

YDINLAITOKSEN YMPÄRISTÖN VÄESTÖN SÄTEILYANNOSTEN ARVIOINTI

1	JOHDANTO	5
2	SOVELTAMISALA	6
3	METEOROLOGISET MITTAUKSET	6
3.1	Yleiset periaatteet	6
3.2	Mittauslaitteita koskevat tekniset vaatimukset	7
3.3	Mittausjärjestelmän ylläpito	8
4	PÄÄSTÖJEN LEVIÄMISEN LASKENNALLINEN ARVIOINTI	8
4.1	Yleiset periaatteet	8
4.2	Radioaktiivisten aineiden päästöjen leviäminen ilmassa	9
4.3	Radioaktiivisten aineiden päästöjen leviäminen vesistöissä	10
4.4	Päästöjen leviämisanalyytit lupahakemusten yhteydessä	10
4.4.1	Normaalit käyttötilanteet	10
4.4.2	Käyttöhäiriöt ja onnettomuudet	10
4.5	Käytön aikana tehtävät päästöjen leviämisanalyytit	10
4.6	Päästöjen leviämisen arviointi onnettomuustilanteessa	11
5	SÄTEILYANNOSTEN ARVIOINTI	11
5.1	Analyysimenetelmät	11
5.2	Väestöä edustavan henkilön määrittely	11
5.3	Annoslaskennassa tarkasteltavat aiheutumistiet	12
5.3.1	Yleiset periaatteet	12
5.3.2	Ilmakehään tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen aiheuttamat säteilyannokset	12
5.3.3	Vesistöön tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen aiheuttamat säteilyannokset	13

jatkuu

Uusien ydinlaitosten osalta tämä ohje on voimassa 1.4.2015 alkaen toistaiseksi. Rakenteilla olevilla ja käyväillä ydinlaitoksilla tämä ohje saatetaan voimaan erillisellä STUKin päätöksellä. Ohje kumoaa ohjeet YVL 7.2, YVL 7.3 ja YVL 7.5.

Ensimmäinen painos
Helsinki 2015

ISBN 978-952-309-248-8 (nid.) Erweco Oy 2015
ISBN 978-952-309-249-5 (pdf)
ISBN 978-952-309-250-1 (html)

5.4	Yksilöannosten arviointi	13
5.5	Väestön annosten arviointi	13
5.6	Säteilyannosten arviointi lupahakemusten yhteydessä	13
5.6.1	Yksilöannosten arviointi	13
5.6.2	Normaalit käyttötilanteet	13
5.6.3	Häiriö- ja onnettomuustilanteet	13
5.7	Säteilyannosten arviointi normaalin käytön aikana	14
5.8	Säteilyannosten arviointi onnettomuustilanteissa	14
6	SÄTEILYTURVAKESKUKSELLE TOIMITETTAVAT ASIAKIRJAT	14
6.1	Meteorologiset tiedot ja mittaukset	14
6.2	Leviämisanalyysit	15
6.3	Säteilyannosten arviointi	15
7	SÄTEILYTURVAKESKUKSEN VALVONTAMENETTELYT	16
MÄÄRITELMÄT		16
VIITTEET		19
LIITE A	ESIMERKKEJÄ LUOTAAVISTA METEOROLOGISISTA MITTALAITTEISTA	20
LIITE B	METEOROLOGISTEN MITTAUSTEN VAATIMUKSET	21
LIITE C	ANNOSLASKENNAN ANALYYSSEISSÄ TARKASTELTAVAT AIHEUTUMISTIET	22

Valtuutusperusteet

Ydinenergialain (990/1987) 7 r §:n mukaan Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on asettaa ydinenergialain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset.

Soveltamissäännöt

YVL-ohjeen julkaiseminen ei sinänsä muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen julkaisemista tekemiä päätöksiä. Vasta kuultuaan asianosaisia Säteilyturvakeskus antaa erillisen päätöksen siitä, miten uutta tai uusittua YVL-ohjetta sovelletaan käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin ja luvanhaltijoiden toimintoihin. Uusiin ydinlaitoksiin ohjeita sovelletaan sellaisenaan.

Kun Säteilyturvakeskus harkitsee YVL-ohjeissa esitettyjen, uusien turvallisuusvaatimusten soveltamista käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin, se ottaa huomioon ydinenergialain (990/1987) 7 a §:ssä säädetyt periaatteet: *Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Turvallisuuden edelleen kehittämiseksi on toteutettava toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

Ydinenergialain 7 r §:n kolmannen momentin mukaan *Säteilyturvakeskuksen turvallisuusvaatimukset velvoittavat luvanhaltijaa, kuitenkin niin, että luvanhaltijalla on oikeus esittää muunkinlainen kuin vaatimuksissa edellytetty menettelytapa tai ratkaisu. Jos luvanhaltija vakuuttavasti osoittaa, että esitetty menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa tämän lain mukaisen turvallisuustason, Säteilyturvakeskus voi sen hyväksyä.*

1 Johdanto

101. Ydinenergian käytöstä säädetään ydinenergiailaissa (990/1987) ja ydinenergia-asetuksessa (161/1988). Ydinenergiain 7 q §:n nojalla valtioneuvosto on antanut ydinvoimalaitoksen turvallisuutta koskevat yleiset määräykset valtioneuvoston asetuksilla ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (717/2013), ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelystä (716/2013) ja ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (736/2008). Säteilylaissa (592/1991) ja säteilyasetuksessa (1512/1991) määrätään yleisesti säteilyaltistuksen rajoittamisesta.

102. Ydinergialain (990/1987) 6 §:n mukaan *ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle.*

103. Ydinenergiain (990/1987) 7 c §:n mukaan *ydinenergian käytössä aiheutuvia radioaktiivisten aineiden päästöjä on rajoitettava säteilylain (592/1991) 2 §:n 2 kohdassa säädettyä periaatetta noudattaen.* Säteilylain (592/1991) 2 §:n 2-kohdan mukaan *toiminnan on oltava siten järjestetty, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista (optimointiperiaate).*

104. Säteilylain (592/1991) 2 §:n 3 kohdan mukaan vaaditaan, että yksilön säteilyaltistus ei ylitä asetuksella vahvistettavia enimmäisarvoja (yksilönsuojaperiaate). Väestön annosrajat on esitetty säteilyasetuksen (1512/1991) 6 §:ssä. Ydinvoimalaitoksen turvallisuutta koskevan valtioneuvoston asetuksen (717/2013) 8–10 §:issä määritellään väestön säteilyaltistuksen raja-arvot ydinvoimalaitoksen normaalikäytölle, odotettavissa oleville käyttöhäiriöille ja onnettomuudelle.

105. Valtioneuvoston asetuksen (716/2013) 4 §:n 1 momentin mukaan *luvanhaltijan on varauduttava valmiustilanteiden edellyttämiin toimenpiteisiin, valmiustilanteiden ja niiden seurausten analysointiin, valmiustilanteiden odotettavissa olevan kehittymisen arviointiin, onnettomuuden hallitsemiseen ja rajoittamiseen tarvittaviin korjaaviin toimenpiteisiin, jatkuvaan ja tehokkaaseen*

tiedonvaihtoon viranomaisten kanssa sekä tiedottamiseen tiedotusvälineille ja yleisölle. Tilannetta analysoitaessa on arvioitava laitoksen teknistä tilaa ja radioaktiivisten aineiden päästöä tai sen uhkaa sekä säteilytilannetta laitoksen sisätiloissa ja voimalaitos- ja varautumisalueella.

106. Valtioneuvoston asetuksen (716/2013) 4 §:n 2 momentin mukaan *luvanhaltijan on varauduttava tekemään valmiustilanteessa säteilymittauksia voimalaitosalueella ja suojavyöhykkeellä. Lisäksi luvanhaltijan on tehtävä meteorologisia mittauksia ja pystyttävä valmiustilanteessa arvioimaan radioaktiivisten aineiden leviämistä varautumisalueella.*

107. Ydinjätelaitoksen käyttö ja ydinjätteiden loppusijoitus on suunniteltava niin, että valtioneuvoston asetuksen (736/2008) 3 §:ssä esitettyjä säteilyaltistuksen raja-arvoja ei ylitetä normaalikäytön eikä onnettomuuden seurauksena. Loppusijoituksen pitkäaikaisten säteilyvaikutusten osalta asetuksen 4 §:ssä esitetään rajoitukset väestön yksilöannoksille tarkasteluajanjaksolla, jona ihmisille aiheutuva säteilyaltistus voidaan riittävän luotettavasti arvioida. Lisäksi asetuksen 4 § 3 momentin mukaan *usean tuhannen vuoden mittaisen ajanjakson jälkeisinä tarkasteluajanjaksoina on loppusijoitetuista ydinjätteistä peräisin olevien elinympäristöön vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrien pitkän ajan keskiarvojen alitettava enimmäisarvot, jotka Säteilyturvakeskus asettaa kunkin radionuklidin osalta erikseen.*

108. Ydinenergia-asetuksen 24 §:n 2 momentin 6-kohdan mukaan kunkin ydinlaitoshankkeen osalta valtioneuvoston periaatepäätöshakemukseen on liitettävä ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain (468/1994) mukaisesti laadittu arviointiselostus. Selvitys ydinlaitoksen ympäristövaikutuksista on liitettävä myös rakentamislupahakemukseen ydinenergia-asetuksen 32 §:n edellyttämällä tavalla.

