

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

KONTAMINAATIOMITTAUKSET LOVIISAN VOIMALAITOKSELLA

Contamination Measurements at Loviisa Power Plant

Lappeenrannassa 18.9.2009

Pilvikki Riipinen 0239333

SISÄLLYS

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET	2
1 JOHDANTO	3
2 LOVIISAN VOIMALAITOS.....	3
2.1 Tilojen luokittelu	4
3 KONTAMINAATIO.....	5
3.1 Pintakontaminaatio	5
3.1.1 Suora mittaus.....	5
3.1.2 Epäsuora mittaus	6
3.2 Ilmakontaminaatio.....	7
3.3 Dekontaminointi.....	8
4 KONTAMINAATIOMITTAUKSET	8
4.1 Mittalaitteet	8
4.1.1 Electra	8
4.1.2 NT200	11
4.1.3 Staplex.....	12
4.2 Kalibrointi	13
4.2.1 Mittalaitteiden kalibrointi	13
4.2.2 Erityispiirteet Loviisan voimalaitoksessa	13
4.3 Mittauskohteet.....	14
4.3.1 Mittaukset käytön aikana	14
4.3.2 Mittaukset revision aikana	14
4.4 Mittaustapahtuman tulos.....	15
5 YHTEENVETO.....	15
LÄHTEET	16

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

A_s	pinnalla kiinni olevan kontaminaation aktiivisuuskate	[Bq/cm ²]
A_{si}	irtoavan pintakontaminaation aktiivisuuskate	[Bq/cm ²]
f	kalibrointikerroin	[-]
F	irtoamissuhde	[-]
n	suoraan pinnalta tai näytteestä mitattu pulssitaajuus	[1/s]
n_B, n_0	taustasäteilyn aiheuttama pulssitaajuus	[1/s]
S	pyyhitty pinta-ala	[cm ²]
W	ilmaisimen ikkunan pinta-ala	[cm ²]
ε_i	ilmaisimen efektiivisyys	[%]
ε_S	lähteen efektiivisyys	[%]
cps	counts per second, pulssia per sekunti	
DAC	Derived Air Concentration, ilman johdettu konsentraatoraja	
MIKES	Mittatekniikan keskus	
STUK	Säteilyturvakeskus	
VVER	Vodo-vodjanoi energetitseski reaktor, neuvostoliittolainen painevesireaktori	

1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö tehdään Lappeenrannan teknillisen yliopiston teknillisessä tiedekunnassa LUT Energian ydinvoimatekniikan laboratoriossa. Samalla työ toimii syventävänä koulutusmateriaalina Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksen määräaikaisten säteilyvalvojen koulutuksessa.

Työssä esitellään Loviisan voimalaitoksella käytössä olevat menetelmät ja mittalaitteet pintakontaminaation ja ilmakontaminaation havaitsemiseen ja mittaamiseen. Työn ulkopuolelle on rajattu henkilömonitorit, joilla tarkastellaan ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella työskentelevän henkilökunnan mahdollista kontaminoitumista.

2 LOVIISAN VOIMALAITOS

Fortum Power and Heat Oy:n omistama Loviisan ydinvoimalaitos sijaitsee Loviisan kaupungissa Hästholmenin saarella. Voimalaitokseen kuuluu kaksi VVER-tyyppistä painevesireaktoria, joiden yhteenlaskettu nettosähköteho on 980 MWe. Loviisan voimalaitoksen vuosituotanto on noin 8 TWh ja se kattaa noin 10% Suomen sähkönkulutuksesta. Loviisassa sijaitsevat VVER-tyyppiset painevesireaktorit ovat yhdistelmä neuvostoliittolaista prosessitekniikkaa ja länsimaista ohjauksen ja turvallisuustekniikkaa. Suomalaisten viranomaisten vaatimuksesta laitoksen turvallisuutta parannettiin kaasutiiviillä suojarakennuksella ja reaktorin hätäjähdytysjärjestelmällä. [1, 2]

Loviisan voimalaitosyksiköt ovat aloittaneet tuotantonsa vuonna 1977 (Loviisa 1) ja vuonna 1980 (Loviisa 2). Vuonna 2007 valtioneuvosto myönsi uudet käyttöluvat molemmille voimalaitosyksiköille, minkä johdosta molemmat voimalaitosyksiköt saivat 20 vuotta lisää käyttöaikaa. Näin ollen niiden käyttöajat päättyvät vuosien 2027 ja 2030 lopussa. Työn kirjoittamishetkellä kolmannen voimalaitosyksikön rakentamisen suunnittelu Loviisaan on edennyt siihen tilanteeseen, että Fortum on jättänyt valtioneuvostolle periaatepäätöshakemuksen kolmannen voimalaitosyksikön rakentamisesta. [2, 3, 4]

