



9

SÄTEILYVAARATILANTEET JA SUOJAUTUMINEN

Kyllikki Aakko ja Sisko Salomaa

SISÄLLYSLUETTELO

9.1	Säteilyvaaran aiheuttajat ja vaikutukset	352
9.2	Säteilyvaaratilanteen turvallisuusarviointi	360
9.3	Suojautumisen perusteet	362
9.4	Suojelutoimenpiteet säteilyvaaratilanteessa	366

Ydinaseiden käyttö tai vakava ydinvoimalaitosonnettomuus Suomessa tai Suomen lähialueella voi pahimmillaan aiheuttaa maassamme laaja-alaisen säteilyvaaratilanteen, jonka seuraukset vaikuttavat koko yhteiskuntaan. Paikallinen vakava säteilytilanne voi aiheutua esimerkiksi radioaktiivisten aineiden kuljetusonnettomuudesta.

On tärkeää saada tieto uhkaavasta säteilyvaarasta jo ennen kuin suojautuminen olisi tarpeen. Kotimaisista tapahtumista saadaan tieto jo ensimmäisten häiriöiden ilmetessä. Myös kansainvälisesti on sovittu säteily- ja ydinonnettomuuksien pikaisesta ilmoittamisesta. Lisäksi Suomen säteilytilannetta tarkkaillaan jatkuvasti ja pienetkin muutokset havaitaan välittömästi.

Naapurimaiden kesken tiedonsaanti on varmistettu hyvin. Esimerkiksi Suomea lähellä olevissa venäläisissä ydinvoimaloissa on onnettomuusilmoitusten tekemistä nopeuttavat tekniset järjestelmät. Käytännössä niiden avulla voidaan muutamalla napin painalluksella lähettää satelliitin kautta tieto onnettomuudesta Suomeen.

Viranomaisten toiminta säteilyvaaratilanteessa on etukäteen suunniteltu ja sitä harjoitellaan säännöllisesti. Säteilyturvakeskuksen päivystäjä vastaanottaa kaikki säteilyyn ja ydinturvallisuuteen liittyvät ilmoitukset ja käynnistää pikaisesti toiminnan tilanteen edellyttämässä laajuudessa.

Jos vaaratilanne vaatii nopeaa suojautumista, varoitetaan ihmisiä ulkohlälyttimillä annettavalla yleisellä vaaramerkillä. Tällöin on siirryttävä sisätiloihin ja seurattava radion ja television lähetyksiä, joissa annetaan toimintaohjeet esimerkiksi joditablettien ottamisesta, elintarvikkeiden suojaamisesta sekä ulkona liikkumisesta. Kiireelliset tiedotteet tulevat kaikilta kanavilta ja ne katkaisevat muut ohjelmat. Ohjeet säteilyvaaran varalle löytyvät myös puhelinluetteloiden alkulehdiltä.

9.1 | Säteilyvaaran aiheuttajat ja vaikutukset

Ydinaseet

Ydinaseen sotilaallinen tuhovoima perustuu pääasiassa räjähdyksessä syntyvään paineiskuun ja räjähdyshetkellä vapautuvaan lämpösäteilyyn (katso kirja 5, Ydinturvallisuus, luku 8.2). Ne aiheuttavat rakennusten sortumista ja tulipaloja. Esimerkiksi 10 megatonnin ydinaseen räjäytys

ilmassa niin sanotulla optimikorkeudella (räjähdyspainevaikutuksen suhteen) surmaisi suuren osan täysin suojaamattomasta väestöstä noin 30 kilometrin säteellä räjähdyspisteestä. Tämän vaikutusalueen ulkopuolella uhkana olisi räjähdyksessä syntyvien radioaktiivisten aineiden lähettäminen säteilyä.