109. Valtioneuvoston asetuksessa ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (713/2006) olevan hankeluettelon mukaan arviointimenettelyä on sovellettava 6 §:n kohdan 7 b mukaisesti ydinvoimalaitoksiin sekä muihin ydinreaktoreihin

mukaan lukien näiden laitosten purkaminen tai käytöstä poistaminen ja kohdan 7 d mukaisesti niihin laitoksiin, jotka on suunniteltu säteilytetyn ydinpolttoaineen tai runsasaktiivisen jätteen käsittelyyn ja säteilytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen. Asetuksen (713/2006) 10 §:n mukaan arviointiselostuksessa on esitettävä *tarpeellisessa määrin kohdan 3) perusteella arvio jätteiden ja päästöjen laadusta ja määristä ottaen huomioon hankkeen käyttövaiheet mahdollinen purkaminen mukaan lukien sekä kohdan 5) perusteella selvitys ympäristöstä sekä arvio hankkeen ja sen vaihtoehtojen ympäristövaikutuksista, käytettyjen tietojen mahdollisista puutteista ja keskeisistä epävarmuustekijöistä, mukaan lukien arvio mahdollisista ympäristöonnettomuuksista ja niiden seurauksista ja kohdan 7) perusteella ehdotus toimiksi, joilla ehkäistään ja rajoitetaan haitallisia ympäristövaikutuksia.*

110. Rakentamislupaa hakiessaan hakijan on toimitettava STUKille ydinenergia-asetuksen 35 §:n 1-kohdan mukaan *alustava turvallisuusseloste, jonka tulee sisältää ainakin ydinlaitoksen yleiset suunnittelu- ja turvallisuusperusteet, yksityiskohtainen kuvaus laitospaikasta ja ydinlaitoksesta, selvitys ydinlaitoksen käytöstä, selvitys ydinlaitoksen käyttäytymisestä onnettomuustilanteissa, yksityiskohtainen selvitys ydinlaitoksen käytön vaikutuksista ympäristössä sekä muu viranomaisen tarpeelliseksi katsoma selvitys.*

111. Ydinenergia-asetuksen 36 §:n mukaan käytölupaa hakiessaan hakijan on toimitettava STUKille lopullinen turvallisuusseloste ja muut STUKin tarpeelliseksi katsomat selvitykset (mm. yksityiskohtaiset kuvaukset laskentamenetelmistä).

2 Soveltamisala

201. Tässä ohjeessa esitetään luvanhakijaa ja -haltijaa koskevat yksityiskohtaiset vaatimukset ydinvoimalaitoksen meteorologisille mittauksille sekä radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen ja ympäristön väestön säteilyannosten laskennalliselle arvioinnille. Ohjeen vaatimukset koskevat soveltuvin osin myös muita ydinlaitoksia. STUK antaa tarvittaessa erillisen päätöksen

siitä, kuinka tämän ohjeen vaatimuksia sovelletaan muihin ydinlaitoksiin.

202. Tätä ohjetta sovelletaan kohdan 201 mukaisesti ydinlaitoksen suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöönottoon ja käyttöön. Ohje koskee laitoksen normaalia käyttöä sekä häiriö- ja onnettomuustilanteita.

203. Ydinlaitoksen käytöstäpoistoon sovelletaan ohjetta YVL D.4 Matala- ja keskiaktiivisten ydinjätteiden käsittely ja ydinlaitoksen käytöstä poisto.

204. Ohjeessa YVL C.3 esitetään vaatimukset ydinlaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen ja ympäristön väestön säteilyaltistuksen rajoittamiselle ja valvonnalle. Vaatimukset säteilymittausjärjestelmille ja -laitteille esitetään ohjeessa YVL C.6. Vaatimuksia ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyille sekä valmiustilanteissa noudatettaville säteilysuojelumenettelyille esitetään ohjeessa YVL C.5. Vaatimukset ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvonnalle esitetään ohjeessa YVL C.7.

205. Ohjeessa YVL A.1 käsitellään yksityiskohtaisesti ydinenergian käytön turvallisuusvalvontaa. Vaatimukset ydinlaitoksen toiminnan raportoinnille esitetään ohjeessa YVL A.9.

206. Vaatimukset ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnittelulle esitetään ohjeessa YVL B.1, vaatimukset ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelulle ohjeessa YVL B.2, vaatimukset turvallisuuden arvioinnille ohjeessa YVL B.3 ja vaatimukset varautumisesta sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ohjeessa YVL B.7. Vaatimukset ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteille esitetään ohjeessa YVL E.7.

3 Meteorologiset mittaukset

3.1 Yleiset periaatteet

301. Ydinvoimalaitoksen rakentamisen, normaalin käytön ja häiriötilanteiden sekä mahdollisen onnettomuuden aikana luvanhaltijan on tehtävä

meteorologisia säämittauksia ydinvoimalaitoksen läheisyydessä siten, että mittaustulosten ja radioaktiivisten aineiden päästöjä koskevien tietojen perusteella voidaan tehdä arviot päästöjen leviämisestä ilmakehässä sekä ympäristön väestölle aiheutuvasta säteilyaltistuksesta vähintään varautumisalueella.

302. Jotta radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen ja väestön säteilyannosten arviointi on mahdollista, on ydinvoimalaitoksen meteorologisten mittausten avulla saatava tiedot ainakin tuulen suunnasta ja nopeudesta, ilmakehän rajakerroksen stabiiliudesta sekä sateesta.

303. Silloin, kun ydinvoimalaitos sijaitsee meren rannikolla, on saatava tiedot laitospaikan rajakerroksen stabiiliuden lisäksi lähialueen manta-reisen ja merellisen rajakerroksen stabiiliudesta.

304. Saaristo, lämmin jäähdytysvesi alueella sekä maa- ja merituuli-ilmiö voivat vaikuttaa mittauksiin. Eri tekijöiden vaikutus mittauksiin on arvioitava ja otettava huomioon järjestelmää suunniteltaessa ja mittaustuloksia käytettäessä.

305. Ydinvoimalaitoksen meteorologisessa mit-tausjärjestelmässä on oltava vähintään yksi riit-tävän korkea säämastomittauksia varten.

306. Lisämastojen ja -havaintopaikkojen tarve on arvioitava ottaen huomioon paikalliset ympäristötekijät. Ydinvoimalaitoksen lähialueella sijaitsevien muiden meteorologisten asemien ha-vaintoja voidaan käyttää, kun arvioidaan radio-aktiivisten aineiden leviämistä ympäristöön.

307. Ydinvoimalaitoksen meteorologisen mittaus-järjestelmän ja siihen liittyvän tiedonsiirtojär-jestelmän on mastomittauksissa toimittava luot-tettavasti myös poikkeuksellisissa ympäristöolo-suhteissa.

308. Ydinvoimalaitoksen säämaston sekä mas-ton sijoitettavien laitteiden on rakenteellisesti kestettävä erittäin poikkeuksellisten tuuli- sekä jäätävien olosuhteiden aiheuttamaa kuormitusta liitteessä B esitetyn mukaisesti.

309. Ydinvoimalaitoksella on oltava suunnitel-ma korvaavista menettelyistä, jos laitoksen me-teorologiset mittaukset menetetään esimerkiksi harvinaisten ulkoisten tapahtumien (DEC C) seurauksena.

310. Ydinvoimalaitoksen valvomossa ja valmi-ustilanteen aikaisessa johtopaikassa on oltava näytöt leviämislaskelmissa tarvittavista mete-orologisista mittaustuloksista ja niiden perus-teella lasketuista suureista. Mittauksista saa-tavat tulokset on käsiteltävä siten, että ne ovat tosiaikaisesti ja luotettavasti myös STUKin ja Ilmatieteen laitoksen käytettävissä.

311. Meteorologiset mittaustulokset on tallennet-tava siten, että niistä voidaan jälkeinpäin selvit-tää tietyn ajankohdan meteorologiset olosuhteet sekä käyttää tuloksia erityyppisten leviämisti-lanteiden tilastollisena aineistona todennäköi-syysperusteisissa turvallisuusanalyysissä.

3.2 Mittauslaitteita koskevat tekniset vaatimukset

312. Meteorologiset mittaukset ydinvoimalaitok-sen läheisyydessä on ensisijaisesti toteutettava jatkuvasti toimivilla säämastoihin sijoitetuilla mittauslaitteilla tai säämastojen ja alemman il-makehän pystysuuntaiseen säämittaukseen tar-koitetun järjestelmän yhdistelmällä.

313. Ilmakehän pystysuuntaiseen säämittauk-seen tarkoitetulla mittausjärjestelmällä (esim. luotaavalla järjestelmällä, liite A) on useimmissa olosuhteissa mahdollista saada säähavaintoja huomattavasti mastomittauksia korkeammalta. Myös tällaista mittausjärjestelmää käytettäessä ydinvoimalaitoksen läheisyydessä on oltava vä-hintään yksi säämasto.