2.1 Tilojen luokittelu

Loviisan voimalaitoksella, kuten muillakin ydinvoimalaitoksilla, tilat, joissa tehdään säteilytyötä, luokitellaan valvonta- ja tarkkailualueiksi. Valvonta-alueelle pääsyä valvotaan ja siellä noudatetaan erityisiä turvaohjeita, jotta vältetään tarpeettomat säteilyannokset ja estetään radioaktiivisen kontaminaation leviäminen. Tarkkailualueella puolestaan tarkkaillaan työolosuhteita säteilyltä suojaamiseksi. Vähintäänkin tarkkailualueeksi luokitellaan alue, jossa vuosittainen ekvivalenttiansos eli tietylle elimelle tai kudokselle aiheutunut terveydellinen haitta voi ylittää arvon 15 mSv silmälle, 50 mSv käsille, jaloille tai iholle. Samoin tarkkailualueeksi luokitellaan alue, jossa efektiivinen annos eli säteilyn aiheuttama terveydellinen kokonaishaitta voi ylittää arvon 1 mSv vuodessa. Jos alueen ulkoinen annosnopeus voi ylittää arvon 3 $\mu\text{Sv/h}$ tai yhden työskentelyvuoden aikana voi aiheutua yli 1 mSv sisäinen säteilyannos, on alue luokiteltava valvonta-alueeksi. Valvonta-alue luokitellaan edelleen kolmeen vyöhykkeeseen ulkoisen annosnopeuden, pintakontaminaation ja ilmakontaminaation perusteella. Koska missään huoneessa ei kuitenkaan normaalitilanteessa esiinny pysyvästi pinta- tai ilmakontaminaatiota, niin pysyväksi tarkoitettu luokitus tehdään annosnopeuden yleisarvon perusteella. Huonetilassa mahdollisesti esiintyvät paikalliset yleistaso korkeammat annosnopeudet sekä tilapäisen kontaminaation aiheuttama lyhytaikainen muutos merkitään erikseen lisäkilvin. Loviisan voimalaitoksen valvonta-alueen vyöhykkeet on jaoteltu värien mukaan vihreiksi, oransseiksi ja punaisiksi tiloiksi. [5, 6, 7, 8]

Vihreäksi merkityissä tiloissa voi yleensä työskennellä rajoituksetta. Näissä tiloissa ja huoneissa ulkoisen annosnopeuden yleistason tulee olla alle 25 $\mu\text{Sv/h}$ ja pintakontaminaation tulee olla alfasäteilijöillä alle 0,4 Bq/cm^2 ja beetasäteilijöillä alle 4 Bq/cm^2 . Ilman radionuklidien konsentraation tulee olla alle 0,3 DAC (Derived Air Concentration, ilman johdettu konsentraatoraja). Punaiseksi luokitelluissa eli korkeimman vyöhykkeen tiloissa sallitaan vain lyhyitä ja huolellisesti suunniteltuja käyntejä. Tila luokitellaan punaiseksi, jos ulkoisen annosnopeuden yleistaso ylittää arvon 1 mSv/h, pinta-kontaminaatio alfasäteilijöillä ylittää arvon 4 Bq/cm^2 tai beetasäteilijöillä arvon 40 Bq/cm^2 , tai radionuklidien konsentraatio ilmassa ylittää arvon 30 DAC. Vihreiksi ja punaisiksi luokiteltujen tilojen rajojen väliin jäävät tilat luokitellaan oransseiksi. Oranssiksi ja punaiseksi luokitellut huoneet tulee olla lukittuja. Taulukossa 1 on esitetty huoneluokituksessa käytettävät raja-arvot. [7, 9]

Taulukko 1. Huoneluokitusten raja-arvot.

Huoneluokitus	Ulkoinen annosno- peus [$\mu\text{Sv/h}$]	Pintakontaminaatio [Bq/cm^2]		Ilman radionuklidien kon- sentraatio [DAC]
		Alfasäteilijät	Beetasäteilijät	
Vihreä	≤ 25	$\leq 0,4$	≤ 4	$\leq 0,3$
Oranssi	> 25	$> 0,4$	> 4	$> 0,3$
	< 1000	< 4	< 40	< 30
Punainen	≥ 1000	≥ 4	≥ 40	≥ 30

3 KONTAMINAATIO

Ydinvoimalaitoksesta puhuttaessa kontaminaatiolla tarkoitetaan radioaktiivista likaa. Radioaktiivinen kontaminaatio syntyy, kun radioaktiiviset hiukkaset sitoutuvat pinnoilla tai ilmassa oleviin hiukkasiin. Kontaminaatiota voi siten esiintyä kahdessa muodossa: pintakontaminaationa tai ilmakontaminaationa. [10]

