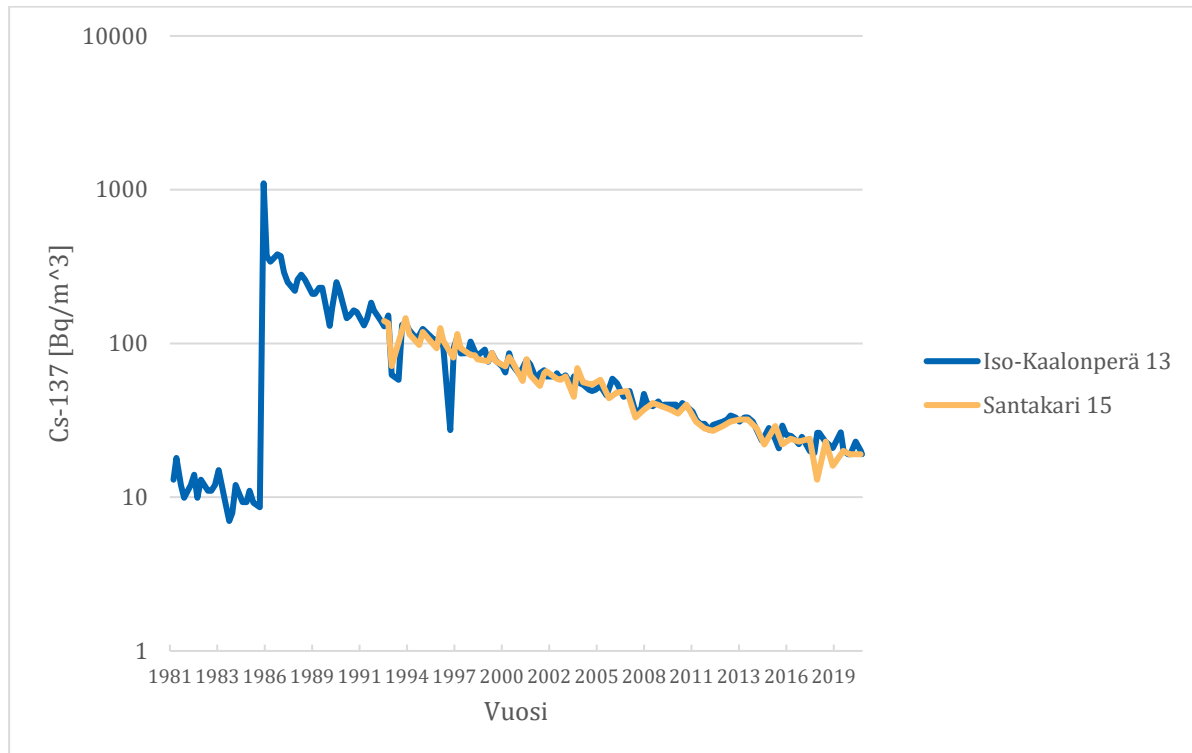
**Taulukko 10.** Olkiluodon merivesinäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Paikka	Keräys-päivä	H-3 Bq/l	epävarmuus 2σ	Sr-90 Bq/m <sup>3</sup>	epävarmuus 2σ	Cs-137 Bq/m <sup>3</sup>	epävarmuus 2σ
Iso Kaalonperä 13	27.2.20	9,9	13 %	6,0	10 %	19	12 %
	16.4.20	<0,98		6,0	10 %	<0,52	
	6.8.20	20	11 %	6,6	10 %	23	12 %
	20.11.20	1,2	55 %	5,5	14 %	20	13 %
	17.12.20*	3,9	21 %			19	13 %
Liponluoto 2	2.4.20	1,1	55 %			17	13 %
	20.11.20	1,1	59 %			20	13 %
Rääpinkivet 3	2.4.20	<0,98				17	13 %
	18.11.20	1,0	63 %			19	16 %
Santakari 15	2.4.20	<0,98				19	13 %
	18.11.20	<1,0				19	11 %
Kylmäpihlaja 17	6.5.20	<0,97				20	16 %
	17.11.20	<1,0				18	13 %
Viikari 16	2.4.20	<0,98		5,7	10 %	19	16 %
	18.11.20	<1,0		5,1	13 %	20	13 %

\*Ylimääräinen näytteenotto Olkiluodon 2. yksikön laitoshäiriön jälkeen



**Kuva 10.** Cs-137 aktiivisuuspitoisuus merivedessä Loviisan voimalaitoksen lähimmällä (02/A, sininen) ja kauimmaisella (R1, keltainen) näytteenottpisteellä esitettyä logaritmisella asteikolla vuosina 1980-2020.



**Kuva 11.** Cs-137 aktiivisuuspitoisuus merivedessä Olkiluodon voimalaitoksen lähimmällä (Iso-Kaalonperä 13, sininen) ja kauimmaisella (Santakari 15, keltainen) näytteenotto-pisteellä esitettynä logaritmisella asteikolla vuosina 1981 – 2020.

Voimalaitosten lähialueelta kalastetaan kahdelta eri etäisyydeltä voimalaitoksesta, Loviisassa kalastusalueet ovat 0 – 2 km ja 2 – 10 km etäisyydellä laitoksesta ja Olkiluodossa 0 – 3 km ja 3 – 10 km etäisyydellä laitokselta. Silakat kalastetaan 0 – 10 km etäisyydeltä. Kalanäytteiden (silakka, ahven, hauki ja lahna) Cs-137 pitoisuudet vaihtelivat välillä 1,9 – 11 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, 2020). Kalanäytteiden Sr-90 pitoisuudet olivat myös alhaiset. Loviisan Smoltin kalankasvattamolta saadun kalanpoikasnäytteen Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli erittäin alhainen.