314. Säämastot ja niiden mittausanturit sekä muut säämittausanturit on sijoitettava siten, ettei ydinvoimalaitoksen rakennuksilla, maston rakenteilla, ympäröivällä maastolla eikä muilla rakennuksilla ole häiritsevää vaikutusta mitta-ustuloksiin.

315. Havaintokorkeuden on oltava riittävä edus-tavien tuuliarvojen saamiseksi sekä rajakerrok-

sen stabiiliuden ja tarvittaessa myös turbulenssin määrittämiseksi leviämistarkasteluja varten.

316. Maanpinnan läheltä on mitattava ilman lämpötila, ilmanpaine, ilman kosteus sekä sademäärä ja -aika. Mittausten on yleisesti vastattava kansainvälisiä synoptisia havaintovaatimuksia.

317. Säämastolla alimmat mastomittaukset on tehtävä 2–3 kertaa korkeammalla kuin lähi- maaston rosoisuuselementtien (kuten puiden) keskimääräinen korkeus. Ylimmän mittauskorkeuden on vastattava vähintään ydinvoimalaitoksen poistoilmapiipun korkeutta.

318. Säämastolla lämpötila- ja tuulimittausten mittausantureita on sijoitettava edellä mainittujen korkeuksien lisäksi vähintään yhdelle näiden väliselle mittauskorkeudelle.

319. Tuulimittauslaitteet on sijoitettava kullekin eri tasolle kahteen eri suuntaan häiriöttömälle etäisyydelle mastosta, ja niiden mittausanturit on varustettava lämmitysjärjestelmällä ympärivuotisen toiminnan takaamiseksi.

320. Lämpötilan mittausanturit on suojattava suoralta auringon lämmittävältä vaikutukselta.

321. Mastomittausten mittaus- ja tiedonsiirtojärjestelmien sähkönsyöttö on varmistettava varmennetulla järjestelmällä 72 tunnin ulkoisen sähkönen menetyksen ajaksi.

322. Mittausjärjestelmien on täytettävä yksittäisvikakriteeri ainakin tuulen suunnan ja nopeuden mittauksissa ja alemman ilmakehän stabiiliuden määrittämisessä. Myös voimalaitoksen mastolta voimalaitosalueelle kulkevan mittaustietojen tiedonsiirron on täytettävä yksittäisvikakriteeri.

323. Kauempana sijaitsevien lisämastojen säämittaus- ja tiedonsiirtojärjestelmät on toteutettava niin, että ne toimivat luotettavasti ja antavat täydentävää tietoa ympäristön leviämisolosuhteista.

324. Esimerkki säämaston mittausten tarkkuusvaatimuksista esitetään liitteessä B.

325. Mittausjärjestelmä on suunniteltava ja toteutettava ohjeiden YVL B.1 ja YVL E.7 mukaisesti.

3.3 Mittausjärjestelmän ylläpito

326. Ydinvoimalaitoksen meteorologiselle mittausjärjestelmälle ja siihen kuuluville laitteille on tehtävä määräajoin tarkastuksia ja kokeita ennalta laaditun ohjelman mukaan. Mittalaitteiden kalibroinnin tarkistus on tehtävä valmistajan käyttöohjeiden ja käyttökokemuksiin perustuvien välein. Tarkastusten ja kokeiden tulokset sekä tiedot mittareiden korjaus- ja huoltotoimenpiteistä on tallennettava. Jos tarkastuksen yhteydessä laitteita säädetään tai ne vaihdetaan, tallenteissa on esitettävä tulokset sekä mastosta otetun että mastoon asetettavan laitteen tarkastuksesta.

327. Lämpötilan ja kosteuden mittausjärjestelmät on suunniteltava ja toteutettava siten, että mittausanturit voidaan tarkastaa ja kalibroida liitteessä B esitettyjen tarkkuusvaatimusten mukaisesti.

328. Säämaston rakenteellista kuntoa on valvottava säännöllisesti ennalta laaditun ohjelman mukaan.

4 Päästöjen leviämisen laskennallinen arviointi

4.1 Yleiset periaatteet

401. Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämistä ilmassa ja vesistöissä on tarkasteltava laskennallisesti luotettavia malleja ja menetelmiä käyttäen.

402. Mallien, laskentamenetelmien ja käytettävien tietokoneohjelmien on oltava todennettuja ja kelpuutettuja. Kelpuutus voi perustua kirjallisuudessa esitettyihin mallien ja menetelmien kelpuutukseen tai laskentatulosten vertaamiseen muilla aiemmin kelpuutetuilla malleilla saatuihin tuloksiin.

403. Muiden ydinlaitosten osalta voidaan käyttää tässä luvussa esitetyistä yksityiskohtaisista vaa-

timuksista poikkeavaa yksinkertaistettua mallinnusta. Tällöin tulee perustellusti osoittaa, että yksinkertaistettu malli on konservatiivinen.

4.2 Radioaktiivisten aineiden päästöjen leviäminen ilmassa

404. Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen ilmakehässä leviämisen arvioimiseksi on tunnettava radioaktiivisten aineiden päästötiedot ja leviämiseen vaikuttavat meteorologiset tiedot. Päästötietoja ovat ilmakehään vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrät, aineiden leviämiseen ja laskeutumiseen vaikuttavat fysikaaliskemialliset ominaisuudet sekä päästökorkeus.

405. Päästökorkeutta määriteltäessä on otettava huomioon rakenteiden aiheuttama painuma. Myös päästökaasujen virtausnopeudesta ja mahdollisesta lämpösisällöstä johtuvaa nousulisää on tarkasteltava. Päästökorkeudet on valittava konservatiivisesti ja eri korkeuksia on tarkasteltava.

406. Luvanhaltija voi arvioida turvallisuusanalyseissä laskennallisesti tuulen nopeuksia niillä korkeuksilla, joilla mittauksia ei tehdä.

407. Meteorologisina leviämistietoina tarvitaan tuulen suunta ja nopeus sekä pysty- ja vaakasuuntaista sekoittumista kuvaavat ilmakehän turbulentsisuudesta riippuvat leviämisperametreit eri etäisyyksillä.

408. Leviämislaskelmissa tarvittavat leviämisperametreit on määritettävä joko suoraan turbulenssimittauksin tai välillisesti määrittämällä ensin stabiiliusluokka.

409. Stabiiliusluokittelu voi perustua eri korkeuksilla tehtäviin lämpötilaero- ja tuulennopeusmittauksiin tai tuulen suunnan hajonnan mittauksiin. Pelkkään lämpötilaeromittaukseen perustuvaa stabiiliusluokitusta voidaan käyttää vain väliaikaisesti ensisijaisen luokitusmenetelmän vikaantuessa. Stabiiliusluokituksen on perustuttava yleisesti hyväksi todettuun luokitusmenetelmään.

410. Luvanhaltijalla on oltava valmius tehdä Pasquill-luokitukseen perustuva stabiiliusluokitus niissä tilanteissa, joissa sähköisiä havaintoja mittausjärjestelmiä ei voida käyttää.

411. Eri stabiiliusluokkia vastaaviin pystysuuntaisen leviämisperametrein arvoihin on tehtävä maaston pinnanmuodoista (rosoisuudesta) johtuvat korjaukset.

412. Pystysuuntaisen laimentumisen arvioinnissa on otettava huomioon termisen rajakerroksen tai inversiokerroksen esiintyminen. Pystysuuntaisen leviämisperametrein käyttöön perustuvan mallin sijasta voidaan soveltaa mallia, joka perustuu pystysuuntaisen diffuusioparametrein käyttöön.

413. Vaakasuuntaista sekoittumista kuvaavan leviämisperametrein valinnassa on otettava huomioon päästötilanteen kesto.

414. Rakennusten vaikutus sekoittumiseen on otettava huomioon leviämisperametrein valinnassa.

415. Väestön säteilyannoksia valmiustilanteissa laskettaessa on suositeltavaa käyttää leviämisanalyseissä luvanhaltijan meteorologisen mittausohjelman tulosten lisäksi muiden, kauempana sijaitsevien säähavaintoasemien havaintoja, mikäli sääparametrein muutokset rannikolla voivat olla aiheutuvien säteilyannosten kannalta merkittäviä.

416. Maahan laskeutuvien radioaktiivisten aineiden määrän arvioinnissa on otettava huomioon sekä kuivalaskeuma että sateen aiheuttama märkalaskeuma. Jos laskeumaa arviotaessa käytetään yksinkertaistettua menettelyä, on varmistettava, ettei kauempana laitoksesta ja erityisesti stabiileissa leviämisolosuhteissa aliarvioida radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia ilmassa ja laskeumaa maanpinnalle eikä kollektiivista annosta.

417. Radioaktiivinen hajoaminen ja tytärnuklidien muodostuminen on otettava huomioon ennen päästön alkua, leviämisen kuluessa ja laskeumassa.

4.3 Radioaktiivisten aineiden päästöjen leviäminen vesistössä

418. Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen vesistössä tapahtuvan leviämisen arvioimiseksi on tunnettava radioaktiivisten aineiden päästöjen lähtötiedot. Lähtötietoja ovat veteen vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrät ja ominaisuudet, jäähdytysveden virtausnopeus, tilavuusvirta ja lämpötila sekä päästökohdan rakenteet.