3.1 Pintakontaminaatio

Pintakontaminaatio on erilaisille pinnoille, esimerkiksi lattioille ja putkistojen pinnoille, kertyvää radioaktiivista likaa. Loviisan voimalaitoksella käytetään pintakontaminaation havaitsemiseen ja mittaamiseen kahta menetelmää: suoraa ja epäsuoraa mittausta. Mittausmenetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa kontaminaation laatu, pinnan muoto sekä mitattavan pinnan sijainti. [11]

3.1.1 Suora mittaus

Pintakontaminaation suora mittaus suoritetaan kannettavalla kontaminaatiomittarilla. Sillä saadaan selvitettyä sekä pinnalta irtoavan, että pinnalla kiinni olevan kontaminaation aktiivisuuskate. Mittalaitteen ilmaisinta pidetään ilmassa suoraan mitattavan pinnan päällä. Mittalaite ilmoittaa ilmaisimeen osuvan säteilyn määrää yksikössä cps, pulssia per sekunti. Tulos saadaan muutettua aktiivisuuskatteeksi A_S yksikköön Bq/cm^2 yhtälöllä

$$A_s = \frac{n - n_B}{\varepsilon_i \varepsilon_S W}, \quad (1)$$

missä n	suoraan pinnalta mitattu pulssitaajuus
n_B	taustasäteilyn aiheuttama pulssitaajuus
ε_i	ilmaisimen efektiivisyys
ε_S	lähteen efektiivisyys (50%)
W	ilmaisimen ikkunan pinta-ala. [8, 11]

3.1.2 Epäsuora mittaus

Pintakontaminaation suora mittaus on toisinaan hankala toteuttaa johtuen esimerkiksi korkeasta taustasäteilyn tasosta. Tällöin varmempi tapa suorittaa kontaminaation mittaus on käyttää epäsuoraa mittausta. Myös irtoavan kontaminaation määrän selvittämiseksi käytetään epäsuoraa pintakontaminaation mittausta. Loviisan voimalaitoksella pintakontaminaation epäsuora mittaus toteutetaan märkäpyyhintämenetelmällä liuotinaineeseen kostutettua näytelappua apuna käyttäen. Loviisan voimalaitoksella näytelappuina käytetään vähintään 70% isopropyylillä kyllästettyjä Medi-Swab –näytelappuja. Huokoisesta materiaalista valmistetulla näytelapulla pyyhitään kontaminoituneeksi epäiltyä pintaa, joko laajalta alueelta kontaminaation olemassaolon havaitsemiseen tai 10·10 cm² kokoiselta alueelta täsmällisen aktiivisuuskatteen selvittämiseksi. Pyyhittävä alue on kaksinkertainen suoran pintakontaminaation mittauksessa käytettävän ilmaisimen ikkunan kokoon verrattuna. Pyyhintänäytelappuun arvioidaan tarttuvan 50% pinnalla olevasta irtoavasta kontaminaatiosta. Täten suoran ja epäsuoran mittauksen tulokset ovat suoraan verrannollisia keskenään. Pyyhintänäytelappuun tarttuvan kontaminaation määrään vaikuttavat useat tekijät, muun muassa pintamateriaali, josta näyte otetaan, kontaminaation kosteus sekä hankausvoimakkuus. [8, 10, 12, 13, 14]

Irtoavan pintakontaminaation aktiivisuuskate A_{si} lasketaan yhtälöstä

$$A_{si} = \frac{(n - n_0)f}{SF}, \quad (2)$$

missä n näytteestä mitattu pulssitaajuus

- n_0 taustasäteilyn aiheuttama pulssitaajuus
 f mittalaitteen kyseisen säteilylajin ja – energian kalibroitinkerroin
 S pyyhitty pinta-ala (jos $S > 100 \text{ cm}^2$, käytetään arvoa $S = 100 \text{ cm}^2$, muulloin todellista pyyhittyä pinta-alaa)
 F irtoamissuhde (jos ei ole määritetty kokeellisesti, käytetään arvoa $F = 0,1$). [14]

3.2 Ilmakontaminaatio

Ilmakontaminaatiolla tarkoitetaan ilmassa leijuvia radioaktiivisia hiukkasia sekä ilmassa esiintyviä kaasumaisia radioaktiivisia aineita. Ilmakontaminaatiotasoa vähennetään tehokkaalla ilmastoinnilla imemällä kontaminaatiota pois huoneista ilmastointijärjestelmiin, jotka on varustettu aktiivisuusmittauksilla ja suodatusjärjestelmillä. Kontaminaation leviämistä puhtaampiin tiloihin estetään järjestämällä ilmastointi siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista potentiaalisesti likaisempiin tiloihin. Mikäli ilmastointijärjestelyistä huolimatta hengitysilmassa on radioaktiivisuutta, käytetään tarkoitukseen soveltuvia hengityssuojaimia. [7]

