

Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen laskennallinen arviointi

1	Yleistä	3
2	Yleiset vaatimukset	3
2.1	Radioaktiivisten aineiden leviäminen ilmakehässä	3
2.2	Radioaktiivisten aineiden leviäminen vesistöissä	4
3	Lupakäsittelyn yhteydessä tehtävät leviämisanalyysit	4
3.1	Normaalit käyttötilanteet	4
3.2	Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja onnettomuudet	4
4	Käytön aikana tehtävät leviämisanalyysit	5
5	Päästöjen leviämisen arviointi onnettomuustilanteessa	5
6	Viranomaisvalvonta	6
7	Viitteet	6

Tämä ohje on voimassa 1.3.1997 alkaen toistaiseksi. Ohje kumoaa 12.5.1983
annetun ohjeen YVL 7.3.

Kolmas, uudistettu painos
Helsinki 1997
Oy Edita Ab
ISBN 951-712-181-4
ISSN 0783-2435

Valtuutusperusteet

Säteilyturvakeskus antaa ydinenergian käytön turvallisuutta koskevat yksityiskohdalliset määräykset ydinenergialain (990/87) 55 §:n 2 momentin 3 kohdan ja ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä annetun valtioneuvoston päätöksen (395/91) 29 §:n nojalla.

YVL-ohjeet ovat sääntöjä, joita yksittäisen luvanhaltijan tai muun kyseeseen tulevan organisaation on noudatettava, ellei Säteilyturvakeskukselle ole esitetty muuta hyväksyttävää menettelytapaa tai ratkaisua, jolla YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso saavutetaan. Ohje ei muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen voimaantuloa tekemiä päätöksiä, ellei Säteilyturvakeskus ilmoita siitä erikseen.

1 Yleistä

Ydinenergian käytöstä säädetään ydinenergiainlaissa (990/87) ja ydinenergia-asetuksessa (162/88) sekä lain nojalla annetuissa valtioneuvoston päätöksissä (395, 396 ja 397/91). Ydinenergian käyttöä koskevat myös säteilylain (592/91) 2 §:n (Yleiset periaatteet) ja luvun 9 (Säteilytyö) säädökset.

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 3 §:n mukaan yleisenä tavoitteena on ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistaminen siten, että ydinvoimalaitoksen käytöstä ei aiheudu työntekijöiden tai ympäristön väestön terveyttä vaarantavia säteilyhaittoja eikä muuta vahinkoa ympäristölle ja omaisuudelle. Päätöksen 7 §:n mukaan ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Ydinvoimalaitos ja sen käyttö on lisäksi suunniteltava siten, että tässä päätöksessä esitetyt normaalikäytön sekä häiriö- ja onnettomuustilanteiden raja-arvoja ei ylitetä.

Ydinenergiainlain 9 §:n mukaan luvanhaltijan velvollisuutena on huolehtia ydinenergian käytön turvallisuudesta. Luvanhaltijan ja rakennus- ja käyttöluovavaiheessa luvanhakijan velvollisuutena on osoittaa, että turvallisuusvaatimukset täytetään. Tätä tarkoitusta varten luvanhaltijan/hakijan tulee arvioida ympäristön väestön säteilyaltistus.

Tässä ohjeessa esitetään vaatimukset ydinvoimalaitokselta ilmakehään ja vesistöön päästettävien radioaktiivisten aineiden leviämisen laskennalliselle arvioinnille, jota käytetään hyväksi osoitettaessa, että ympäristön väestön säteilyaltistus on asetettujen turvallisuusvaatimusten mukainen. Ohjeessa käsitellään lisäksi onnettomuustilanteessa tehtävää päästöjen leviämisen arviointia. Ohjetta voidaan soveltaa myös muihin ydinlaitoksiin. Ympäristön väestön säteilyaltistuksen arviointia käsittelee ohje YVL 7.2.

Leviämislaskut tulee tehdä luotettavilla malleilla käyttäen. Luvanhaltija voi käyttää yksinkertaistettuja laskentamalleja, jotka poikkeavat tässä ohjeessa esitetyistä yksityiskohtaisista

vaatimuksista. Tällöin on kuitenkin perustellusti osoitettava, että yksinkertaistettu malli on konservatiivinen.