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.

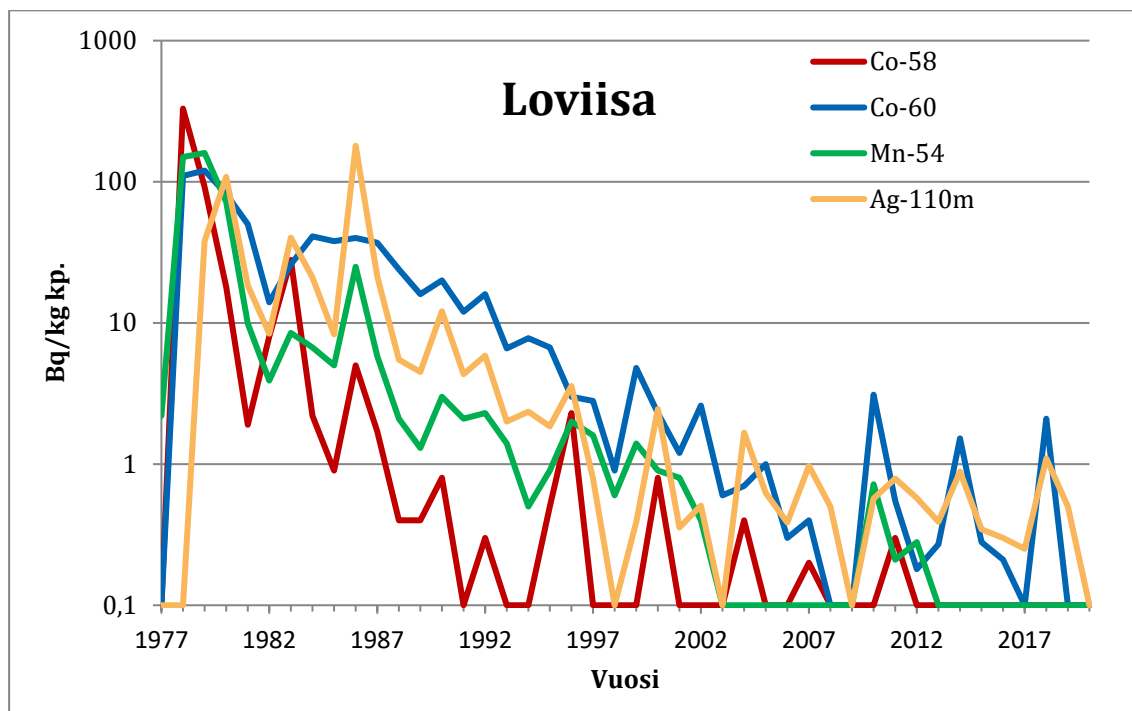
**Taulukko 11.** Loviisan ja Olkiluodon meriympäristön kalanäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

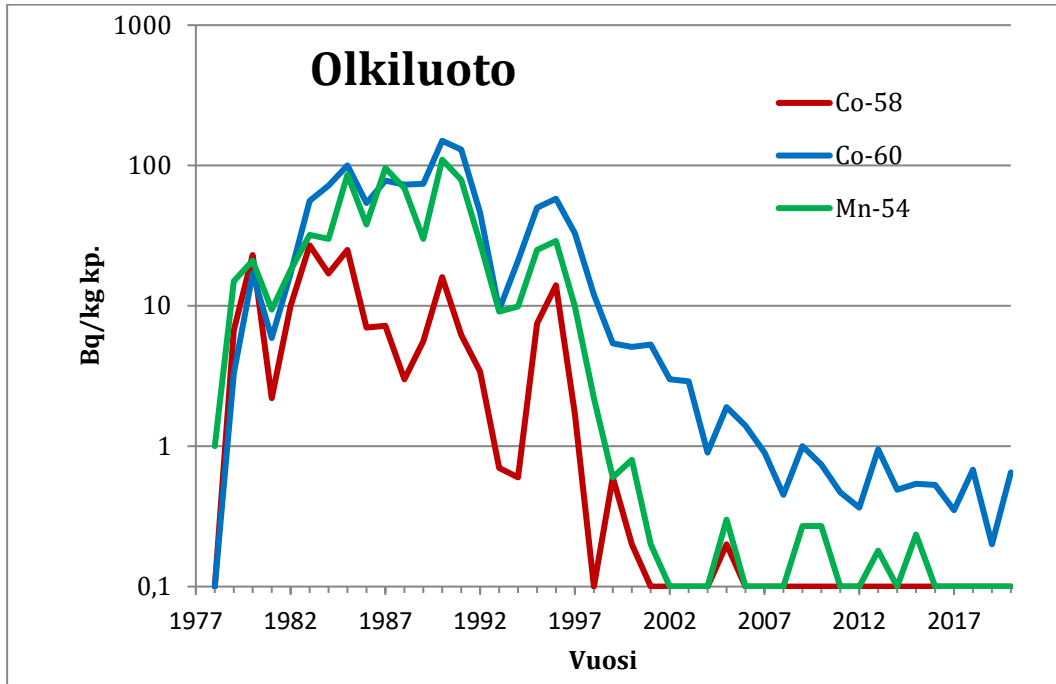
Näytelaji	Paikka	Keräys- jakso	Cs-137 Bq/kg	Epävarmuus 2 $\sigma$	Sr-90 Bq/kg	Epävarmuus 2 $\sigma$
Silakka	Loviisa 0 – 10 km	30.7.20	3,5	12 %	0,035	19 %
	Olkiluoto 0 – 10 km	6.5.20- 7.5.20	3,1	17 %	0,030	22 %
Ahven	Loviisa 0 – 2 km	3.6.20- 4.6.20	8,3	11 %	0,015	24 %
	Loviisa 2 – 10 km	4.6.20- 28.7.20	7,5	12 %		
	Olkiluoto 0 – 3 km	7.5.20- 10.6.20	11	18 %	0,006	43 %
	Olkiluoto 3 – 10 km	8.7.20- 8.7.20	11	17 %		
	Vertailu	4.6.20 – 28.7.20	6,2	13 %		
Hauki	Loviisa 0 – 2km	19.5.20- 31.7.20	5,9	12 %		
	Loviisa 2 – 10 km	16.6.20- 29.7.20	6,3	11 %		
	Olkiluoto 0 – 3 km	7.5.20	6,8	9 %		
	Olkiluoto 3 – 10 km	6.8.20	7,6	9 %		
	Vertailu	29.7.20	6,2	23 %		
Lahna	Loviisa 0 – 2 km	13.5.20	2,0	9 %		
	Loviisa 2 – 10 km	16.6.20- 28.7.20	1,9	18 %		
	Olkiluoto 0 – 3 km	7.5.20	2,8	17 %		
	Olkiluoto 3 – 10 km	27.5.20	2,2	10 %		
Kalanpoikas- näyte	Loviisan Smoltti	8.6.20	0,14	23 %		