Ilmakontaminaation suuruuden ilmaisemiseen on kehitetty oma yksikkö DAC, jonka yksikkö on Bq/m^3 . DAC on ilmassa olevan radionuklidin keskimääräinen aktiivisuuspitoisuus, jossa voidaan työskennellä annosrajoja ylittämättä, kun työssäoloaika on 2000 tuntia vuodessa. Eräillä mittalaitteilla on kokeellisesti todettu, että Loviisan nuklidijakaumalla DAC:lla ja kontaminaatiomittarin antamalla pulssinopeudella (cps, counts per second) on suuntaa-antava vastaavuus, joka on esitetty taulukossa 2. Tarkemmat mittaukset suoritetaan gammaspektrometrisesti. [8, 15]

Taulukko 2. DAC-yksikön ja cps-yksikön vastaavuus.

DAC	cps
0,1	3
1	30
10	300

3.3 Dekontaminointi

Dekontaminoinnilla tarkoitetaan kontaminaation poistamista. Loviisan voimalaitoksella käytetään mekaanisia ja kemiallisia dekontaminointimenetelmiä. Mekaanisessa menetelmässä komponentti puhdistetaan mekaanista voimaa käyttämällä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi painepesu, lasikuulapuhallus ja ultraäänipesu. Yleensä mekaanisen dekontaminaatiomenetelmän yhteydessä on käytettävä puhdistusainetta riittävän dekontaminaatiotuloksen saavuttamiseksi. Kemiallisessa menetelmässä komponentti puhdistetaan kemikaalin vaikutusta apuna käyttäen. Kemiallisen menetelmän jälkeen on suoritettava mekaaninen pesu, joka yleensä tapahtuu vedellä painepesuria mahdollisesti apuna käyttäen. Kemiallisena menetelmänä käytetään allaspesua, jossa komponentti dekontaminoidaan kaksivaiheisesti, ensin kaliumpermanganaattia sisältävässä altaassa ja sen jälkeen oksaalihappoa sisältävässä altaassa. Dekontaminointimenetelmää valittaessa huomioidaan kontaminoituneen komponentin säteilytaso sekä materiaalin kestävyys. [16]

4 KONTAMINAATIOMITTAUKSET

Kontaminaatiomittaukset suorittaa säteilyvalvoja asiamukaisin mittarein. Mittalaitteiden tulee olla oikeaoppisesti kalibroituja ja säännöllisesti tarkastettuja. Mittauksia suoritetaan aina tarvittaessa sekä ennalta määrättyistä kohteista säännöllisesti. Mittauksen tulos määrittelee mahdolliset jatkotoimenpiteet.

4.1 Mittalaitteet

Loviisan voimalaitoksella kontaminaation mittaamiseen ja havaitsemiseen käytetään pääasiassa kolmea mittalaitetta riippuen kontaminaation laadusta ja siitä, halutaanko havaita kontaminaation olemassaolo vai tietää kontaminaation määrä.

4.1.1 Electra

Electra on kannettava kontaminaatiomittari, jolla suoritetaan pintakontaminaation suora mittaus. Lisäksi Electra-mittarilla voidaan analysoida epäsuoran mittauksen pyyhintänäytteitä. Electra-

mittarilla on mahdollista detektorista riippuen mitata kontaminaatiota tai säteilyä, mutta Loviisan voimalaitoksella sitä käytetään ainoastaan kontaminaatiodetektorin kanssa kontaminaation mittaamiseen. [8, 17]

Electra-mittari koostuu varsinaisesta mittariosasta, joka on esitetty kuvassa 1 sekä siihen liitetystä tuikeilmaisimesta, esitettynä kuvassa 2. Electra-mittareiden ilmaisimet on jaettu neljään ryhmään. Luokitteluperusteena on anturin herkkyysalue eli ikkunan pinta-ala, joka voi olla 19,6 cm², 49 cm², 80 cm² tai 100 cm². Loviisan voimalaitoksen käyttämien Electra-mittareiden anturin herkkyysalue on 49 cm², ja se on tyypiltään BP7/4 – anturi. BP-tyypin anturi havaitsee ja mittaa beetahiukkasia. [8, 17]