419. Vesistössä tapahtuvaa radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämistä arvioitaessa on otettava huomioon luonnolliset ja laitoksen toiminnan aikaansaamat virtaukset, turbulenttinen sekoittuminen, päästökohdan sijainti, purkuvesistön koko, topografia ja pohjan muoto, jäähdytysveden jälleenkierto ja sen lämpötila, sedimentoituminen, resuspensio, vallitsevat sääolosuhteet ja jäätilanne sekä radioaktiivinen hajoaminen ja tytärnuklidien muodostuminen.

420. Päästön leviämistä on selvitettävä hydrodynaamisten virtausmallien avulla. Hydrodynaamisten virtausmallien antamien tulosten perusteella leviämislaskennassa voidaan käyttää päästöjen purkuvesistöön sovitettua yksinkertaistettua konservatiivista mallia tai kulkeutumismallia, jossa otetaan huomioon vesistön olosuhteet realistisemmin.

421. Virtausmallin tuloksia on mahdollisuuksien mukaan verrattava purkuvesistön hydrografisista mittauksista saataviin tuloksiin (virtausmittaukset, vedenkorkeuden vaihtelut, jälleenkierto, jne.).

4.4 Päästöjen leviämisanalyysit lupahakemusten yhteydessä

4.4.1 Normaalit käyttötilanteet

422. Ydinvoimalaitoksen alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen normaaleja käyttötilanteita koskeissa radioaktiivisten aineiden leviämisanalyyseissä on käytettävä päästöarvioita, jotka perustuvat ydinvoimalaitosten käyttökokemukseen ja kyseisen laitoksen ominaisuuksiin.

423. Ydinvoimalaitoksen alustavan turvallisuusselosteen yhteydessä tehtävissä leviämisanalyyseissä on käytettävä pitkäaikaisia tilastollisia

aineistoja voimalaitospaikan ja sen ympäristön meteorologisista havainnoista. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ydinvoimalaitoksen lähialueella sijaitsevien muiden meteorologisten asemien havaintojä, mikäli ydinvoimalaitoksella ei vielä ole omaa säämastoa.

424. Ydinvoimalaitoksen lopullisen turvallisuusselosteen yhteydessä tehtävissä leviämisanalyyseissä on käytettävä pitkäaikaisia tilastollisia aineistoja voimalaitospaikan ja sen ympäristön meteorologisista havainnoista. Myös ydinvoimalaitoksen lähialueella sijaitsevien muiden meteorologisten asemien havaintoja voidaan käyttää hyväksi täydentävänä aineistona.

4.4.2 Käyttöhäiriöt ja onnettomuudet

425. Analyyseissä alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen ydinvoimalaitoksen teknisten ratkaisujen perustelemiseksi on arvioitava radioaktiivisten aineiden päästöt käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa ohjeen YVL B.3 mukaisesti.

426. Ydinvoimalaitoksen käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa efektiivinen päästökorkeus on valittava kussakin päästötilanteessa erikseen.

427. Yksityiskohtaisesti tarkasteltavien leviämistilanteiden valitsemiseksi on käsiteltävä kattavasti tilastollisilla laskentamenetelmillä erilaisia leviämistilanteita ja arvioitava kussakin tilanteessa tärkeimpiä arviointisuureita eri etäisyyksillä. Kutakin tarkasteltavaa käyttöhäiriötä, onnettomuutta ja päästökorkeutta vastaten on valittava tilanteet ja leviämistäisyydet, joista tehdään yksityiskohtaiset analyysit. Valituissa tilanteissa on oltava edustettuina leviämistilanteet, jotka vastaavat valinnan perusteena käytetyn suureen, kuten laimenemistekijän tai kokonaisannoksen, tilastollisen jakauman keskiarvoa sekä yläfraktiilia 95 %. Tulosten esitysmuodon ja erittelyn kattavuuden on oltava havainnolliset ja riittävän monipuoliset.

4.5 Käytön aikana tehtävät päästöjen leviämisanalyysit

428. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana leviämisanalyyseissä on käytettävä mitattuja päästöjä sekä laitospaikalla tehtävien meteorologisten mittausten tuloksia.

429. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana leviämisanalyysit on tehtävä tilastollisesti niin, että ne perustuvat säätilanteita kuvaavien suureiden (leviämisseuran ja -nopeus, stabiilius, sateen esiintyminen) esiintymisfrekvensseihin tarkastelujaksolla. Vaihtoehtoisesti voidaan laskennassa käydä systemaattisesti läpi tarkastelujakson säätilanteet esimerkiksi tunneittain siten, että kulloistakin säätilannetta käytetään kuvaamaan parametrien tuntikeskiarvoja. Tällöin on suositeltavaa tehdä leviämisen- ja annoslaskut toisiinsa kytketyksi, koska tällöin voidaan ottaa tarkemmin huomioon vuodenajan vaikutus annosten aiheutumisteihin. Tämä on tärkeää esimerkiksi elintarvikkeiden kautta kertyvien annosten arvioinnissa.

430. Ydinvoimalaitoksen normaalien käyttötilanteiden aikana ilmaan tapahtuvien päästöjen leviämisanalyysissä voidaan olettaa, että päästöt jakautuvat tasaisesti enintään vuoden mittaisen tarkastelujakson ajalle. Poikkeavissa tilanteissa päästöjen leviämisen arvioimiseksi on käytettävä tarkastelujaksona kyseisen tilanteen todellista aikajaksoa.

431. Ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja lupakäsittelyn yhteydessä tehdyt leviämisen- ja säteilyannosarviot on saatettava ajan tasalle laitoksen käytön aikana määräjain, kun leviämisolosuhteista saadaan uutta tietoa.

4.6 Päästöjen leviämisen arviointi onnettomuustilanteessa

432. Luvanhaltijalla on oltava valmius ilmaan tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen tosiaikaiseen laskennalliseen arviointiin ydinlaitoksen onnettomuustilanteessa.

433. Päästöjen leviämistä vesistöissä on myös voitava arvioida, jos ydinlaitoksen onnettomuustilanteessa on mahdollista, että päästöjä kulkeutuu vesistöihin.

434. Uhkaavien päästöjen seurausten arvioinnissa on käytettävä onnettomuushetkellä ja sitä seuraavalla ajanjaksolla vallitsevia tyypillisiä leviämistilanteita ja onnettomuuden etenemisvaiheeseen sovitettuja päästötietoja. Ilmassa kulkeutuvien radioaktiivisten aineiden poistuminen

päästöpilvestä kuivan tai kostean laskeutuman kautta on arvioitava.

435. Päästökorkeus on erikseen arvioitava kussakin onnettomuustilanteessa todellisen onnettomuustilanteen mukaisesti.

436. Mikäli tosiaikainen leviämisen- ja annoslaskentajärjestelmä ei ole onnettomuustilanteessa käytettävissä eikä päästökorkeutta vastaavia etukäteislaskujen tuloksia ole käytettävissä, on leviämistä arvioitava lähimpien päästökorkeuksien vastaavien tulosten pohjalta.

5 Säteilyannosten arviointi

5.1 Analyysimenetelmät

501. Ydinvoimalaitoksen ympäristön asukkaiden säteilyannosten arviointiin käytettävien menetelmien on oltava luotettavia ja annoksia yliarvioivia (konservatiivisia).

502. Mallien, laskentamenetelmien ja ohjelmien on oltava todennettuja ja kelpuutettuja. Kelpuutus voi perustua kirjallisuudessa esitettyihin mallien ja menetelmien kelpuutukseen tai laskentatulosten vertaamiseen muilla aiemmin kelpuutetuilla malleilla saatuihin tuloksiin.

503. Käytettävät laskentaparametrit on valittava laitospaikan ympäristön olosuhteisiin soveltuviksi.

504. Muiden ydinlaitosten osalta voidaan käyttää tässä luvussa esitetyistä yksityiskohtaisista vaatimuksista poikkeavaa yksinkertaistettua mallinnusta. Tällöin tulee perustellusti osoittaa, että yksinkertaistettu malli on konservatiivinen.

505. Analyysieihin on sisällytettävä sellaisia tarkasteluja, joissa selvitetään lopputuloksen herkkyys käytettyjen analyysimenetelmien ja parametrien suhteen.

5.2 Väestöä edustavan henkilön määrittely

506. Ydinlaitoksen ympäristön asukkaiden säteilyannosten arviointiin käytetyissä malleissa ei voida ottaa täysin huomioon ihmisten ja heidän elintapojensa yksilöllisiä eroja. Tämän vuoksi on määriteltävä niin sanottu edustava henkilö,

joka edustaa iän ja elintapojen perusteella eniten altistuvaa pientä väestöryhmää. Annosrajoja on verrattava tämän edustavan henkilön annokseen.

507. Eniten altistuvaa väestöryhmää edustava henkilö on valittava tässä ohjeessa esitettyjen vaatimusten mukaisesti ottaen huomioon viitteessä [10] esitetyt periaatteet. Samoin on valittava annoslaskuihin käytettävien parametrien (kuten tietoja elintavoista, asuinympäristöstä ja käytetyistä elintarvikkeista sekä niiden määrittä) arvot.

508. Edustavan henkilön annosta laskettaessa on käytettävä keskimääräisiä arvoja niille parametreille, jotka riippuvat eniten altistuvan väestöryhmän jäsenten elintavoista.