**Taulukko 12.** Loviisan ja Olkiluodon meriympäristöstä kerättyjen pohjaeläinten valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

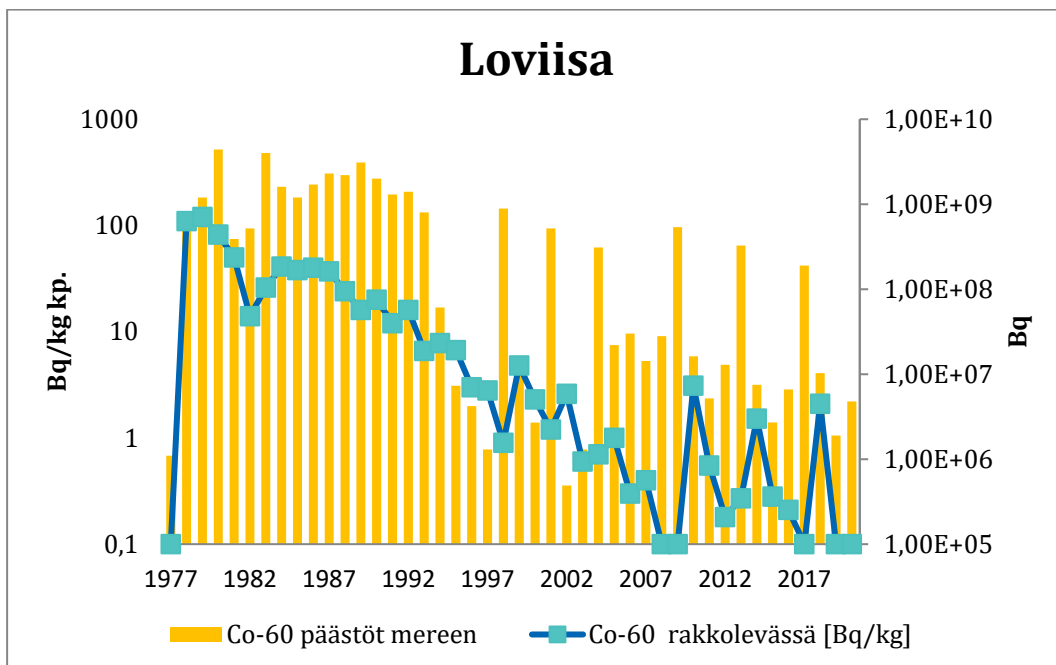
Näytelaji	Paikka	keräysjakso	Sr-90 Bq/kg	2 $\sigma$	Ag-110m Bq/kg	2 $\sigma$	Cs-137 Bq/kg	2 $\sigma$
Kilkki	Hästholmsfjärden 3	6.4.20-9.4.20	8,9	10 %	1,3	20 %	6,8	14 %
Sinisimpukka	Iso Kaalonperä	4.8.20	7,3	13 %	<0,4		0,50	38 %
Sinisimpukka	Vertailu, Kylmäpihlaja	5.8.20	ei määritetty		<0,4		0,62	41 %

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 12 ja 13 näkyy muutamien merkittävimpien voimalaitosperäisten nuklidien aktiivisuuspitoisuuksien vuosikeskiarvot lähimpänä voimalaitosta otetuista rakkolevänäytteistä. Voimalaitosperäisten nuklidien aktiivisuuspitoisuudet rakkolevänäytteissä ovat pienentyneet selvästi, kun voimalaitosten päästöt ovat pienentyneet. Kuvissa 14 ja 15 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.