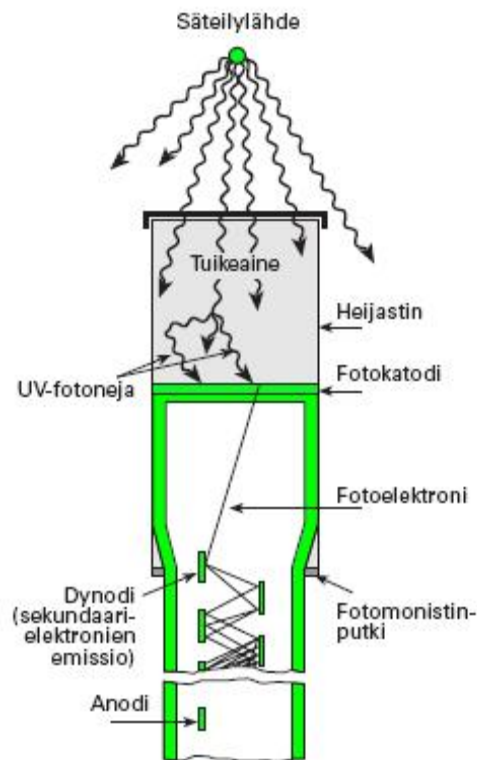


Kuva 1. Electra-mittarin runko-osa. [18]



Kuva 2. Electra-mittarin ilmaisiosa. [19]

Tuikeilmaisimen tärkeimmät osat ovat valomonistinputki ja tuikeaine. Tuikeilmaisimen toiminta perustuu säteilyn aiheuttaman viritystilan purkautumiseen. Tämä voi synnyttää valoa, joka rekisteröidään valoherkillä ilmaisimilla, esimerkiksi valomonistinputkella. Valomonistinputki muuttaa valon sähkövirraksi. Tuikeaine voi olla joko kaasua, nestettä tai kiinteää ainetta. Näistä kahdella viimeksi mainitulla tiheyden tulee olla riittävän suuri, jotta aine voi toimia tuikeaineena. Näin saadaan säteilyn absorptiotodennäköisyys riittävän suureksi. Lisäksi tuikeaineen on oltava läpinäkyvä valolle. Electra-mittarissa tuikeaineena käytetään kiinteää ainetta, antraseenipleksiä ($C_{14}H_{10}$) ja ikkunamateriaalina polykarbonaattia. Tuikeilmaisimen rakenne ja toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3. [17, 20]



Kuva 3. Tuikeilmaisimen rakenne ja toimintaperiaate. [20]

Electra on digitaalinen ja mikroprosessoripohjainen mittari, johon kuuluu myös näytön taustavalo sekä kuuluva hälytysääni. Näiden ominaisuuksien sekä pienen kokonsa vuoksi Electra soveltuu hyvin toimintaympäristössä tapahtuviin mittauksiin. [21]

4.1.2 NT200

NT200-mittalaitteella suoritetaan pintakontaminaation epäsuoran mittauksen pyyhintänäytteiden analysointi. NT200 koostuu kolmesta pääosasta: pääyksiköstä, lyijysuojallisesta detektoriyksiköstä sekä ylemmästä lyijysuojasta. 50 millimetrin paksuinen lyijysuojus mahdollistaa näytteiden analysoinnin NT200:lla myös korkean taustasäteilyn omaavissa paikoissa. Raskaan lyijysuojuksen ja sähkön tarpeen vuoksi NT200 ei ole kannettava mittari kuten Electra, mutta kuitenkin sen verran pienikokoinen, että se on mahdollista siirtää paikasta toiseen. Laitteessa on kaksi samanlaista detektoria, joista toinen mittaa näytettä ja toinen rekisteröi taustasäteilyä. NT200-mittalaite on esitetty kuvassa 4. [22]



Kuva 4. Pyyhintänäyteanalysaattori NT200. [23]

Pyyhintänäytteen analysointi suoritetaan asettamalla pyyhintänäytelappu NT200:n luistille ja työntämällä luisti sisään. Asetukset on valittu siten, että tulokseksi saadaan pyyhityllä pinnalla oleva kokonaisaktiivisuuskate, ei siis näytelapun aktiivisuutta. Analysoidessaan näytettä NT200 huomioi näytteenottopinta-alan (100 cm^2) sekä lian tarttuvuuden. NT200 ilmoittaa mittauksen tuloksen yksikössä Bq/cm^2 sekä kyseisen lukeman värikoodin. [10, 22]

Loviisan voimalaitoksella NT200-mittalaitteet on asennettu suorittamaan pyyhintänäytteen mittaus siten, että laite suorittaa beetamittauksen ja sen jälkeen tarvittaessa alfamittauksen. Beetamittauksen aikana laite tunnistaa mahdollisen korkeaenergisien pulssin, jonka voidaan epäillä johtuvan alfa-aktiivisuudesta. Tällöin mittalaite suorittaa alfamittauksen kun beetamittaus on valmis. NT200 on mahdollista asentaa myös suorittamaan ainoastaan beetamittaus tai automaattisesti sekä alfa- että

beetamittaus. Loviisan voimalaitoksella käytössä olevalla mittaustavalla voidaan varmistua siitä, että alfa-aktiivisuus tulee aina huomioitua. Jos alfa-aktiivisuutta ei kuitenkaan ole havaittavissa, ei näytteelle muodostu tarpeettoman pitkää mittausaikaa. [22]