Säteilyvaarallisen alueen laajuus riippuu muun muassa ydinaseen koosta, räjähdyskorkeudesta ja säätilasta. Suurikokoisen mannertenvälisen ohjuksen maanpintaräjähdys aiheuttamalta säteilyltä suojaautuminen vaatii epäsuotuisan sään vallitessa väestösuojaan siirtymistä pilven kulkureitillä jopa satojen kilometrien päässä. Suojautumaton henkilö saisi pilven kulkureitillä vielä 150 kilometrin etäisyydellä räjähdysalueesta kuden sievertin (Sv) säteilyannoksen vuorokauden kuluessa pilven alueelle tulosta. Se suurella todennäköisyydellä johtaisi kuolemaan. Suojautumattomilla henkilöillä säteily sairauden oireita esiintyisi jopa 350 kilometrin etäisyydellä. Pienemmän taktisen ydinaseen räjähdys säteilyvaikutuksilta suojaautuminen saattaa puolestaan vaatia epäsuotuisissa sääolosuhteissa väestösuojaan siirtymistä kymmenien kilometrien päässä pilven kulkureitillä. Väestösuojaan puuttuessa on suojauduttava mahdollisimman hyvin sisätiloihin.

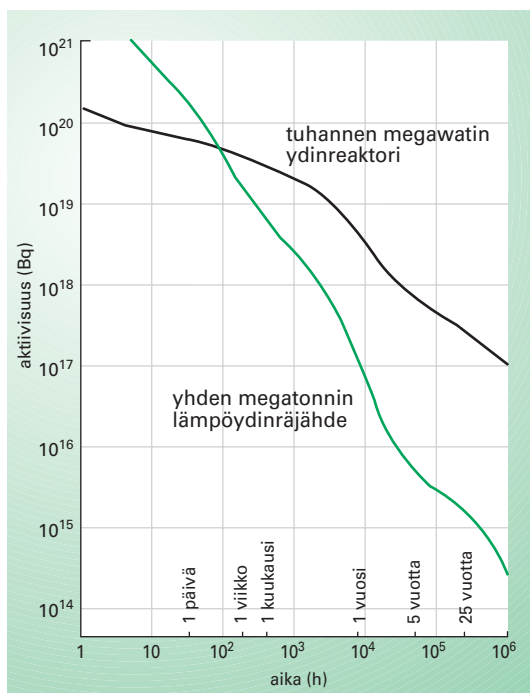
Myös säteilyn myöhäisvaikutukset olisivat merkittäviä. Yhden megatonnin mannertenvälisen ohjuksen räjäytys lähellä maan pintaa aiheuttaisi laskeumatilanteen, josta ensimmäisenä vuonna tulisi yli 100 millisievertin (mSv) säteilyannos 600 kilometrin etäisyydelle pilven kulkureitillä. Koko tällä alueella tarvitaan puhdistustoimia ja saastuneimmat alueet todennäköisesti evakuoitaisiin useiden kuukausien ajaksi.

Ydinase ei laukea vahingossa, vaikka se putoaisi tai asetta kuljettava ajoneuvo ajaisi kolarin. Ase voi kuitenkin vaurioitua varastossa tai sotaluoksessa syttyvässä tulipalossa tai kemiallisessa räjähdyksessä siten, että aseessa oleva uraani tai plutonium paljastuu ja höyrystyy ilmaan. Tapauksen luonteesta, sääoloista, pommimateriaalista ja sen määrästä riippuen terveydelle haitallinen alue saattaa ulottua joistakin sadoista metreistä kymmeneen kilometriin asti.

Mikäli terroristiryhmä saa hankittua ydinaseen, on se todennäköisesti korkeintaan samaa kokoluokkaa kuin mitä käytettiin Hiroshiman pommituksissa (luokkaa 10 kt). Mikäli tällainen ase pystytään laukaisemaan, voi aseeseen käyttö aiheuttaa suojaamattomalle henkilölle kuolemaan johtavan säteilyannoksen noin 1–2 kilometrin etäisyydellä räjähdyspaikasta. Etäisyys on vain hieman suurempi kuin alue, jossa vahvat rakennukset sortuvat.

Epäsuotuisten sääolojen vallitessa voi suojaamaton henkilö saada vielä noin 50 kilometrin etäisyydellä annoksen, josta aiheutuu säteilytauti. Radioaktiivisten aineiden laskeuman aiheuttama säteilyannos pilven kulureitillä olisi yli 100 mSv noin sataan kilometriin asti ensimmäisenä vuonna, kun oletetaan täydellinen suojautuminen ensimmäisen viikon aikana.