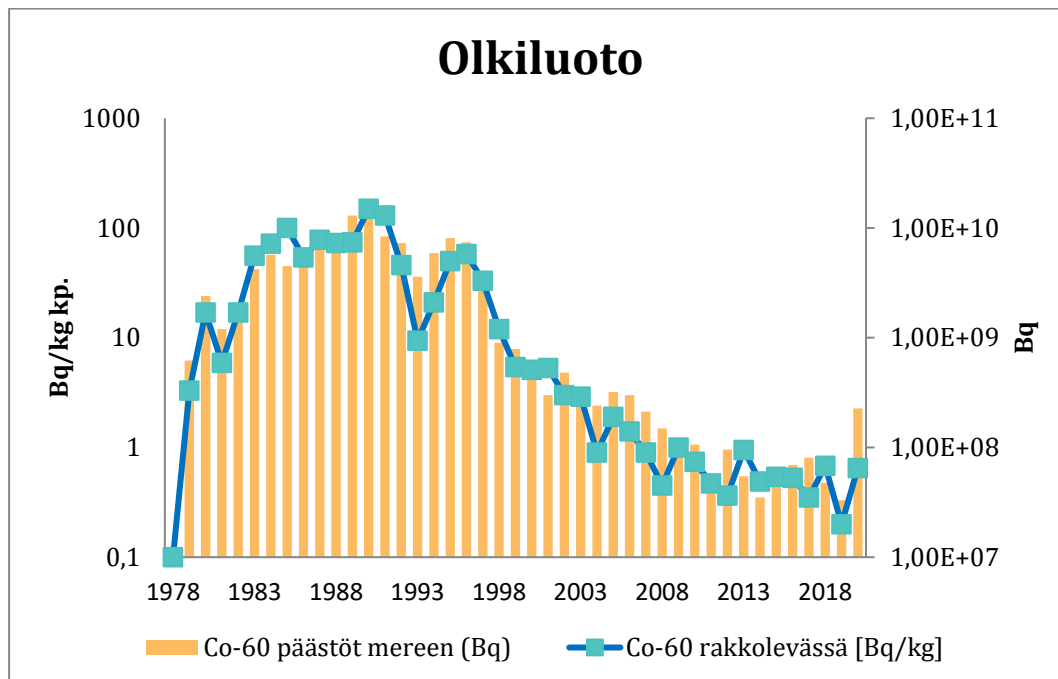
**Kuva 12.** Merkittävimpien voimalaitosperäisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksien keskiarvot rakkolevässä (Bq/kg kuivapainoa) logaritmisella asteikolla Loviisan voimalaitoksen lähimmällä näytteenotuspisteellä vuosina 1977 – 2020.



**Kuva 13.** Merkittävimpien voimalaitosperäisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksien keskiarvo rakkolevässä (Bq/kg kuivapainoa) logaritmisella asteikolla Olkiluodon voimalaitoksen lähimmällä näytteenotuspisteellä vuosina 1977 – 2020.



**Kuva 14.** Co-60 päästöt mereen ja Co-60 aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo logaritmisella asteikolla voimalaitosta lähimmän näytteenotuspisteen rakkolevänäytteissä Loviisan voimalaitoksella vuosina 1977 – 2020.



**Kuva 15.** Co-60 päästöt mereen ja Co-60 aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo logaritmisella asteikolla voimalaitosta lähimmän näytteenotopisteen rakkolevänäytteissä Olkiluodon voimalaitoksella vuosina 1977 – 2020.

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-60, Nb-95, Zr-95, Ag-110m, Te-123m, Sb-124 ja Cs-137 ja Olkiluodossa havaitut olivat Mn-54, Co-58, Co-60, I-131, Cs-134, Cs-137, La-140 ja Ce-141. Perifytonnäytteiden lisäksi Olkiluodossa havaittiin myös rakkolevässä Co-60:tä (taulukko 13 ja 14). Loviisan rakkolevässä ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja. Rakkolevien Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat välillä 7,9 – 16 Bq/kg. Loviisan Björkholmenin näytteenotopisteeltä ei saatu toista rakkolevänäytettä kasvuston puutteen vuoksi, korvaavaksi näytteeksi otettiin tähkä-ärviä. 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 ja 16) tehtiin havaintoja vähäisestä määrästä voimalaitosperäisiä radionuklideja. Olkiluodon laitoshäiriön takia otetussa ylimääräisessä tähkä-ärviänäytteessä havaittiin joitain voimalaitosperäisiä nuklideja, mutta aktiivisuuspitoisuudet eivät merkittävästi poikenneet vuosihuollon aikana otetun näytteen pitoisuuksista. Yhdestä Loviisan voimalaitosten purkualueelta kerätystä uposlehtisistä vesikasvinäytteestä (tähkä-ärviä) havaittiin Ag-110m:ää ja Olkiluodon purkualueen uposlehtisissä vesikasveissa (tähkä-ärviä ja hapsivita) näytteissä havaittiin Mn-54:ää, Co-58:aa, Co-60:tä, Sb-125:tä, Ce-141:tä. Tähkä-ärviänäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuudet olivat välillä 3,5 – 34 Bq/kg. Uposlehtisten vesikasvien vertailunäytteet kerättiin purkuaukosta kauempaa mutta kuitenkin voimalaitoksen lähietäisyydeltä (Tallholmen Loviisassa ja Aikonmaa Olkiluodossa), 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 vuonna 2020.

Näytepiste	Keräyspäivä	Cs-137 Bq/kg	2 $\sigma$	Sr-90 Bq/kg	2 $\sigma$
Stenörarna	13.5.20	14	16 %		
	28.7.20	13	11 %		
Björkholmen B1	13.5.20	16	13 %	6,7	11 %
Lilla Djupberget C	12.5.20	11	10 %		
	28.7.20	14	11 %		
Boistö D	12.5.20	12	11 %		
	28.7.20	15	16 %		
Storskarven E	12.5.20	11	18 %	4,7	10 %
	28.7.20	10	17 %		

Epävarmuus 2 $\sigma$  tarkkuudella**Taulukko 14.** Olkiluodon meriympäristöstä kerätyissä rakkolevänäytteissä havaitut radionuklidit vuonna 2020.