2 Yleiset vaatimukset

2.1 Radioaktiivisten aineiden leviäminen ilmakehässä

Radioaktiivisten aineiden päästöjen ilmakehässä leviämisen arvioimiseksi on tunnettava radioaktiivisten aineiden päästötiedot ja leviämiseen vaikuttavat meteorologiset tiedot. Päästötietoja ovat ilmakehään päästettävien radioaktiivisten aineiden määrät, aineiden leviämiseen ja laskeutumiseen vaikuttavat fyysikaalis-kemialliset ominaisuudet sekä päästökorkeus.

Päästökorkeus tulee määrittellä efektiivisenä päästökorkeutena, jossa otetaan huomioon savupainuma. Myös päästökaasujen virtausnopeudesta ja lämpösisällöstä johtuvaa nousulisää tulee tarvittaessa tarkastella. Päästökorkeudet on valittava konservatiivisesti, ja eri korkeuksia tulee tarkastella.

Meteorologisina leviämistietoina tarvitaan tuulen suunta ja nopeus sekä pysty- ja vaakasuuntaista sekoittumista kuvaavat ilmakehän turbulentsisuudesta riippuvat leviämismuuttujat eri etäisyyksillä. Vaatimukset leviämistietojen määrittämiseen tarvittavasta meteorologisesta mittausohjelmasta esitetään ohjeessa YVL 7.5. Tuulen nopeudet korkeuksilla, joilla mittauksia ei tehdä, tulee arvioida laskennallisesti. Ydinvoimalaitoksen suunnittelun aikana tehtävissä analyyseissä tulee käyttää pitkäaikaisia laitospaikan ja sen ympäristön meteorologisia havaintoja.

Leviämislaskelmissa tarvittavat hajontaparametrit on määritettävä ohjeen YVL 7.5 mukaisesti joko suoraan turbulentsimittauksiin tai välillisesti määrittämällä ensin stabiiliusluokka. Luokittelu voi perustua lämpötilaero- ja tuulennopeusmittauksiin, pelkästään lämpötilaeromittaukseen tai tuulen suunnan hajonnan mittaukseen. Stabiiliusluokituksen tulee ensisijaisesti perustua Pasquill-luokituksen [1].

Eri stabiiliusluokkia vastaaviin pystysuuntaisen leviämispäätteen arvoihin on tehtävä maaston pinnanmuodoista johtuvat korjaukset. Pystysuuntaisen laimentumisen arvioinnissa on otettava huomioon termisen rajakerroksen tai inversioerroksen esiintyminen. Vaakasuuntaista sekoittumista kuvaavan hajontaparametrin valinnassa tulee ottaa huomioon päästötilanteen kesto. Myös rakennusten vaikutus tulee ottaa huomioon leviämispäätteen valinnassa. Pystysuuntaisen leviämispäätteen käyttöön perustuvan mallin sijasta voidaan soveltaa mallia, joka perustuu pystysuuntaisen diffuusioparametrin käyttöön.

Erityisesti kollektiivisia säteilyannoksia laskeuttaessa on suositeltavaa käyttää leviämisanalyseissä luvanhaltijan meteorologisen mittausohjelman tulosten lisäksi muiden, kauempana sijaitsevien säähavaintoasemien havaintoja, mikäli säätietojen muutokset rannikolla voivat olla aiheutuvien säteilyannosten kannalta merkittäviä.

Maahan laskeutuvien radioaktiivisten aineiden määrän arvioinnissa on otettava huomioon sekä kuiva laskeuma että sadeiden aiheuttama märkä laskeuma. Jos laskeumaa arviotaessa käytetään yksinkertaistettua menetystä, on varmistettava, ettei kauempana laitoksesta ja erityisesti stabiileissa leviämisolosuhteissa aliarvioida radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia ilmassa ja laskeumaa maanpinnalle eikä kollektiivista annosta.

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

2.2 Radioaktiivisten aineiden leviäminen vesistöissä

Kun arvioidaan vesistöissä tapahtuvaa radioaktiivisten aineiden leviämistä, tarvittavia päästötietoja ovat veteen vapautuvien radioaktiivisten aineiden määrät ja ominaisuudet, jäähdytysveden virtausnopeudet ja lämpötilat sekä päästökohdan rakenteet.