Tavanomaisen ydinaseen räjäytyksessä syntyvät radioaktiiviset aineet ovat keskimäärin lyhytikäisempiä kuin ydinvoimalaitosonnettomuudessa ympäristöön vapautuvat radioaktiiviset aineet (kuva 9.1). Esimerkiksi, jos ydinräjäytyksen aiheuttama säteilytilanne on tunnin kuluttua räjäytyksestä tuhatkertainen vakavan ydinvoimalaitosonnettomuuden aiheuttamaan säteilytilanteeseen verrattuna, on ero säteilytilanteiden vakavuudessa tasoittunut muutamassa vuorokaudessa. Vuoden kuluttua ydinräjäytyksen aiheuttama radioaktiivisten aineiden laskeuma on noin kolme prosenttia ydinvoimalaitosonnettomuuden aiheuttamasta laskeumasta. Ydinräjäytyksen ja ydinvoimalaitosonnettomuuden erot pitää ottaa huomioon myös suojautumisen suunnittelussa. Suojautuminen ydinräjäytykseltä vaatii nopeaa siirtymistä väestönsuojiiin, mutta ydinvoimalaitosonnettomuuksia varten väestönsuojien rakentaminen ei ole perusteltua.



KUVA 9.1 Ydinräjäytyksessä (1 Mt) ja vakavassa reaktorionnettomuudessa (1 000 MW) syntyneen laskeuman aktiivisuus ajan funktiona

Ydinaseita on testattu ilmakehässä sekä veden ja maan alla tehdyissä ydinasekokeissa vuodesta 1945 alkaen. Lähimpänä Suomea oli Novaja Zemljan saarella sijaitseva entisen Neuvostoliiton ydinkoealue. Kokeissa vapautuneet radioaktiiviset aineet kulkeutuivat ilmavirtausten ja merivirtojen mukana ympäri maapalloa. Vuonna 1963 kiellettiin kaikki muut paitsi maanalaiset ydinasekokeet. YK:n yleiskokous hyväksyi kaikki ydinasekokeet kieltävän sopimuksen vuonna 1996. Kaikki maat eivät kuitenkaan ole vielä sitoutuneet noudattamaan sopimusta. Ydinasekokeiden noudattamista valvotaan eri maissa olevilla mittausasemilla.

Ydinvoimalaitokset

Ydinvoimalaitoksesta voi päästä suuri määrä radioaktiivisia aineita ympäristöön ainoastaan vakavan reaktorivaurion seurauksena. Reaktorivauriot ovat kuitenkin hyvin epätodennäköisiä, sillä ne on estetty monin erilaisin suojaus- ja turvajärjestelmin. Useimmissa ydinvoimalaitoksissa reaktoria ympäröi korkea painetta kestävä, kaasutiivis suojarakennus. Onnettomuustilanteessa suojarakennuksen avulla pyritään pitämään polttoaineesta vapautuvat radioaktiiviset kaasut ja hiukkaset laitoksen sisäpuolella. Hiukkasista suuri osa kiinnittyy rakennuksen sisäpintoihin. Jos suojarakennus pettää, päästön suuruuteen vaikuttaa olennaisesti se, millä tavalla ja kuinka pian vuoto suojarakennuksesta tapahtuu. Ympäristövaikutukset riippuvat päästön suuruudesta ja onnettomuuden jälkeisestä säätilasta.

Loviisan, Olkiluodon, Kuolan, Leningradin tai Forsmarkin (kuva 9.2) ydinvoimalaitoksissa tapahtuva vakava onnettomuus voisi aiheuttaa Suomessa säteilytilanteen, joka edellyttäisi suojelutoimenpiteitä laajalla alueella. Muut Venäjän, Ruotsin ja Keski-Euroopan ydinvoimalaitokset sijaitsevat niin kaukana Suomesta, että niissä tapahtuvan onnettomuuden vaikutukset Suomessa jäisivät huomattavasti vähäisemmiksi. Epäsuotuisien sääolojen vallitessa suojelutoimenpiteitä – kuten esimerkiksi joditablettien nauttiminen ja kotieläintuotannon suojaaminen – voidaan kuitenkin tarvita.