Paikka	Keräyspäivä	Co-60 Bq/kg	2 $\sigma$	Cs-137 Bq/kg	2 $\sigma$	Sr-90 Bq/kg	2 $\sigma$
Iso Kaalonperä 9	7.5.20	<0,43		15	18 %	5,2	10 %
	4.8.20	1,3	13 %	13	12 %		
Kalliopöllä B	7.5.20	<0,39		15	12 %		
	4.8.20	0,90	17 %	12	16 %		
Reimarkrunni	6.5.20	0,41	49 %	12	18 %		
	5.8.20	2,0	18 %	12	18 %		
Iso-Siiliö D	8.5.20	<0,31		8,3	12 %		
	5.8.20	<0,52		12	12 %		
Iso-Pietari C	7.5.20	<0,32		9,5	13 %		
	4.8.20	<0,4		13	12 %		
Kylmäpihlaja 17	6.5.20	<0,32		7,9	12 %		
	5.8.20	<0,21		7,6	11 %		
Viikari 16	5.5.20	<0,33		9,1	13 %	4,5	10 %
	4.8.20	<0,27		13	18 %		

**Taulukko 15.** Loviisan meriympäristöstä kerätyistä uposlehtisistä vesikasveista havaitut radionuklidit vuonna 2020.

Paikka	Laji	Keräyspäivä	Ag-110m Bq/kg	2 $\sigma$	Cs-137 Bq/kg	2 $\sigma$
Halkokari	Tähkä-ärviä	30.7.20	<0,36		20	17 %
Tallholmen (Vertailu)	Hapsivita	30.7.20	<0,22		3,6	13 %
Björkholmen B1*	Tähkä-ärviä	12.8.20	3,7	19 %	11	12 %

\*Korvaa rakkolevänäytteen

**Taulukko 16.** Olkiluodon meriympäristöstä kerätyistä uposlehtisistä vesikasveista havaitut radionuklidit vuonna 2020.

Paikka	Laji	Keräys-päivä	Mn-54 Bq/kg	2σ	Co-58 Bq/kg	2σ	Co-60 Bq/kg	2σ	Sb-125 Bq/kg	2σ	Cs-137 Bq/kg	2σ	Ce-141 Bq/kg	2σ
Iso Kaalon-perä	Tähkä- ärviä	11.6.20	5,3	13 %	<0,4		36	7 %	1,1	50 %	30	11 %	<0,4	
Iso Kaalon-perä	Hapsi- vita	6.8.20	0,41	38 %	<0,4		6,5	15 %	<0,8		3,5	18 %	<0,3	
Iso Kaalon-perä	Tähkä- ärviä	17.12.20*	4,3	15 %	1,3	27 %	20	12 %	<1,2		9,4	12 %	0,7	29 %
Aikonmaa (Vertailu)	Tähkä- ärviä	6.8.20	<0,4		<0,4		<0,4		<1,0		34	17 %	<0,5	

\*Ylimääräinen näytteenotto Olkiluodon 2. yksikön laitoshäiriön jälkeen

Voimalaitoksien ympäristöistä kerätyistä sedimentoituvan aineksen näytteistä havaittiin pieniä pitoisuuksia voimalaitokselta peräisin olevia radionuklideja (taulukko 17 ja 18). Loviisassa havaittiin Co-58:aa, Co-60:tä, Nb-95:tä, Ag-110m:tä ja Cs-137:ää, ja Olkiluodossa havaittiin Co-60:tä, Sb-125:tä ja Cs-137:ää. Sedimentoituvassa aineessa havaittava Cs-137 on suurelta osin peräisin Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta. Rakkolevänäytteistä ja sedimentoituvasta aineksesta tutkittiin myös plutoniumin isotooppien Pu-238 ja Pu-239, 240 aktiivisuuspitoisuudet, jotka ovat esitetty taulukossa 19. Plutonium on peräisin ilmakehän ydinasekoikeiden globaalista laskeumasta.

**Taulukko 17.** Loviisan meriympäristöstä kerättyjen sedimentoituvan aineksen näytteissä havaitut radionuklidit vuonna 2020.

Paikka	Keräysjakso	Co-58 Bq/kg	2σ	Co-60 Bq/kg	2σ	Nb-95 Bq/kg	2σ	Ag-110m Bq/kg	2σ	Cs-137 Bq/kg	2σ
Hästholsfjärden 5S	13.11.19-19.3.20	<0,6		<0,7		<2,0		1,6	21 %	300	12 %
	19.3.20-4.6.20	<0,8		<0,7		<1,6		<0,9		260	13 %
	4.6.20-2.9.20	<1,3		1,2	33 %	2,2	41 %	24	13 %	220	11 %
	2.9.20-12.11.20	1,0	20 %	1,1	32 %	1,7	28 %	7,5	15 %	260	11 %
Hästholsfjärden 3	13.11.19-17.3.20	<0,9		0,7	33 %	<1,6		1,9	34 %	330	11 %
	17.3.20-2.6.20	<0,8		<0,6		<1,5		<0,9		270	11 %
	2.6.20-1.9.20	<1,4		<1,1		<2,3		2,1	35 %	210	15 %
	1.9.20-10.11.20	<0,7		1,0	39 %	<1,0		3,8	24 %	220	10 %
Klobbfjärden 1	13.11.19-19.3.20	<0,6		<0,4		<1,2		<0,8		320	11 %
	19.3.20-2.6.20	<0,6		<0,5		<0,9		<0,8		340	13 %
	2.6.20-2.9.20	<0,7		<0,6		<1,4		2,4	14 %	300	8 %
	2.9.20-11.11.20	<0,7		<0,7		<1,2		1,7	29 %	340	13 %
Vädholmsfjärden 4	12.11.19-18.3.20	<1,3		<0,8		<2,3		<1,0		330	11 %
	18.3.20-3.6.20	<1,0		<0,7		<1,7		<1,0		260	18 %
	3.6.20-1.9.20	<0,8		<0,7		<1,5		<0,8		290	11 %
	1.9.20-10.11.20	<0,6		<0,6		<1,1		<0,8		230	17 %
Påsalöfjärden R1	12.11.19-18.3.20	<1,3		<0,9		<2,6		<1,2		230	17 %
	18.3.20-3.6.20	<0,5		<0,4		<0,9		<0,5		220	16 %
	3.6.20-1.9.20	<0,5		<0,4		<0,8		<0,5		220	13 %
	1.9.20-11.11.20	<0,6		<0,5		<0,9		<0,8		230	11 %