509. Laskettujen annosten on edustettava pienen, iältään ja elintavoiltaan riittävän yhtenäisen väestöryhmän jäsenten keskimääräistä säteilyaltistusta.

510. Eniten altistuvaa väestöryhmää edustava henkilö on valittava tarvittaessa erikseen normaaleja käyttötilanteita ja ohjeen YVL B.3 mukaisia häiriö- ja onnettomuusanalyysjä varten.

511. Ydinlaitoksen suunnittelu- ja lupakäsittelyvaiheessa annoslaskuja varten valittua edustavaa henkilöä koskevat oletukset on tarkistettava ydinlaitoksen käytön aikana ottamalla huomioon paikalliset olosuhteet.

5.3 Annoslaskennassa tarkasteltavat aiheutumistiet

5.3.1 Yleiset periaatteet

512. Laskennassa on otettava huomioon ne annokset, jotka aiheutuvat ydinlaitokselta tulevas- ta ulkoisesta säteilystä sekä ilmakehään ja vesistöihin tapahtuvista radioaktiivisten aineiden päästöistä.

513. Väestölle aiheutuvia säteilyannoksia arvioidaessa on otettava huomioon sekä ulkoinen että sisäinen altistus. Kehonsisäistä säteilyaltistusta on kuvattava efektiivisen annoksen kertymällä.

514. Eri aiheutumistiedon kautta aiheutuvien edustavan henkilön säteilyannosten lisäksi on laskettava yhteenveto väestön yhteenlasketuista (kollektiivisista) annoksista.

515. Analyyseissä on eriteltävä, millä nuklideilla on merkittävä osuus kunkin aiheutumistien kautta aiheutuvista säteilyannoksista ja kokonaisannoksesta.

5.3.2 Ilmakehään tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen aiheuttamat säteilyannokset

516. Liitteen C taulukossa C01 esitetään ne säteilyannoksen aiheutumistiet, jotka on eri analyyseissä otettava huomioon, kun tarkastellaan ilmakehään vapautuneita radioaktiivisia aineita.

517. Ilmassa olevista radioaktiivisista aineista tulevan ulkoisen säteilyn aiheuttamat annokset on laskettava noin 1 metrin korkeudella maan pinnasta.

518. Maahan laskeutuneista radioaktiivisista aineista tulevan ulkoisen säteilyn annoksia on tarkasteltava noin 1 metrin korkeudella maan pinnasta. Laskeuma on laskettava ottaen huomioon kuiva- ja märkälasseuma.

519. Silloin, kun lasketaan radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia kasveissa, on otettava huomioon kasvien päälle suoraan laskeutuneet radioaktiiviset aineet sekä maaperästä resuspension kautta ja kasvien maaperästä ottamat radioaktiiviset aineet.

520. Silloin, kun lasketaan radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia maidossa ja lihassa, on otettava huomioon sekä laidunruoholle laskeutuneet radioaktiiviset aineet että laidunruohon maaperästä ottamat radioaktiiviset aineet. Myös se, että laiduntava eläin voi ruohon mukana syödä saastunutta maa-ainesta, on otettava huomioon.

521. Keräilytuotteiden käytöstä ravintona aiheutuvaa säteilyaltistusta on tarkasteltava erityisesti yksilöannosten kannalta.

522. Silloin, kun arvioidaan kasvi- ja eläintuotteiden välityksellä aiheutuvia säteilyannoksia, on otettava huomioon kasvu- ja laidunkauden ja sen

ulkopuolisen ajan väliset erot laitoksen sijaintipaikkakunnan keskimääräisten olosuhteiden mukaisesti. Tarkastelussa on otettava huomioon myös saastuneen rehun mahdollinen käyttö.

5.3.3 Vesistöön tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen aiheuttamat säteilyannokset

523. Liitteen C taulukossa C02 esitetään ne säteilyannoksen aiheutumistiet, jotka on eri analyyseissä otettava huomioon, kun tarkastellaan vesistöön vapautuneita radioaktiivisia aineita.

524. Rantojen osalta on arvioitava radioaktiivisten aineiden kertymistä paikallisia olosuhteita vastaavia siirtokertoimia käyttäen ja ottaen huomioon ne mekanismit, joilla radioaktiiviset aineet voivat siirtyä rannalle.

525. Kalojen radioaktiivisten aineiden pitoisuudet on arvioitava veden radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien perusteella rikastumiskertoimia käyttäen.

5.4 Yksilöannosten arviointi

526. Silloin, kun tarkastellaan ydinlaitoksen ympäristön väestön yksilöiden säteilyannoksia laitoksen käytön aikana, yksilöiden sijainnit voidaan valita todellisen väestöjakauman mukaisesti.

527. Eniten altistuvaa väestöryhmää edustavan henkilön ulkonaoloajan osuus sekä suojauskerroimet ulkona ja sisällä oleskeltaessa on valittava keskimääräisiä olosuhteita epäedullisemmiksi. Väestöryhmän on oletettava olevan tietyn keskimääräisen ajan vuodesta altistettuna sille ulkoiselle säteilylle, joka vallitsee nestemäisten päästöjen purkuvesistön rannoilla.

528. Silloin, kun lasketaan hengitetyistä radioaktiivisista aineista aiheutuvaa kehonsisäistä säteilyaltistusta, on oletettava, että asuintiloissa ja ulkona on sama aktiivisuuspitoisuus.

529. Edustavan henkilön on oletettava käyttävän ravinnokseen laitoksen lähialueella tuotettuja kasveja, keräily- ja luonnontuotteita, pyydettyjä kaloja ja tuotettua maitoa. Maitojalosteiden ja muiden eläintuotteiden voidaan olettaa olevan peräisin lähimmältä jalostuslaitokselta.

5.5 Väestön annosten arviointi

530. Ydinvoimalaitoksen ympäristössä asuvan väestön yhteenlaskettujen (kollektiivisten) säteilyannosten tarkastelussa on otettava huomioon samat aiheutumistiet kuin yksilöannosten arvioinnissa. Laskenta on tehtävä mahdollisimman realistisin oletuksin.

531. Ydinvoimalaitoksen ympäristössä asuvan väestön yhteenlaskettuja säteilyannoksia laskettaessa on tarkasteltava vaikutuksia vähintään 100 km:n etäisyydelle laitoksesta. Tarkastelualue voidaan jakaa osa-alueisiin. Alueen väestö on tarvittaessa jaettava ikäryhmiin. Normaalien käyttötilanteiden annoksia tarkasteltaessa voidaan käyttää pelkästään aikuisväestöä kuvaavia laskentaparametreja.

532. Silloin, kun lasketaan päästöpilven aiheuttamia ulkoisen säteilyn kollektiivisiä säteilyannoksia, voidaan ottaa huomioon asuinrakennusten antama suojaus.

533. Elintarvikkeiden kautta aiheutuvia kollektiivisiä säteilyannoksia laskettaessa on otettava huomioon alueella tuotettujen elintarvikkeiden määrät.

5.6 Säteilyannosten arviointi lupahakemusten yhteydessä

5.6.1 Yksilöannosten arviointi

534. Alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen yksilöannosten analyyseissä etäisyydeksi on oletettava lähin sellainen välittömästi voimalaitosalueen ulkopuolella oleva paikka, jossa pysyvä asutus on mahdollista. Analyyseissä on tarkasteltava aikuisten ja lasten annoksia.

5.6.2 Normaalit käyttötilanteet

535. Ydinlaitoksen alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen analyyseissä on arvioitava ilmakehään ja vesistöihin tapahtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen aiheuttamat eniten altistuvaa ryhmää edustavan henkilön annokset ja väestön yhteenlasketut annokset.

5.6.3 Häiriö- ja onnettomuustilanteet

536. Häiriö- ja onnettomuusanalyysit on esitettävä ydinlaitoksen alustavassa ja lopullisessa

turvallisuusselosteessa. Sekä ohjeen YVL B.3 mukaisissa häiriö- ja onnettomuusanalyseissä että ohjeen YVL C.5 mukaisissa valmiustoimintaan liittyvissä analyyseissä on tarkasteltava monipuolisesti niitä säteilyannoksia, joita eniten altistuvalla väestöryhmällä ja eri ikäryhmille eri aiheutumisteiden kautta aiheutuu. Lisäksi analyyseissä on tarkasteltava ympäristön pitkäaikaista saastumista.

537. Analyyseissä on tarkasteltava, kuinka suuren osuuden eri aiheutumistiet ja eniten altistusta aiheuttavat nuklidit kokonaisannoksesta eri etäisyyksillä aiheuttavat. Akuutteja vaikutuksia arvioitaessa on tarkasteltava ulkoisen altistuksen ohella myös kehon sisään hengityksen ja ravinnon kautta joutuneiden nuklidien vaikutusta.

538. Onnettomuusanalyysiin liittyvissä säteilyannostarkasteluissa ei oteta huomioon väestön säteilylle altistumista rajoittavien vastatoimenpiteiden vaikutusta.

539. Silloin, kun lasketaan hengitetyistä radioaktiivisista aineista johtuvien sisäisen säteilyn aiheuttamia säteilyannoksia, on oletettava, että eniten altistuvan väestöryhmän yksilöt oleskelevat tarkasteluetaisyydellä onnettomuuden koko päästöjakson ajan.