Arviotaessa vesistöissä tapahtuvaa radioaktiivisten aineiden leviämistä tulee ottaa huomioon ainakin seuraavat seikat: luonnolliset ja laitoksen toiminnan aikaansaamat virtaukset, turbulenttinen sekoittuminen, päästökohdan sijainti, purkuvesistön koko, geometria ja pohjan muoto, jäähdytysveden jälleenkierro, sedimentoituminen ja resuspensio sekä radioaktiivinen hajoaminen ja tytärynuklidien muodostuminen.

Päästön leviämistä tulee arvioida kehittyneiden matemaattisten mallien avulla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää purkuvesistöön sovitettua yksinkertaistettua konservatiivista mallia. Leviämismallin tuloksia on mahdollisuus mukaan verrattava purkuvesistön hydrografisista mittauksista saataviin tuloksiin (virtausmittaukset, vedenkorkeuden vaihtelut, jälleenkierro jne.).

3 Lupakäsittelyn yhteydessä tehtävät leviämisanalyysit

3.1 Normaalit käyttötilanteet

Ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja lupakäsittelyn yhteydessä tehtävissä normaaleja käyttötilanteita koskevissa analyyseissä tulee käyttää soveltuvia konservatiivisia päästöarvioita, jotka perustuvat ydinvoimalaitosten käyttökokemuksiin. Normaalien käyttötilanteiden aikana päästöt ilmaan ovat yleensä pitkäkestoisia. Leviämismallina voidaan näissä tilanteissa käyttää yksinkertaistettua versiota, jossa vaakasuuntainen pitoisuusjakautuma on jakautunut tasan kulloinkin tarkastellussa leviämissektorissa.

3.2 Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja onnettomuudet

Ydinvoimalaitoksen teknisten ratkaisujen perustelemiseksi tehtävissä analyyseissä tulee arvioida radioaktiivisten aineiden päästöt odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa ohjeen YVL 2.2 mukaisesti. Lisäksi valmiusjärjestelyjen suunnittelua var-

ten on tehtävä analyysyjä ja varauduttava arvioimaan radioaktiivisten aineiden leviämistä tosiaikaisesti onnettomuustilanteessa ohjeen YVL 7.4 mukaisesti.

Efektiivinen päästökorkeus tulee valita kussakin päästötilanteessa erikseen.

Leviämistilannetta kuvaavat parametrit tulee valita konservatiivisesti. Parametrien valinnan voi perustella tilastojen avulla. Analyysseissä tarkasteltavat leviämistilanteet on valittava erikseen sen mukaan, tapahtuuko päästö maanpinnan vai ilmastointipiipun tasolta. Päästön keston kasvaessa voidaan alkuvaiheen jälkeen olettaa tuulen suunnan vaihtelevan eli vaakasuuntaisen sekoittumisen lisääntyvän.

Yksityiskohtaisesti tarkasteltavien leviämistilanteiden valitsemiseksi on käsiteltävä kattavasti tilastollisilla laskentamenetelmillä suuri määrä 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 tulee olla edustettuina leviämistilanteet, jotka vastaavat valinnan perusteena käytetyn suureen, kuten laimenemistekijän tai kokonaisannoksen, tilastollisen jakauman mediaania sekä ainakin yläfraktiileja 95 % ja 99,5 %. Tulosten esitysmuodon ja erittelyn kattavuuden on oltava havainnolliset ja riittävän monipuoliset.

4 Käytön aikana tehtävät leviämisanalyysit

Ydinvoimalaitoksen käytön aikana radioaktiivisten aineiden päästöt tulee arvioida mittaus tulosten perusteella. Päästöjen mittauksia koskee ohje YVL 7.6. Leviämisanalyysissä tulee käyttää ohjeessa YVL 7.5 käsiteltävien laitospaikalla tehtävien meteorologisten mittausten tuloksia. Päästöjen leviämisen arviointiin tulee olla menettely myös siinä tapauksessa, että mittausjärjestelyt eivät ole käytettävissä.

Leviämisanalyysit tulee tehdä tilastollisesti niin, että ne perustuvat säätilanteita kuvaavien suureiden (leviämissuunta ja -nopeus, stabiilius, sateen esiintyminen) esiintymisfrekvensseihin tarkastelujaksolla. Vaihtoehtoisesti voidaan laskennassa käydä systemaattisesti läpi yhden tai useamman vuoden säätilanteet esimerkiksi tunneittain käyttäen kulloistakin säätilannetta kuvaamaan parametrien tuntikeskiarvoja. Tällöin on suositeltavaa tehdä leviämisen- ja annoslaskut toisiinsa kytketysti, koska tällöin voidaan ottaa tarkemmin huomioon vuodenajan vaikutus. Tämä on tärkeää erityisesti elintarvikkeiden kautta kertyvien annosten arvioinnissa.