**Taulukko 18.** Olkiluodon meriympäristöstä kerättyjen sedimentoituvan aineksen näytteissä havaitut radionuklidit vuonna 2020.

Paikka	Keräysjakso	Co-60 Bq/kg	2σ	Sb-125 Bq/kg	2σ	Cs-137 Bq/kg	2σ
Rääpinkivet 3	20.11.19-2.4.20	<0,57		<1,6		150	10 %
	2.4.20-9.6.20	<0,69		<1,4		140	16 %
	9.6.20-25.8.20	1,3	29 %	<1,8		120	10 %
	25.8.20-17.11.20	0,86	28 %	<1,2		150	13 %
Vähä Kivikkokari 12	21.11.19-30.3.20	<0,67		2,1	23 %	170	11 %
	2.4.20-11.6.20	<0,44		<1,1		180	11 %
	11.6.20-25.8.20	<0,84		<2,3		160	11 %
	25.8.20-17.11.20	0,59	43 %	<1,5		150	17 %
Kaalonperä 9	29.10.19-30.3.20	<0,70		<2,0		180	13 %
	30.3.20-9.6.20	0,83	18 %	<1,8		130	11 %
	9.6.20-25.8.20	2,2	30 %	<2,4		130	11 %
	25.8.20-17.11.20	1,6	15 %	<1,1		150	10 %
Santakari 15	20.11.19-2.4.20	<0,68		<1,7		190	13 %
	2.4.20-10.6.20	<0,79		<2,1		160	11 %
	10.6.20-26.8.20	<1,21		<2,5		140	7 %
	26.8.20-18.11.20	<0,69		<1,6		180	13 %
Kuuskajaskari 20	21.11.19-2.4.20	<0,65		<1,7		170	18 %
	2.4.20-11.6.20	<0,91		<2,2		150	18 %
	11.6.20-25.8.20	<0,66		<1,9		160	11 %
	25.8.20-17.11.20	<0,43		<1,2		170	16 %
Keskivedenkari 18	19.11.19-2.4.20	<0,60		<1,6		160	11 %
	2.4.20-10.6.20	<0,45		<1,4		130	11 %
	10.6.20-26.8.20	<0,72		<1,9		140	11 %
	26.8.20-18.11.20	<0,52		<1,2		120	10 %

**Taulukko 19.** Loviisan Olkiluodon meriympäristöstä kerättyjen rakkolevänäytteiden ja sedimentoituvan aineksen näytteiden plutoniumin isotooppien Pu-238 ja Pu-239 ja Pu-240 aktiivisuuspitoisuudet vuonna 2020.

Paikka	Paikka	Näytelaji	Keräysjakso	Pu-238 Bq/kg	2σ	Pu-239,240 Bq/kg	2σ
Loviisa	Storskarven E	Rakkolevä	12.5.20	<0,012		0,035	53 %
Olkiluoto	Iso Kaalonperä 9	Rakkolevä	7.5.20	<0,017		0,048	57 %
	Viikari 16	Rakkolevä	5.5.20	4,5	10 %	<0,011	
Loviisa	Hästholmsfjärden 5S	Sedimentoituva aines	13.11.19-12.11.20	0,049	37 %	0,82	13 %
	Påsalöfjärden R1	Sedimentoituva aines	12.11.19-11.11.20	<0,018		0,31	14 %
Olkiluoto	Rääpinkivet 3	Sedimentoituva aines	20.11.19-17.11.20	<0,019		0,57	13 %
	Keskivedenkari 18	Sedimentoituva aines	19.11.19-18.11.20	0,015	47 %	0,49	13 %

Voimalaitosten meriympäristön pintasedimenteissä (taulukko 20) havaittiin voimalaitosperäisiä radionuklideja. Loviisassa havaittiin Co-60:tä (0,38 – 1,1 Bq/kg) ja Ag-110m (0,56 – 1,4 Bq/kg) ja lähiympäristön sedimenttien Cs-137:n pitoisuus oli välillä 280 – 340 Bq/kg. Olkiluodossa havaittiin Co-60:tä (0,71 – 6,1 Bq/kg) ja lähiympäristön sedimenttien Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli välillä 180 – 210 Bq/kg. Sedimenttien vertailunäytteet kerättiin kauempana voimalaitoksista ja näissä näytteistä ei havaittu voimalaitosperäisiä radionuklideja ja vertailunäytteiden Cs-137 aktiivisuuspitoisuus oli 200 – 240 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 20.** Meriympäristön sedimenttinäytteissä havaitut radioaktiiviset aineet vuonna 2020.