540. Vakavissa reaktorionnettomuuksissa on tarkasteltava erikseen lyhyen ja pitkän aikavälin annoksia erityyppisissä sää- ja leviämistilanteissa. Eri aiheutumisteiden ja merkittävien nuklidien osuudet on eriteltävä. Lyhyen aikavälin annoksista on arvioitava ainakin väestön suoje-lutoimien toimenpidetasojen ylittymistä. Pitkän aikavälin annoksien tarkasteluissa on käytettävä yli 3 kk:n tarkasteluvälejä.

541. Onnettomuustilanteiden aiheuttamaa ympäristön väestön säteilyaltistusta arvioitaessa voidaan laskut tehdä tilastollisesti siten, että otetaan huomioon leviämisolosuhteiden vaihtelu säätilanteiden mukaan sekä vuodenaikakohtaiset erot elintarvikeketjujen kautta kertyvissä säteilyannoksissa. Tulokset on esitettävä sekä sopivassa jakaumamuodossa että keskiarvoina ja fraktiileina. Kun arvioidaan valtioneuvoston asetuksen (717/2013) ja ohjeen YVL C.3 mukais-

ten annosrajoitusten täyttymistä erityyppisissä onnettomuustilanteissa, on käytettävä 95 %:n fraktiilia edustavia annosarvioita.

5.7 Säteilyannosten arviointi normaalikäytön aikana

542. Silloin, kun arvioidaan normaalikäytön aikana mitatuista päästöistä aiheutuvia annoksia, on käytettävä lukujen 5.1–5.5 vaatimusten mukaisia laskentamenetelmiä ja laitospaikkaan soveltuvia paikkakohtaisia tietoja.

5.8 Säteilyannosten arviointi onnettomuustilanteissa

543. Ydinlaitoksen onnettomuustilanteisiin on varauduttava ennakolta lasketuin leviämisen ja annosarvioin. Mukaan on sisällytettävä myös ydinvoimalaitoksen hyvin epätodennäköisten vakavien reaktorionnettomuuksien aiheuttamia päästötilanteita.

544. Ydinlaitoksen onnettomuuden yhteydessä välittömästi tehtäviä alkuvaiheen annosennusteita varten on oltava laskentaohjelma sekä valmiudet siihen, että laskentaa voidaan suorittaa myös yksinkertaistettuna leviämiskaavioiden perusteella.

545. Laskennassa on käytettävä onnettomuustilannetta kuvaaviin mittaustuloksiin perustuvia päästöarvioita. Uhkaavien päästötilanteiden vaikutuksia ennustettaessa on tarkasteltava onnettomuuden etenemisvaiheeseen soveltuvia oletettuja päästöjä ja laadittava niitä vastaavia säteilyannosennusteita.

6 Säteilyturvakeskukselle toimitettavat asiakirjat

6.1 Meteorologiset tiedot ja mittaukset

601. Ydinvoimalaitoksen alustavassa turvallisuusselosteessa on esitettävä selvitys alueen meteorologisista olosuhteista, paikallisilmastosta ja vesiympäristöstä. Selvityksessä on esitettävä alueen leviämisolosuhteita kuvaavat tilastolliset jakautumat tuulen suunnalle ja nopeudelle, ilmakehän stabiiliudelle ja sateen esiintymiselle sekä sekoituskorkeuden arvoille eri vuodenaikoina.

602. Ydinvoimalaitoksen alustavassa turvallisuusselosteessa on esitettävä suunnitelma laitospaikalla ja sen läheisyydessä tehtävistä meteorologisista mittauksista. Suunnitelmiin sisältyvissä perusteluissa on osoitettava, että järjestelmällä pystytään toteuttamaan tässä ohjeessa esitetyt tavoitteet ja vaatimukset. Suunnitelma voidaan esittää myös aihekohtaisena raporttina alustavan turvallisuusselosteen osana.

603. Ydinvoimalaitoksen lopulliseen turvallisuusselosteeseen on päivitettävä alustavassa turvallisuusselosteessa esitetyt tiedot alueen meteorologisista olosuhteista, paikallisilmastosta ja vesiympäristöstä.

604. Ydinvoimalaitoksen lopullisessa turvallisuusselosteessa on esitettävä lisäksi vähintään kolmen vuoden pituisella ajanjaksolla tehtyjen mittausten ja muiden käytettävissä olevien tietojen perusteella selvitys alueen meteorologisista olosuhteista. Turvallisuusselosteen tietoja on täydennettävä määräajoin ydinvoimalaitoksen läheisyydessä tehtävien mittausten meteorologisten perusteella.

605. Ydinvoimalaitoksen lopullisessa turvallisuusselosteessa on kuvattava laitospaikalla ja sen läheisyydessä toteutettavat meteorologiset mittaukset sekä niiden liittyminen viranomaisen käyttämiin havainto- ja tietojärjestelmiin.

606. Ydinvoimalaitoksen lopullisessa turvallisuusselosteessa on esitettävä luotettava menetelmä meteorologisten mittaustietojen siirtämiselle laitospaikan valmiusorganisaation ja STUKin käyttöön.

607. STUKille on toimitettava ydinvoimalaitoksen meteorologista mittausjärjestelmää koskevat asiakirjat ohjeen YVL B.1 mukaisesti. Käytössä olevan ydinvoimalaitoksen meteorologisen mittausjärjestelmän mahdollista muutosta koskeva ennakkotarkastusaineisto on esitettävä STUKille tiedoksi.

6.2 Leviämisanalyysit

608. Ydinlaitoksen rakentamis- ja käyttöluvhakemuksen yhteydessä sekä käytön aikana

STUKille on toimitettava hyväksyttäväksi selvitykset niistä menetelmistä, joita käytetään radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen arviointiin. Selvityksissä on käsiteltävä radioaktiivisten aineiden leviämistä ilmakehässä ja vesistöissä sekä kuvattava ne menetelmät, joita käytetään ilmakehän turbulentsisuuden ja stabiiliusluokan määrittelyyn. Selvityksissä on oltava kuvaus siitä, miten mallit on kelpuutettu ja miten ne soveltuvat laitospaikan olosuhteisiin.

6.3 Säteilyannosten arviointi

609. Ydinlaitoksen periaatepäätöstä haettaessa STUKille on toimitettava ohjeen YVL A.1 mukaisesti selvitykset kyseessä olevista laitosvaihtoehdoista. Kustakin laitosvaihtoehdosta on esitettävä yhteenveto turvallisuusanalyseistä mukaan lukien pahimmaksi arvioidun onnettomuuden ympäristössä aiheuttamien säteilyannosten analyysit.

610. Ydinlaitoksen rakentamislupahakemuksen yhteydessä STUKille on toimitettava hyväksyttäväksi selvitykset niistä laskentamalleista, joita käytetään ydinlaitoksen ympäristön väestön säteilyannosten arviointiin ydinlaitoksen suunnitteluvaiheessa. Analyysien tulokset on toimitettava STUKille hyväksyttäväksi ohjeen YVL B.3 mukaisesti.

611. Ydinlaitoksen käyttöluvhakemuksen yhteydessä sekä käytön aikana STUK:lle on toimitettava hyväksyttäväksi selvitykset laskentamalleista, joita käytetään ydinlaitoksen ympäristön väestön säteilyannosten arviointiin.

612. Ydinlaitoksen rakentamis- ja käyttöluvhakemuksiin sisältyvissä säteilyannosten arviointiin liittyvissä selvityksissä on esitettävä laskentamallien käyttämät parametriarvot. Selvityksissä on myös perusteltava, miten on pyritty varmistautumaan laskentamallien oikeellisuudesta (kelpuutuksesta) ja laskentaparametrien soveltuvuudesta laitospaikan ympäristössä vallitseviin olosuhteisiin. Lisäksi on perusteltava annoslaskelmissa käytettävän eniten altistuvaa väestöryhmää edustavan henkilön valinta.

7 Säteilyturvakeskuksen valvontamenettelyt

701. Ydinlaitosten ympäristövaikutusten arviointimenettelyissä yhteysviranomaisena toimii työ- ja elinkeinoministeriö. STUK antaa lausunnon uuden ydinlaitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta ja -selostuksesta. Lausunnossa kiinnitetään huomiota ydinlaitoksen aiheuttamiin radioaktiivisten aineiden päästöihin sekä väestön säteilyaltistukseen laitoksen käytön ja mahdollisesti tapahtuvan onnettomuuden aikana.

702. STUK laatii ydinlaitoksen periaatepäätösha- kemuksesta alustavan turvallisuusarvion, jossa arvioidaan esitetyn laitospaikoituksen turvallisuusanalyysit mukaan lukien pahimmaksi arvioidun onnettomuuden ympäristössä aiheuttami- en säteilyannosten analyysin.

703. STUK tarkastaa ydinvoimalaitoksen raken- tamislupahakemuksen käsittelyn yhteydessä suunnitelmat laitospaikalla ja sen läheisyy- dessä tehtävistä meteorologisista mittauksista. Ydinvoimalaitoksen käyttölu- pahakemuksen kä- sittelyn yhteydessä STUK tarkastaa ydinvoi- malaitoksen meteorologista mittausjärjestelmää koskevat asiakirjat osana lopullista turvallisuus- selostetta. Tarkastuksissa STUK voi käyttää muiden viranomaisten, esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen asian- tuntemusta.