Tshernobylin onnettomuuden jälkeen kiinnitettiin erityistä huomiota tiedottamisen ymmärrettävyyteen ja yksiselitteisyyteen. Ydinlaitostapahtumille ja -onnettomuuksille otettiin käyttöön kansainvälinen vakavuusasteikko INES (International Nuclear Event Scale, kirja 5 luku 6), jolla kuvataan tapahtumien vakavuutta ja merkitystä väestön ja ympäristön turvallisuudelle. Vakavuusasteikolla on seitsemän luokkaa, joista 1–3 luokilla kuvataan



KUVA 9.2 Pohjois-Euroopan ydinvoimalaitokset

turvallisuutta heikentäneitä tapahtumia. Alimmat luokat 1 ja 2 kuvaavat lähinnä teknisiä vikoja, jotka ovat heikentäneet laitoksen turvallisuutta. Luokilla 4–7 kuvataan eriasteisia onnettomuuksia. Jos laitoksen ulkopuolella tarvitaan suojelutoimia, kuuluu onnettomuus vähintään INES-luokkaan neljä. Onnettomuustilanteessa vakavuusluokka määritetään mahdollisimman pikaisesti ja sitä voidaan tarkentaa myöhemmin.

Ydinvoimalaitokset ovat suunniteltu hyvin kestäväksi. Useimmissa ydinvoimalaitoksissa reaktorin ympäröi voimakkaitakin ulkoisia iskuja kestävä betoninen suojarakennus. Betonisuoja voi koostua yhdestä esimerkiksi 1,5 metriä paksusta tai useasta ohuemmasta seinästä. Jos ulkoisessa iskussa syttyy suuri turvajärjestelmiä tuhoava tulipalo, voi seurauksena kuitenkin olla reaktorivaurio.

Ydinpolttoaine

Tuore, käyttämätön ydinpolttoaine säteilee hyvin vähän. Sen kuljetuksessa tapahtuva onnettomuus ei aiheuta säteilyvaaratilannetta ihmisille tai ympäristölle.

Ydinvoimalaitoksen reaktorissa on muutamia satoja polttoainepippuja. Niistä noin 20–30 prosenttia vaihdetaan vuosittain uusiin. Käytetty polttoaine välivarastoidaan voimalaitoksilla olevissa syvissä vesialtaissa. Käytetyn polttoaineen aktiivisuus vähenee nopeasti: yhdessä vuodessa sadasosaan ja 40 vuodessa tuhannesosaan siitä, mitä se oli reaktorista poistettaessa. Suomen ydinvoimalaitosten käytetty ydinpolttoaine on suunniteltu loppusijoitettavaksi Eurajoen kallioperään 2020-luvulta lähtien.

Käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto on luontaisesti turvallinen laitos. Laitoksen toiminta- tai käyttöhäiriöt eivät todennäköisimmin aiheuta vakavaa ydinonnettomuutta. Välivarastoon kohdistuva ulkoinen tapahtuma, esimerkiksi terroriteko voi pahimmassa kuviteltavissa olevassa tapauksessa saastuttaa lähiympäristöä ja antaa aiheen suojautumiseen muutama kilometrin etäisyydellä varastosta.

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetussäiliöille on asetettu tiukat turvallisuusvaatimukset. Säiliöiden on säilyttävä ehjinä muun muassa törmäys-, tulipalo- ja uppoamisonnettomuuksissa. Jos säiliö ja siinä olevat polttoaine-elementit rikkoutuisivat, siitä aiheutuisi paikallinen saastuminen, jonka säteilyvaikutukset ulottuisivat enintään muutamien satojen metrien etäisyydelle onnettomuuspaikasta. Kymmeniä vuosia jäädytetty käytetty ydinpolttoaine on kiinteässä muodossa eikä sisällä merkittävässä määrin kaasumaisia tai helposti höyrystyviä radioaktiivisia aineita. Mahdollinen tulipalo voisi kuitenkin levittää radioaktiivisia aineita ja jossain määrin saastuttaa onnettomuuspaikan ympäristöä. Nykyisten suunnitelmien mukaan Suomessa ei ole tarvetta käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamiseen ennen 2020-luvun alkua.