Paikka	Keräys-päivä	Co-60 Bq/kg	2σ	Sr-90 Bq/kg	2σ	Ag-110m Bq/kg	2σ	Cs-137 Bq/kg	2σ	Pu-238 Bq/kg	2σ	Pu-239, 240 Bq/kg	2σ
Hästholsfjärden 5, Loviisa	1.10.20	1,1	18 %	0,82	14 %	1,4	25 %	310	7 %	0,025	42 %	0,91	12 %
Hästholsfjärden 3, Loviisa	1.10.20	0,70	36 %	0,98	21 %	0,56	26 %	280	16 %	0,024	63 %	0,88	13 %
Klobbfjärden 1, Loviisa	1.10.20	0,38	57 %	1,5	19 %	1,4	26 %	330	10 %	<0,024		1,2	12 %
Hudöfjärden 8, Loviisa	1.10.20	<0,75		0,96	19 %	<0,86		340	13 %	<0,036		1,2	12 %
Påsalöfjärden R1, Loviisa	1.10.20	<0,49		0,27	27 %	<0,75		240	11 %	0,012	59 %	0,35	15 %
Vähä Kivikkokari 12, Olkiluoto	23.6.20	0,71	17 %	0,48	14 %	<0,56		190	13 %	0,11	23 %	0,80	13 %
Olkiluoto 9, Olkiluoto	23.6.20	6,1	9 %	0,80	12 %	<0,70		190	11 %	0,024	44 %	0,73	13 %
Liponluoto 2, Olkiluoto	23.6.20	0,75	19 %	0,55	15 %	<0,75		210	11 %	0,026	65 %	0,66	14 %
Tankarit 4, Olkiluoto	24.6.20	1,2	14 %	0,80	12 %	<0,61		180	11 %	<0,025		0,65	14 %
Olkiluoto S8, Olkiluoto	25.6.20	<0,55		2,0	10 %	<0,57		200	16 %	<0,025		0,89	13 %

#### 6.4 Ympäristön asukkaat

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

## 7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Vuonna 2020 molempien kotimaisten ydinvoimalaitosten ympäristössä havaittiin pieniä määriä voimalaitoksista peräisin olevia radioaktiivisia aineita. Radioaktiivisia aineita havaittiin yksittäisissä luvanhaltijoiden 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 voimalaitosten päästöjen hallinnan kehittyminen. Ympäristössä havaittujen radioaktiivisten aineiden määrät 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 2020 oli alle 1 % ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetusta rajoituksesta, joka on 0,1 millisieverttiä (Marttila, 2021).

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 2020 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 meriympäristöstä laitoksen käyttöhäiriön jälkeen kerätyissä ylimääräisissä näytteissä havaittiin voimalaitosperäisiä radionuklideja. Havaittujen radionuklidien aktiivisuuspitoisuudet veivät poikenneet merkittävästi voimalaitoksen vuosihuollon aikaisista näytteistä.

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

## 8 Viitteet

Fortum Power and Heat Oy (2021), Ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportti 2020.

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, STUK-A-240. Helsinki, Säteilyturvakeskus.

Mattila A. ja Inkinen S. (toim.) (2020), Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa: Vuosiraportti 2019, STUK-B 249. Helsinki, Säteilyturvakeskus.

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

TVO Teollisuuden Voima Oyj (2021), Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportti 2020.

Marttila, J. (toim.) (2021) Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta: Vuosiraportti 2020, STUK-B 264. 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 Ru-106 rutenium	39 päivää 372 päivää	Voimalaitoksen, tai muun ydinlaitoksen päästöt	Ilmanäytteissä
Ag-110m hopea	250 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
Sb-124 antimoni	60 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
I-131 jodi	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.
Cs-134, Cs-137 cesium	2,1 a 30 a	Cs-137 ympäristönäytteissä enimmäkseen peräisin Tšernobylin laskeumasta,	Maa- ja meriympäristö

## LIITE 1

## YDINVOIMALAITOSTEN YMPÄRISTÖSSÄ YLEISIMMIN HAVAITTAVAT RADIONUKLIDIT

		Cs-134 lyhytikäisempi fissionuote ja peräisin voimalaitoksen päästöistä	
Ce-141 Ce-144 cerium	33 päivää 284 päivää	Voimalaitoksen päästöt	Ilma- ja meriympäristö
Pu-238, Pu-239 Pu-240 plutonium	87,7 vuotta 24110 vuotta 6561 vuotta	Ympäristövalvonnassa näkyy pieniä pitoisuuksia, jotka ovat peräisin 1950-1960-lukujen ydinasekohteista	Sedimenteissä ja sedimentoituvassa aineksessa



## LIITE 2

# Vähimmäisvaatimus luvanhaltijan tekemästä ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvalvontaohjelmasta (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 sijoitettuna 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 hiukkasmuodossa 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

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 (joka toinen vuosi)																											Maaperä
Poronjäkäle																											Poronjäkäle
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
Perifyton																											Perifyton
Rakkolevä																											Rakkolevä
Uposkasvit																											Uposkasvit
Pohjaeläimet																											Pohjaeläimet
Kalat																											Kalat
Sedim. aines																											Sedim. aines
Pohjasedimentti																											Pohjasedimentti
Kalankasvatuslaitos																											Kalankasvatuslaitos