704. STUK arvioi ydinvoimalaitoksen ympäris- tön paikallisilmastosta, meteorologisista olo- suhteista ja vesiympäristöstä tehdyt selvityk- set alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen tarkastusten yhteydessä. Tarkastuksissa STUK voi käyttää myös muiden viranomaisten asian- tuntemusta.

705. STUK arvioi radioaktiivisten aineiden pääs- töjen leviämistä ja niistä aiheutuvia annoksia koskevat analyysit ydinlaitoksen alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen tarkastusten yh- teydessä.

706. STUK tarkastaa ydinlaitoksen rakentami- sen sekä käytön aikaisen valvonnan yhteydessä onnettomuuden varalle tehtyjen leviämisen- ja annoslaskentajärjestelmien toimivuutta ja ylläpi- toa laitospaikalla.

707. STUK tarkastaa ydinvoimalaitoksen käytön valvonnan yhteydessä säämittausjärjestelmän käyttöä ja ylläpitoa laitospaikalla.

708. STUK arvioi leviämisen- ja annosanalyysien ajantasaisuuden ydinvoimalaitoksen määräai- kaisen turvallisuusarvion yhteydessä.

Määritelmät

Annoskertymä

Annoskertymällä tarkoitetaan kehoon yhdel- lä kerralla joutuneesta radioaktiivisesta ai- neesta aiheutuvaa säteilyannosta tietyn ajan kuluessa. Kertymäaikana käytetään 50 vuot- ta aikuisille ja lapsille aikaa 70 vuoden ikään asti.

Annosraja

Annosrajalla tarkoitetaan enimmäisarvoa, jota säteilyannos ei tietyssä ajassa saa ylittää.

Annosrajoitus

Annosrajoituksella tarkoitetaan annosrajaa pienempää raja-arvoa, jota käytetään opti- mointiperiaatteen toteuttamiseksi ja eri sä- teilylähteistä aiheutuvan altistuksen huomi- oonottamiseksi.

Edustava henkilö

Edustavalla henkilöllä tarkoitetaan tietylle säteilylähteelle eniten altistuvan väestöryh- män yksilöä, jonka saama säteilyannos edus- taa tämän väestöryhmän yksilöiden saamia annoksia (ICRP Publication 101). Termi tar- koittaa samaa ja korvaa aikaisemmin käyte- tyn termin ”kriittisen ryhmän keskimääräi- nen jäsen”.

Efektiiivinen annos

Efektiiivisellä annoksella tarkoitetaan säteilylle alttiiksi joutuneiden kudosten ja elinten ekvivalenttiannosten painotettua summaa, jossa ekvivalenttiannos on säteilystä kudokseen tai elimeen massayksikköä kohti keskimäärin siirtyneen energian ja säteilyn painotustekijän tulo.

Järjestelmä

Järjestelmällä tarkoitetaan laitteista ja rakenteista muodostuvaa kokonaisuutta, joka suorittaa määritetyn toiminnon.

Kelpuutus

Kelpuutuksella tarkoitetaan objektiiviseen näyttöön perustuvaa varmistumista siitä, että tiettyä käyttöä tai soveltamista koskevat vaatimukset on täytetty.

Kollektiivinen annos

Kollektiivisella annoksella tarkoitetaan säteilylle alttiiksi joutuneiden yksilöiden yhteenlaskettua efektiivistä säteilyannosta.

Luvanhaltija

Luvanhaltijalla tarkoitetaan ydinenergian käyttöön oikeuttavan luvan haltijaa. Ydinenergian käytöllä tarkoitetaan ydinenergialain 2 §:n 1 ja 2 momentissa tarkoitettua toimintaa.

Normaali käyttö (DBC 1)

Normaalilla käytöllä (DBC 1) tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen suunnittelun mukaista käyttämistä turvallisuusteknisten käyttöehtojen ja käyttöohjeiden mukaisesti. Niihin kuuluvat myös testaukset, laitoksen ylös- ja alasajo, huolto ja polttoaineen vaihto. Muiden ydinlaitosten osalta normaalilla käytöllä tarkoitetaan vastaavanlaista laitoksen käyttöä.

Odotettavissa oleva käyttöhäiriö (DBC 2)

Odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä (DBC 2) tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan odottaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana. (VNA 717/2013)

Oletettu onnettomuus

Oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan olettaa esiintyvän harvemmin kuin kerran sadassa käyttövuodessa, pois lukien oletetun onnettomuuden laajennukset, ja josta ydinvoimalaitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita, vaikka yksittäisiä turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien laitteita olisi käyttökunnottomina huoltotöiden tai vikojen johdosta; oletetut onnettomuudet jaetaan niiden alkutapahtumataajuuden perusteella kahteen luokkaan: a) luokan 1 oletetut onnettomuudet (DBC 3), joiden voidaan olettaa esiintyvän harvemmin kuin kerran sadassa käyttövuodessa mutta vähintään kerran tuhannessa käyttövuodessa. b) luokan 2 oletetut onnettomuudet (DBC 4), joiden voidaan olettaa esiintyvän harvemmin kuin kerran tuhannessa käyttövuodessa.

Oletetun onnettomuuden laajennus (DEC)

Oletetun onnettomuuden laajennuksella tarkoitetaan:

- a. onnettomuutta, jossa odotettavissa olevaan käyttöhäiriöön tai luokan 1 oletettuun onnettomuuteen liittyy turvallisuustoiminnon toteuttamiseen tarvittavassa järjestelmässä esiintyvä yhteisvika;
- b. onnettomuutta, jonka aiheuttaa todennäköisyysperusteisen riskianalyysin perusteella merkittäväksi tunnistettu vikayhdistelmä; tai
- c. onnettomuutta, jonka aiheuttaa harvinaisen ulkoinen tapahtuma, ja josta laitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita. (VNA 717/2013)

Onnettomuus

Onnettomuudella tarkoitetaan oletettuja onnettomuuksia, oletettujen onnettomuuksien laajennuksia ja vakavia onnettomuuksia. (VNA 717/2013)

Todentaminen

Todentamisella tarkoitetaan objektiiviseen näyttöön perustuvaa varmistumista siitä, että määritellyt vaatimukset on täytetty.

Ulkoiset tapahtumat

Ulkoisilla tapahtumilla tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen ympäristössä esiintyviä poikkeuksellisia tilanteita tai tapahtumia, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti laitoksen turvallisuuteen tai käyttöön.

Vakava reaktorionnettomuus

Vakavalla reaktorionnettomuudella tarkoitetaan onnettomuutta, jossa huomattava osa reaktorissa olevasta polttoaineesta menettää alkuperäisen rakenteensa. (VNA 717/2013)

Valmiustilanne

Valmiustilanteella tarkoitetaan onnettomuutta tai tapahtumaa, jossa ydinvoimalaitoksen turvallisuus heikkenee tai uhkaa heikettä tai joka edellyttää toimintavalmiuden tehostamista laitoksen turvallisuuden varmistamiseksi. Valmiustilanteet luokitellaan niiden vakavuuden ja hallittavuuden perusteella seuraavasti:

- *varautumistilanne* on tilanne, jossa ydinvoimalaitoksen turvallisuustaso halutaan varmistaa poikkeuksellisessa tilanteessa;
- *laitoshätätilanne* on tilanne, jossa ydinvoimalaitoksen turvallisuus heikkenee tai uhkaa heikettä merkittävästi; ja
- *yleishätätilanne* on tilanne, jossa on olemassa vaara sellaisista radioaktiivisten aineiden päästöistä, jotka saattavat edellyttää suojelutoimenpiteitä ydinvoimalaitoksen ympäristössä. (VNA 716/2013)

(N+1)-vikakriteeri

(N+1) vikakriteeri tarkoittaa, että turvallisuustoiminto on pystyttävä toteuttamaan, vaikka mikä tahansa toimintoa varten suunniteltu yksittäinen laite vikaantuisi.

Voimalaitosalue

Voimalaitosalueella tarkoitetaan ydinvoimalaitosyksiköiden ja samalla alueella olevien muiden ydinlaitosten käytössä olevaa ja sitä ympäröivää aluetta, jolla liikkuminen ja oleskelu on rajoitettu poliisilain (493/1995) 52 §:n nojalla annetulla sisäasiainministeriön asetuksella. (VNA 716/2013)

Vuosiannos

Vuosiannoksella tarkoitetaan ulkoisesta säteilystä vuoden ajanjaksona saatavan efektiivisen annoksen ja samana ajanjaksona kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista saatavan efektiivisen annoksen kertymän summaa. (VNA 717/2013)

Ydinlaitos

Ydinlaitoksella tarkoitetaan ydinenergian aikaansaamiseen käytettäviä laitoksia, tutkimusreaktorit mukaan luettuina, ydinjätteiden laajamittaista loppusijoitusta toteuttavia laitoksia sekä ydinaineen ja ydinjätteen laajamittaiseen valmistamiseen, tuottamiseen, käyttämiseen, käsitteilyyn tai varastointiin käytettäviä laitoksia. Ydinlaitoksella ei kuitenkaan tarkoiteta:

- a) uraanin tai toriumin tuottamiseen tarkoitettuja kaivoksia tai malminrikastuslaitoksia eikä niitä tiloja tai paikkoja alueineen, joihin tässä tarkoitetuista laitoksista peräisin olevia ydinjätteitä varastoidaan tai sijoitetaan loppusijoitusta varten; eikä
- b) sellaisia lopullisesti suljettuja tiloja, joihin ydinjätteitä on sijoitettu Säteilyturvakeskuksen pysyväksi hyväksymällä tavalla. (YEL 990/1987 3 §)

Ydinvoimalaitos

Ydinvoimalaitoksella tarkoitetaan sähkön tai lämmön tuotantoon tarkoitettua ydinreaktorilla varustettua ydinlaitosta tai samalle laitospaikalle sijoitettujen ydinvoimalaitosyksiköiden muodostamaa laitoskokonaisuutta. (YEL 990/1987).