Käytetyssä ydinpolttoaineessa on edelleen uraania ja plutoniumia, jotka voidaan ottaa talteen ja käyttää uuden polttoaineen valmistamiseen. Itse jälleenkäsittelyprosessissa radioaktiivisia aineita on kerrallaan suhteellisen vähän. Sen sijaan laitoksen polttoainevarastoissa ja nestemäisten jätteiden varastoissa radioaktiivisia aineita on suuria määriä. Nestemäisiä jätteitä on sekoitettava ja jäädytettävä jatkuvasti, jotta ne eivät ylikuumenisi eikä niissä muodostuisi räjähtäviä kemiallisia yhdisteitä. Varastosäiliön räjähdys aiheuttaisi vakavan tilanteen laitoksen läheisyydessä ja

mahdollisia puhdistus- ja suojelutoimia laajemmallakin alueella. Vakavin tällainen onnettomuus tapahtui Majakin jälleenkäsittelylaitoksella Etelä-Uralilla vuonna 1957. Myös ulkoinen isku puutteellisesti suojattuun nestemäisen radioaktiivisen jätteen varastoon voisi saastuttaa pahoin varaston lähiympäristön.

Suomea lähimpänä olevat jälleenkäsittelylaitokset ovat Ranskan La Hague ja Iso-Britannian Sellafield. Niissä tapahtuvat vakavat onnettomuudet eivät kaukaisen sijainnin vuoksi aiheuttaisi säteilyvaaraa Suomessa. Herkillä mittalaitteilla saattaisi olla mahdollista havaita jälkiä tällaisesta onnettomuudesta vuorokausia tapahtuman jälkeen, mikäli säätila on sopiva.

Ydinkäyttöiset alukset

Ydinreaktoreita käytetään voimanlähteenä lähinnä ohjussukellusveneissä ja eräissä muissa sota-aluksissa sekä arktisilla alueilla toimivissa jäänmurtajissa. Ydinvoiman hyödyntäminen sotilaskäyttöön tarkoitetuissa aluksissa perustuu siihen, että ne voivat operoida merillä jopa vuosia ilman polttoainetäydennystä. Ydinkäyttöisen aluksen reaktorissa on radioaktiivisia aineita vain muutamia prosentteja siitä, mitä on ydinvoimalaitoksen reaktorissa. Niinpä vakava reaktorivaurio ydinkäyttöisellä aluksella voisi aiheuttaa suojelutoimia vaativan säteilytilanteen vain paikallisesti.

Suomea lähimmät ydinkäyttöiset alukset ovat runsaan sadan kilometrin päässä Suomen rajasta sijaitsevalla Murmanskin alueella ja vakavinkaan reaktorionnettomuus ei edellyttäisi suojelutoimenpiteitä Suomessa. Satunnaisesti ydinkäyttöisiä aluksia saattaa risteillä myös Itämerellä.

Kuolan niemimaalla on voimakkaasti säteilevää käytettyä polttoainetta, joka on peräisin ydinkäyttöisistä sukellusveneistä. Jätteet ovat olleet jo vuosikymmeniä huonokuntoisissa varastoissa odottamassa siirtoa jälleenkäsittelylaitokselle. Ne ovat paikallisesti huomattava ympäristöuhka, mutta vakavimmatkaan onnettomuudet eivät aiheuttaisi terveys- tai ympäristöuhkaa Suomessa.

Ydinkäyttöiset satelliitit

Satelliitin sisältämien laitteistojen tarvitsema sähkö tuotetaan pääasiassa aurinkopaneeleilla, mutta niissä voidaan käyttää myös ydinreaktoria tai plutoniumparistoja.

Kun satelliitin käyttöaika päättyy, turvajärjestelmät laukaisevat ydinreaktorin ylemmälle kiertoradalle odottamaan aktiivisuuden vähenemistä. Jos laukaisu ei onnistu, reaktori pyritään irrottamaan ennen satelliitin syöksymistä maahan. Satelliitin palatessa ilmakehään ja reaktorin irrotuksen epäonnistuttua saattaa radioaktiivisia kappaleita levitä laajallekin alueelle. Kappaleet voivat olla suuria ja voimakkaasti säteileviä tai mikroskooppisen pieniä. Satelliitin putoamisajankohta voidaan ennustaa suhteellisen tarkasti. Tarkan putoamispaikan ennustaminen on sen sijaan vaikeaa, joten maa-hansyöksyyn saatetaan joutua varautumaan laajalla alueella. Saastunut alue eristetään ja puhdistetaan. Väestön säteilyannokset jäänevät kokonaisuudessaan vähäisiksi, mutta asutuilla alueilla reaktorisydämen jäänteet voivat aiheuttaa suuriakin yksilökohtaisia annoksia. Vakava säteilypalo- vamma voi aiheutua nopeasti, mikäli jäänteisiin koskee paljaalla kädellä.