Normaalien käyttötilanteiden aikana ilmaan ja vesistöön tapahtuvien päästöjen leviämisanalyysissä voidaan olettaa, että päästöt jakautuvat tasaisesti tarkastelujaksolle.

Ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja lupakäsittelyn yhteydessä tehtyjä leviämisen- ja annosarvioita tulee täydentää laitoksen käytön aikana sitä mukaa kuin laskentamenetelmät kehittyvät ja leviämisolosuhteita kuvaavat tiedot karttavat.

Poikkeukselliset päästöt, niiden aikana vallinneet leviämisolosuhteet ja aiheutuneet säteilyannokset tulee analysoida ja raportoida erikseen ohjeen YVL 1.5 mukaisesti.

5 Päästöjen leviämisen arviointi onnettomuustilanteessa

Luvanhaltijalla tulee olla valmius ilmaan tapahtuvien päästöjen leviämisen tosiaikaiseen laskennalliseen arviointiin onnettomuustilanteessa. Leviämisen- ja annoslaskut tulee tehdä tarkoitukseen soveltuvalla tietokoneohjelmalla. Luvanhaltijan tulee suunnitella myös korvaava laskentamenettely.

Uhkaavien päästöjen seurausten arvioinnissa on käytettävä onnettomuushetkellä ja sitä

seuraavalla ajanjaksolla vallitsevia todennäköisiä leviämistilanteita ja onnettomuuden etenemisvaiheeseen sovitettuja päästötietoja. Tällöin on otettava huomioon myös tietämys laitospaikalle ja vuodenaikalle tyypillisistä sääolosuhteista. Ilmassa olevien radioaktiivisten aineiden poistuminen voidaan ottaa huomioon erityisesti kauempana laitoksesta.

Efektiiivinen päästökorkeus on arvioitava kuskakin tapauksessa erikseen. Mikäli tosiaikainen leviämisen ja annoslaskentajärjestelmä ei ole onnettomuustilanteessa käytettävissä eikä tiettyä päästökorkeutta vastaavia etukäteislaskujen tuloksia ole käytettävissä, on tuloksia arvioitava lähimpien päästökorkeuksien vastaavien tulosten pohjalta.

Ohjeen YVL 7.5 mukaisesti ydinvoimalaitoksen valvomossa on oltava näyttö leviämislaskuissa tarvittavista meteorologisista mittaus-tuloksista ja näiden perusteella lasketuista suureista. Nämä tiedot tulee välittää myös laitoksen valmiuskeskukseen siten, että ne ovat helposti käytettävissä leviämisen ja annoslaskentaan.

6 Viranomaisvalvonta

Säteilyturvakeskus tarkastaa ydinvoimalaitoksen lupahakemusten käsittelyn yhteydessä sille toimitettavat asiakirjat ja valvoo ydinvoimalaitoksen rakentamista ja käyttöä ohjeen YVL 1.1 mukaisesti. Radioaktiivisten aine-

iden leviämistä ja niistä aiheutuvia annoksia koskevat analyysit Säteilyturvakeskus arvioi alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen ja valmiussuunnitelmien tarkastusten yhteydessä.

Säteilyturvakeskukselle tulee toimittaa hyväksyttäviksi selvitykset menetelmistä, joita käytetään radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen arviointiin käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa sekä ilmakehän turbulentsuuden ja stabiiliusluokan määrittelyyn. Selvityksissä tulee olla kuvaus siitä, miten mallit on kelpoistettu ja miten ne soveltuvat laitospaikan olosuhteisiin.

7 Viitteet

- 1 Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting, IAEA Safety Series No. 50-SG-S3, Vienna 1980.
- 2 Simmonds JR, Lawson G, Mayall A. Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, European Commission, Report EUR 15760 EN, Luxembourg 1995.
- 3 Stephenson W, Dutton LMC, Handy BJ, Smedley C. Realistic methods for calculating the releases and consequences of a large LOCA, European Commission, Report EUR 14179 EN, Luxembourg 1992.