Pyyhintänäytteen analysointi voidaan suorittaa myös Electra-mittarilla tai erittäin hyvin perustelluissa tilanteissa gammaspektrometrisesti radiokemian laboratoriossa, jolloin saadaan tarkin ja myös nuklidikohtainen tulos kontaminaation määrästä. [12]

4.1.3 Staplex

Ilmakontaminaation mittaamista varten otetaan ilmanäyte Staplex-ilmanäytteenkerääjällä, joka on esitetty kuvassa 5. Laitteen etuosan kierrettävän renkaan alle lisätään aerosolisuodatin ja laitteen annetaan imeä ilmaa lävitseen 1,5 minuutin ajan, jolloin imetyn ilman tilavuus on noin 1 m^3 . Aerosolisuodattimeen tarttuneen kontaminaation määrä mitataan Electra-mittarilla, jolloin saadaan nopeasti suuntaa-antava tulos ilmakontaminaation määrästä. Tarkat arviot aktiivisuudesta tehdään radiokemian laboratoriossa. Staplex-keräimeen voidaan laittaa aerosolisuodattimen lisäksi hiilisuodatin jodien määrän arvioimiseksi. Virtaussuunnassa aerosolisuodatin asetetaan laitteeseen ennen hiilisuodatinta. Aerosoli- ja hiilisuodatinyhdistelmällä keruu-aika on 3 minuuttia. Hiilisuodatin toimitetaan radiokemian laboratorioon analysoitavaksi. [8]



Kuva 5. Staplex-ilmanäytteenkerääjä. [24]

4.2 Kalibrointi

Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen näyttämän vertaamista mittanormaaliin. Mittatekniikan keskus (MIKES) on nimennyt ionisoivan säteilyn kansalliseksi mittanormaallilaboratorioksi Säteilyturvakeskuksen (STUK), jonka tehtävänä on ylläpitää kansallista mittanormaalia ja sen jäljitettävyyttä sekä osallistua kansainvälisiin vertailumittauksiin. [25]

4.2.1 Mittalaitteiden kalibrointi

Pintakontaminaation mittalaitteiden Electran ja NT200:n kalibrointi suoritetaan vastaanottotarkastuksen yhteydessä ja kalibroinnin tarkastus kaksi kertaa vuodessa mittaustulosten luotettavuuden takaamiseksi. Kalibroinnin tarkastus hyväksytään, jos näyttämä on $\pm 30\%$ tarkkuudella oikein. Electra-mittarin BP7-tyyppin anturin kalibrointilähteiksi suositellaan ^{14}C - ja ^{36}Cl -beetasäteilylähteitä. Alfalähteellä Electraa ei tarvitse kalibroida, sillä se ei havaitse alfasäteilyä. [10, 17, 26]

NT200:n kalibrointi on suoritettu laitteen toimituksen yhteydessä lähteillä ^{99}Tc ja ^{241}Am . Kalibroinnin tarkastuksen lisäksi laitteille suoritetaan yleistarkastus aina mittalaitetta käytettäessä. Yleistarkastuksessa kiinnitetään huomiota laitteen ulkonäköön, valaistukseen, taustalukemaan ja hälytykseen. [22, 26]

4.2.2 Erytispiirteet Loviisan voimalaitoksessa

Pintakontaminaation mittalaitteiden kalibrointi suoritetaan sellaisella säteilylähteellä, joka edustaa hyvin laitoksen tiloissa esiintyvää kontaminaatiota. Tämän vuoksi Loviisan voimalaitoksella Electra-mittarit kalibroidaan ^{99}Tc -lähteellä. Lisäksi Loviisan voimalaitoksella on valmistettu laitokselle tyypillisen nuklidijakauman sisältäviä kalibrointilähteitä imeyttämällä primääripiirin vettä kangaslappuihin. Kontio on havainnut diplomityössään vuonna 2002, että primääripiirin vedestä valmistettujen lähteiden nuklidijakauma poikkeaa laitoksen pintakontaminaation nuklidijakaumasta energiajakauman kannalta hyvin merkittävästi. Työnsä johtopäätöksenä Kontio toteaa, että nykyiset laitosperäiset tarkastuslähteet eivät vastaa tarkoitustaan, vaan laitospäisissä

kalibroinnin tarkastuslähteissä tulisi esiintyä suuremmalla osuudella ainakin nuklidit ^{110m}Ag , ^{54}Mn ja ^{124}Sb . [10, 27]