Energialähteenä käytettävien plutoniumparistojen rakenteiden suunnitellulla pyritään siihen, että ne säilyvät ehjinä kaikissa tilanteissa. Ehjät paristot ovat vaarattomia. Plutoniumia voi vapautua ympäristöön vain, jos paristo vaurioituu ja plutonium murenee tai syttyy palamaan. Plutonium on vaarallista, jos sitä kulkeutuu hiukkasina hengitysilman mukana keuhkoihin. Keuhkoihin jäävät plutoniumhiukkaset voivat aiheuttaa syöpää.

Radioaktiivisten aineiden käyttö ja kuljetus

Tutkimuksessa ja teollisuudessa radioaktiivisia aineita käytetään muun muassa metallirakenteiden tarkastuksissa sekä prosessien ohjaus- ja valvontalaitteissa. Sairaaloissa radioaktiivisia aineita käytetään potilaiden tutkimiseen ja syövän hoitoon. Radioaktiivisten aineiden käyttöön liittyvä vaaratilanne voi syntyä tulipalon yhteydessä tai säteilylähteen tai sen suojuksen muuten vaurioituessa. Onnettomuuden vaikutukset rajoittuisivat lähiympäristöön ja useimmissa tapauksissa sisätiloihin.

Jos radioaktiivista romua joutuisi esimerkiksi sulattoon tai muihin teollisuusprosesseihin, se voi pienehköinäkkin määrinä saastuttaa tuotteet. Merkittävin riski tästä olisi taloudellinen. On hyvin epätodennäköistä, että sulattoon tai muihin teollisuusprosesseihin pääsisi Suomessa niin paljon radioaktiivista ainetta, että siitä olisi vaaraa ympäristölle tai sivullisille. Tulli ja teollisuus valvovat raaka-aineeksi tulevaa metalliromua säteilymittauksin.

Radioaktiivisten aineiden osuus vaarallisten aineiden kuljetuksista on pieni, enintään pari prosenttia. Suurin osa radioaktiivisista aineista menee terveydenhuollon tarpeisiin ja kuljetettavat ainemäärät ovat pieniä.

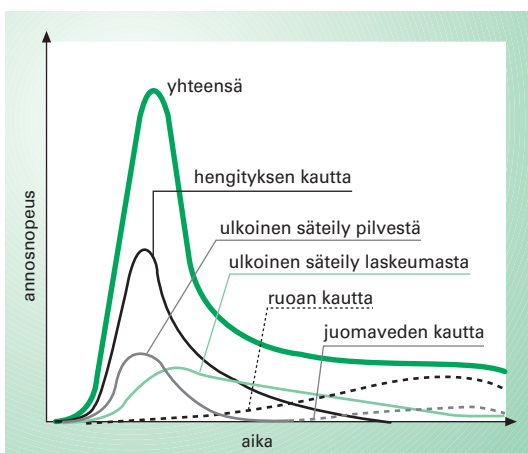
Radioaktiivisten aineiden kuljetusonnettomuuden ympäristövaikutukset jäävät pahimmassakin tapauksessa paikalliseksi, ulottuen enintään muutamien satojen metrien etäisyydelle onnettomuuspaikasta.

Radioaktiivisten aineiden salakauppa ja -kuljetus voivat aiheuttaa terveysriskin salakuljettajille, kanssamatkustajille ja vastaanottajille. Voimakas suojaamaton lähde voi altistaa ihmisiä jopa satojen metrien etäisyydellä ja vaikuttaa välittömästi terveyteen. Suomen rajalla on useita säteilyn mittausasemia, joilla valvotaan henkilö- ja tavaraliikennettä. Tarkoituksena on estää luvattomien kuljetusten saapuminen maahan.