Yksittäisvika

Yksittäisvialla tarkoitetaan yksittäistä vikaa, jonka seurauksena järjestelmä, laite tai rakenne ei pysty toteuttamaan sille määritettyä toimintoa.

Viitteet

1. Ydinenergialaki (990/1987).
2. Ydinenergia-asetus (161/1988).
3. Valtioneuvoston asetus (717/2013) ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta.
4. Valtioneuvoston asetus (716/2013) ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä.
5. Valtioneuvoston asetus (736/2008) ydinjätteen loppusijoituksen turvallisuudesta.
6. Säteilylaki (592/1991).
7. Säteilyasetus (1512/1991).
8. Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994).
9. Valtioneuvoston asetus (713/2006) ympäristövaikutusten arviointimenettelystä.
10. ICRP 101a. Assessing dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of radiological protection. ICRP Publication 101, Annals of the ICRP 2006; 36 (3).

Liite A Esimerkkejä luotaavista meteorologisista mittalaitteista

Doppler-järjestelmät

A01 Doppler Sodar -järjestelmä on akustinen mittausjärjestelmä, jossa on vähintään kolme eri mittaussuuntaan olevaa äänilähdettä. Kussakin suunnassa mittauskeilan suuntainen ilman liikenopeus määritetään Doppler-ilmion avulla. Eri suunnissa tehtyjä mittauksia yhdistelemällä järjestelmällä voidaan määrittää sekoituskerroksen tuulikomponentit vähintään 50 m:n välein pystysuunnassa kussakin säätilanteessa mahdolliselle ylimmälle korkeudelle asti. Mittauksilla voidaan määrittää tuulen suunta ja nopeus, tuulen suunnan hajonta ja leviämislaskelmissa tarvittavat hajontaparametrit ja mahdollisen inversiokerroksen korkeus.

A02 Lidar-järjestelmä on optinen laservalolla toimiva meteorologinen kaukokartoituslaite, joka mittaa kohteen etäisyyden lähettämällä pulssin laservaloa ja rekisteröimällä sen ajan, joka kuluu heijastuneen pulssin palaamiseen.

A03 Tuulikeilain on VHF- tai UHF-alueella toimiva tutkalaitteisto, jossa mittauskeila muodostetaan yleensä vaiheistetulla antennikentällä. Mittauksessa keilan suuntainen ilman liikenopeus määritetään Doppler-ilmion avulla. Pystysuuntaisia ja vähintään kolmessa viistossa

mittaussuunnassa tehtyjä mittauksia yhdistelemällä tuulikeilaimella voidaan määrittää sekoituskerroksen tuulikomponentit vähintään 100 m:n välein kussakin säätilanteessa mahdolliselle ylimmälle korkeudelle asti. Mittauksilla voidaan määrittää tuulen suunta ja nopeus, tuulen suunnan hajonta ja leviämislaskelmissa tarvittavat hajontaparametrit.

A04 Tuulikeilain voidaan varustaa äänipulssilähteellä (RASS, Radio Acoustic Sounding System), jonka lähettämän äänipulssin etenemistä seurataan tuulikeilaimella, ja näin määritetään äänen nopeus eri korkeuksilla. Tästä saadaan selville lämpötilaprofiili ja mahdollisen inversiokerroksen korkeus.

A05 Säätutka on GHz-alueella toimiva laitteisto (Suomessa 5,6 GHz), jossa on täysin suunnattava paraboloidiantenni. Mittauksessa tutkaantenni pyörii tasaisella nopeudella vaakasuunnassa (pysty akselin ympäri) ja mittaus toistetaan useilla korotuskulmilla. Mittaustulosten perusteella määritetään kolmiulotteinen tuulikenttä ja sademäärä (mm/h) 200 m:n välein. Sekoitusterroksen tuuliprofiili saadaan kesäkautena myös poutasäällä, mutta yleensä tuuliprofiilin määrittäminen edellyttää kuitenkin sadetta.

Liite B Meteorologisten mittausten vaatimukset

B01. Mittauslaitteille asetettavat vaatimukset riippuvat käytettävästä järjestelmästä. Seuraavassa esitetään tarkkuusvaatimukset säämaston mittauslaitteille laboratorio-olosuhteissa:

Tuulen nopeus:

± 0,2 m/s alle 2 m/s tuulen nopeuksilla (mittauksen havahtumisnopeus 0,4 m/s)

± 5 % suuremmilla tuulen nopeuksilla kuin 2 m/s

Tuulen suunta:

± 5°

Lämpötila:

± 0,15 °C

Lämpötilaero:

± 0,2 °C/100 m

Sademäärä:

± 0,2 mm

Sadeaika:

± 5 min

Ilmanpaine:

± 0,3 hPa (mbar)

Suhteellinen kosteus:

± 5 %

B02. Käytettäessä turbulenssimittausta on mittausanturin aikaresoluutiovaade alle 0,5 sekuntia (tuulen suunta ja nopeus määritetään em. tarkkuuksilla).

B03. Säämaston on rakenteellisesti kestävä erittäin poikkeuksellisten tuuli- sekä jäätävien olosuhteiden aiheuttama enimmäiskuormitus (esiintymistaajuus 95 %:n todennäköisyydellä yhtä suuri tai suurempi kuin kerran sadassa vuodessa tilastollisesti arvioitu kuormitus).

Liite C Annoslaskennan analyyseissä tarkasteltavat aiheutumistiet

Taulukko C01. Eri analyyseissä tarkasteltavat aiheutumistiet, kun päästö tapahtuu ilmakehään.

Ulkoinen altistus	
Suora ja sironnut säteily laitoksella olevista säteilylähteistä ja kuljetuksista	N, O, VL, VP
Päästöpilvessä olevista radioaktiivisista aineista	N, O, VL
Maahan laskeutuneista radioaktiivisista aineista	N, O, VL, VP
Paljaalle iholle, hiuksille tai vaatekudokselle laskeutuneista aineista	O ¹ , VL ¹
Ilmaan resuspenoituneista radioaktiivisista aineista	O ¹ , VP ¹
Sisäinen altistus	
Päästöpilvessä olevien radioaktiivisten aineiden hengityksestä	N, O, VL
Laskeumasta peräisin olevia radioaktiivisia aineita sisältävien kasvi- ja keräilytuotteiden käytöstä ravintona	N, O, VP
Radioaktiivisia aineita sisältävän maito-, liha-, riista- ja lihatuotteiden käytöstä ravintona	N, O, VP
Pintavesistöihin suoraan laskeutuneiden tai valunta-alueelta myöhemmin suotautuvien radioaktiivisten aineiden aiheuttama altistus veden käytöstä juomaveden tai vesikasvien ja -eläinten käytöstä ravintona	O ² , VP ²
Ilmaan resuspension kautta joutuneiden radioaktiivisten aineiden hengityksestä	VP ¹

N = Normaalit käyttötilanteet

O = Häiriö- ja onnettomuustilanteet

VL = Valmiustilanteet, lyhyt aikaväli

VP = Valmiustilanteet, pitkä aikaväli

¹ ei yleensä merkityksellinen

² voi olla merkityksellinen yksilöannoksissa

Taulukko C02. Eri analyyseissä tarkasteltavat aiheutumistiet, kun päästö tapahtuu vesistöön.

Ulkoinen altistus	
Rannoille kertyneistä radioaktiivisista aineista	N, O
Vedessä olevista radioaktiivisista aineista veneilyn tai uinnin aikana	N ¹
Sisäinen altistus	
Kalan sisältämistä radioaktiivisista aineista	N, O
Hengityksen kautta; rannoille kertyneiden aineiden ilmaan resuspenoituvasta osasta tai purkuvesistön veden pärskymisestä ilmaan	N ¹
Juomaveden sisältämistä radioaktiivisista aineista, mikäli purkuvesistön vettä käytetään juomavedenä	N ¹
Elintarvikkeiden saastumisesta, joka seuraa purkuvesistön veden mahdollisesta käytöstä karjan juottamiseen sekä peltojen kasteluun	N ¹
laidun- tai viljelysmaan ja tuotettujen elintarvikkeiden saastumisesta purkuvesistön veden pärskymisen tai muiden kertymistapojen kautta	N ¹

N Normaalit käyttötilanteet

O Häiriö- ja onnettomuustilanteet

¹ ei yleensä merkityksellinen