4.3 Mittauskohteet

Kontaminaatiomittauksen tarkoituksena on ensisijaisesti havaita kontaminaatio ja täten estää radioaktiivisten aineiden leviäminen, sekä varmistaa, etteivät valvonta-alueen kontaminaatiolle määritetyt raja-arvot ylity. Kontaminaatiomittaus suoritetaan aina, kun voimalaitoksen valvonta-alueelta viedään tavaraa tarkkailualueelle tai valvomattomalle alueelle, tai kun on syytä epäillä kontaminaation esiintymistä. Valvonta-alueen ulkopuolelle kuljetettavien tavaroiden pintakontaminaatiotasot eivät saa ylittää taulukossa 1 vihreäksi luokiteltujen tilojen kontaminaatioarvoja. Yhtälöstä (1) saadaan arvo 33 cps vastaamaan pinnan aktiivisuuskatetta $4,0 \text{ Bq/cm}^2$, kun kalibroinnin tarkastuksessa käytetään käytännön syistä ^{99}Tc -säteilylähdettä, jolle anturin efektiivisyys on noin 33%. Konservatiivisuuden vuoksi kontaminaatiomittaukselle käytetään kuitenkin vapaarajaa 25 cps, koska kontaminaation nuklidijakauma ei ole tasainen. Ulosmittauksen ja kontaminaatioepäilyn lisäksi kontaminaatiomittauksia suoritetaan Loviisan voimalaitoksella säännöllisen kontaminaatioseurannan merkeissä sekä normaalikäytön aikana että tehostetusti vuosihuollon aikana. [8, 12]

4.3.1 Mittaukset käytön aikana

Normaalikäytön aikana säännöllisiä kontaminaatioseurantakerroksia suoritetaan joka toinen viikko. Kontaminaatioseurannan näytteenottopisteet sijaitsevat voimalaitoksen yleisimmillä kulkureiteillä, reaktorihalleissa, kuljetuskäytävillä sekä kenkärajoilla, joilla poistutaan valvonta-alueelta. Kontaminaatioseurannan kohteista otetaan pyyhkäisynäyte, jotka analysoidaan NT200 pyyhintänäyteenalysointilaitteella. Tulokset kirjataan ylös ja arkistoidaan. [8]

4.3.2 Mittaukset revision aikana

Revision eli vuosihuollon aikana säännölliset kontaminaatioseurantakerrokset suoritetaan kerran vuorokaudessa, yövuoron aikana. Tällöin kontaminaatiotilanne on stabiilein. Revision aikana

tehostettua kontaminaatioseurantaan suoritetaan paitsi tiheämmillä seurantakierroksilla, niin myös tehostetulla reaktoriyömaan valvonnalla. [8]

4.4 Mittaustapahtuman tulos

Jos ulosmittauksessa tavarassa havaitaan kontaminaatiota, on se dekontaminoitava ja suoritettava puhdistuksen jälkeen uusi kontaminaatiomittaus. Mikäli kohdetta ei kuitenkaan saada kohtuullisella määrällä dekontaminointikierroksia puhdistettua kontaminaatiosta, sitä ei saa viedä voimalaitoksen ulkopuolelle. Jos voimalaitoksella työkohteessa on kontaminoitumisen mahdollisuus, työkohteeseen perustetaan tilapäinen kenkäraja, jonka tarkoituksena on toimia kontaminaatorajana. Kenkäraja-alueen sisäpuolella käytetään kontaminaatiolta suojaavia suojarusteita. Suojarustuksen määrittelee säteilysuojelujaos. Poistuttaessa suojarusteet riisutaan kenkärajaa ylitettäessä, jolloin estetään kontaminaation leviäminen. Pintakontaminaatiolta suojaudutaan esimerkiksi lisähaalareilla, kumihanskoilla ja lisäkengänsuojilla. Ilmakontaminaatiolta suojaudutaan hengityssuojaimella.

5 YHTEENVETO

Kontaminaatiomittausten tuloksiin vaikuttavat useat eri tekijät. Mittauksen suorittajalla on suuri merkitys mittaustulokseen. Electra-mittarilla suoritettava mittaus tulee tehdä rauhallisesti ja mittaukseen keskittyen. Pyyhintänäytettä otettaessa hankausvoimakkuus, lian irtoavuus ja pyyhintänäytteen koko vaikuttavat mittausprosessin lopputulokseen. Ilmanäytettä kerätessä on tärkeää tietää kerätyn näytteen määrä, jotta aktiivisuuspitoisuus voidaan määrittää oikein.