Lovisan voimalaitoksen ympäristön säteilyvalvontaohjelman näytteenottoaikataulu 2020 ->, heinä - joul																																		
Viikko	Heinä	27	28	29	30	Elo	31	32	33	34	35	Syys	36	37	38	39	Loka	40	41	42	43	Marras	44	45	46	47	48	Joulu	49	50	51	52	Viikko	
Mittaus tai näyte																																		Mittaus tai näyte
<b>Maaympäristö</b>																																		<b>Maaympäristö</b>
Ilma (täyd.)																																		Ilma (täyd.)
Maaperä (joka toinen vuosi)																																		Maaperä
Poronjäkäle																																		Poronjäkäle
Karhunsammal																																		Karhunsammal
Kuusenkerkkä																																		Kuusenkerkkä
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
Perifyton																																		Perifyton
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 Bq/kg
Merivesi	<20 Bq/m <sup>3</sup>
Pohjaeläimet	<3,0 Bq/kg
Rakkolevä	<20 Bq/kg

## LIITE 5

# Perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset

Taulukko 21. Loviisan perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Keräysjakso	Be-7	2σ	K-40	2σ	Mn-54	2σ	Co-58	2σ	Co-60	2σ	Nb-95	2σ	Zr-95	2σ	Ag-110m	2σ	Te-123m	2σ	Sb-124	2σ	Cs-137	2σ
14.11.19-19.03.20	1400	11 %	680	13 %	<1,3		<1,7		<1,4		<3,0		<3,0		1,7	28 %	<0,7		<1,9		240	14 %
13.03.20-08.04.20	450	12 %	450	17 %	<0,6		<0,7		<0,8		<0,9		<1,1		<1,1		<0,3		<0,7		130	11 %
08.04.20-15.05.20	290	11 %	870	16 %	<0,4		<0,4		<0,5		<0,6		<0,7		1,1	19 %	<0,2		<0,4		94	11 %
15.05.20-05.06.20	180	11 %	780	11 %	<0,7		<0,7		<0,9		<0,8		<1,3		<1,0		<0,3		<0,7		82	11 %
05.06.20-17.06.20	370	13 %	600	19 %	<0,8		<0,7		<1,1		<0,9		<1,4		<1,1		<0,4		<0,8		92	13 %
17.06.20-03.07.20	650	16 %	570	22 %	<0,9		<1,0		<1,1		<1,3		<1,9		<1,6		<0,8		<1,2		110	15 %
03.07.20-31.07.20	200	18 %	690	17 %	<0,3		<0,3		<0,4		<0,4		<0,6		<0,4		<0,2		<0,3		20	16 %
31.07.20-13.08.20	450	11 %	490	16 %	1,3	40 %	4,3	18 %	5,5	13 %	4,0	19 %	2,2	15 %	140	14 %	0,5	41 %	3,8	17 %	76	11 %
13.08.20-02.09.20	500	12 %	640	27 %	<0,9		1,2	29 %	2,4	24 %	<1,3		<1,9		26	16 %	<0,5		1,8	36 %	66	12 %
02.09.20-01.10.20	330	12 %	440	17 %	<0,9		4,8	15 %	6,9	11 %	2,7	25 %	<1,2		26	16 %	<0,3		3,5	18 %	70	11 %
01.10.20-12.11.20	830	11 %	770	13 %	<1,1		<1,2		2,0	26 %	<1,5		<2,0		5,9	20 %	<0,6		<1,3		200	14 %

LIITE 5  
PERIFYTONNÄYTTEIDEN VALVONTAMITTAUSTEN TULOKSET

**Taulukko 22.** Olkiluodon perifytonnäytteiden valvontamittausten tulokset vuonna 2020.

Keräysjakso	Be-7	2σ	K-40	2σ	Mn-54	2σ	Co-58	2σ	Co-60	2σ	I-131	2σ	Cs-134	2σ	Cs-137	2σ	La-140	2σ	Ce-141	2σ
27.02.20-16.04.20	360	12 %	420	17 %	<0,7		<0,9		<0,8		<3,4		<0,7		69	11 %	<3,3		<0,9	
16.04.20-08.05.20	190	13 %	560	19 %	<0,7		<0,7		1,3	18 %	<1,5		<0,7		90	17 %	<2,0		<0,7	
08.05.20-28.05.20	120	11 %	520	15 %	18	11 %	1,9	17 %	80	10 %	5,5	23 %	<0,7		71	14 %	1,9	31 %	4,0	20 %
28.05.20-11.06.20	190	16 %	900	16 %	3,9	18 %	<0,7		29	11 %	<1,6		0,7	24 %	89	15 %	<1,2		<1,0	
11.06.20-25.06.20	140	16 %	630	16 %	4,1	18 %	<0,8		41	10 %	<1,8		<0,8		100	15 %	<1,4		<1,0	
25.06.20-08.07.20	290	13 %	680	9 %	<0,5		<0,5		2,1	16 %	<1,1		<0,5		130	13 %	<1,0		<0,5	
07.07.20-06.08.20	210	11 %	720	16 %	<0,6		<0,6		3,4	13 %	<1,6		<0,5		74	11 %	<1,6		<0,5	
06.08.20-26.08.20	260	11 %	540	16 %	<0,8		<0,9		8,7	12 %	<2,1		<0,9		64	11 %	<1,9		<0,9	
26.08.20-24.09.20	210	12 %	560	17 %	2,1	26 %	0,9	46 %	5,4	13 %	<2,5		<0,7		60	11 %	<2,2		<0,8	
25.09.20-20.10.20	230	13 %	430	19 %	1,5	51 %	<1,2		2,0	28 %	<5,6		<1,0		25	17 %	<6,2		<1,3	