Myös mittalaitteiden kunto vaikuttaa luotettavan mittaustuloksen saamiseen. Mittareiden tulee olla ehjiä, huollettuja ja säännöllisesti tarkastettuja. Mittauksen suorittajan tulee myös hallita mittalaitteiden käyttö.

LÄHTEET

- [1] Loviisan voimalaitos. [verkkajulkaisu]. Päivitetty 16.4.2004. [viitattu 24.3.2009].
Saatavissa: http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/suomen_ydinvoimalaitokset/loviisa/fi_FI/loviisa/
- [2] Fortumin Loviisan voimalaitos. Fortum.
- [3] Heidi Hänninen. 2007. Loviisan voimalaitos saa jatkaa. Tekniikka & Talous [verkkolehti]. [viitattu 24.3.2009].
Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article24601.ece>
- [4] Periaatepäätöshakemus. 2009. Fortum. [verkkajulkaisu]. [viitattu 24.3.2009].
Saatavissa: <http://www.loviisa-3.fi/fi/periaatepaatoshakemus/?id=3>
- [5] Olavi Pukkila. 2004. Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus. ISBN 951-712-498-8.
- [6] ST-ohje 1.6: Säteilysojelutoimet työpaikalla. 1999. Säteilyturvakeskus. ISBN 951-712-359-0.
- [7] Jorma Sandberg. 2004. Ydinturvallisuus. Säteilyturvakeskus. ISBN 951-712-500-3.
- [8] Säteilysojelman metodikansio. Fortum Power & Heat Oy.
- [9] YVL-ohje 7.9: Ydinlaitoksen työntekijöiden säteilysojelu, 21.1.2002.
- [10] Timo Kontio. 2002. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, energiatekniikan osasto.
- [11] Harri Toivonen, Tapio Rytömaa, Antti Vuorinen. 1988. Säteily ja turvallisuus. 1.-2. painos. Helsinki: Säteilyturvakeskus. ISBN 951-860-933-0

- [12] Timo Kontio. 2008. Säteilysojeluohje 1.9: Pintakonaminaatiomittaukset. Loviisan voimalaitos.
- [13] Medi-Swab. [verkkojulkaisu]. [viitattu 30.3.2009].
Saatavissa: <http://home.intekom.com/pharm/smith-ne/mediswab.html>
- [14] SFS 4575. 1980. Radioaktiivisen pintakontaminaation mittaus. Pyyhintämenetelmä. Säteilyturvallisuuslaitos.
- [15] ST-ohje 7.2: Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet. 2007. Säteilyturvakeskus. ISBN 978-952-478-230-2.
- [16] Ilkka-Christian Ropponen. 2007. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, energia- ja ympäristötekniikan osasto.
- [17] Non-intelligent & Intelligent Scintillation Probes. Instruction Manual. 2003. Thermo Electron Corporation.
- [18] Electra / Selectra Survey Meters. 2007. Thermo Electron Corporation. [verkkojulkaisu]. [viitattu 1.4.2009].
Saatavissa: http://www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Product/productPDF_19439.pdf
- [19] Probes Selection Guide. 2004. Thermo Electron Corporation. [verkkojulkaisu]. [viitattu 1.4.2009].
Saatavissa: http://www.thermo.com/eThermo/CMA/PDFs/Various/File_25892.pdf
- [20] Tarja K. Ikäheimonen. 2002. Säteily ja sen havaitseminen. Säteilyturvakeskus. ISBN 951-712-496-1.
- [21] Electra Contamination Meter. [verkkojulkaisu]. [viitattu 31.3.2009].
Saatavissa: <http://www.scotoil.co.uk/services/products.htm#electra>
- [22] NT200 Strykprovsmätare Manual. 1997. Nutronic AB.

- [23] NT200 Smear test instrument. [verkkojulkaisu]. [viitattu 31.3.2009]
Saatavissa: <http://www.partokaran-tabesh.com/Download/Nutronic.pdf>
- [24] TFIA Series High Volume Air Samplers. [verkkojulkaisu]. [viitattu 31.3.2009]
Saatavissa: <http://www.staplex.com/airsamplers/TFIA/index.html>
- [25] Kansallinen mittanormaalijärjestelmä Suomessa. Mittatekniikan keskus. [verkkojulkaisu].
[viitattu 2.3.2009]
Saatavissa: <http://www.mikes.fi/page.aspx?pageID=699&contentID=115>
- [26] Satu Katajala. 2005. Säteilysojeluohje 2.2: Kannettavien säteilymittarien määrääikaistarkastukset. Loviisan voimalaitos.
- [27] YVL-ohje 7.11: Ydinvoimalaitoksen säteilymittausjärjestelmät ja -laitteet, 13.7.2004.