9.2 | Säteilyvaaratilanteen turvallisuusarviointi

Ydinonnettomuuden seuraukset voivat olla vakavia, jos radioaktiivisia kaasuja ja hiukkasia vapautuu runsaasti ympäristöön. Aineet kulkeutuvat ilmassa tuulen mukana. Tuulen nopeus määrää radioaktiivisen pilven kulkunopeuden ja suunta saastuvan alueen. Pilvi laajenee ja laimenee edetessään ja sen aktiivisuus pienenee. Kun pilvi on ohittanut alueen, hengitysilmassa ei ole enää radioaktiivisia aineita. Sen sijaan niitä on laskeutuneena maahan ja rakennusten pinnoille. Laskeumassa voi olla suuriakin paikallisia eroja.

Tärkeitä säteilylle altistumisen tapoja pilven ylikulun aikana ovat radioaktiivisten aineiden hengittäminen ja suora ulkoinen säteily pilvestä. Pilven ylikulun jälkeen tärkeitä annosreittejä ovat ulkoinen säteily laskeumasta ja sisäinen säteily laskeuma-alueella tuotetuista elintarvikkeista ja vedestä (kuva 9.3).



KUVA 9.3 Radioaktiivisia aineita sisältävästä pilvestä, laskeumasta ja elintarvikkeista aiheutuvat säteilyannokset eri ajanjaksoina onnettomuuden jälkeen

Kunkin annosreitinn suhteellinen osuus eri onnettomuustapauksissa voi poiketa suuresti kuvassa esitetystä tilanteesta.

Säteilyturvakeskus muodostaa tilannekuvan onnettomuudesta ja säteilyta-
soista, määrittää vaara-alueen ja arvioi tilanteen aiheuttamat haittavaiku-
tukset väestölle ja ympäristölle sekä antaa suositukset tarvittavista suoje-
lutoimenpiteistä. Turvallisuusarvion tekemistä helpottavat tarkoitukseen ke-
hitetyt menetelmät (taulukko 9.1). Lisäksi STUK neuvoo muun muassa
teollisuutta, kauppaa sekä liikenne- ja tulliviranomaisia haittavaikutusten
vähentämisessä ja selvittää tarpeen elintarvikkeiden käyttörajoituksille.

Onnettomuuden vaihe	Tehtävä	Tilannearviossa tarvittavat tiedot ja käytettävät menetelmät
Onnettomuuden ja päästön uhka	<ul style="list-style-type: none"> • Arvio tilanteen hallinnasta • Ennuste tilanteen kehittymisestä ja mahdollisista vaikutuksista • Vaara-alueen määrittäminen • Tilanteen turvallisuusarvio 	<ul style="list-style-type: none"> • Yhteydet onnettomuuspaikalle ja /tai maan vastuulliseen viranomaiseen • Onnettomuuskohteeseen liittyvä asiantuntemus (esim. laitoksen käyttäytyminen vaaratilanteessa ja tätä simuloivat mallit, radioaktiivisten aineiden määrä) • Sää- ja kulkeutumisenennusteet sekä annoslaskentamallit
Onnettomuus ja päästö ympäristöön	<ul style="list-style-type: none"> • Arvio päästön suuruudesta • Vaara-alueen määrittäminen • Tilanteen turvallisuusarvio 	<ul style="list-style-type: none"> • Yhteydet onnettomuuspaikalle • Onnettomuuskohteeseen liittyvä asiantuntemus • Onnettomuuskohteen käyttäytymistä ennakoivat laskentamallit • Kulkeutumis- ja annoslaskentamallit • Säteilynsuojellinen asiantuntemus • Vastatoimenpiteiden seuranta ja vaikutusten arviointi
Pilven ylikulku	<ul style="list-style-type: none"> • Päästöpilven aktiivisuuden ja koostumuksen määrittäminen • Kulkeutuminen ja vaara-alue • Tilanteen turvallisuusarvio 	<ul style="list-style-type: none"> • Säteilytilanteen seuranta: ulkoinen säteily, hengitysilman radioaktiiviset aineet, näytteenotto pilvestä lentokoneella, muu näytteenotto • Leviämis- ja annoslaskentamallit
Laskeuma-vaihe	<ul style="list-style-type: none"> • Laskeuma-alue, laskeuman määrä ja koostumus • Tilanteen turvallisuusarvio 	<ul style="list-style-type: none"> • Laskeuman mittaaminen: lentokartoitus, näytteet laskeumakeräajilla, muut ympäristönäytteet • Annoslaskentamallit
Radioaktiiviset aineet ravintoketjuissa	<ul style="list-style-type: none"> • Elintarvikkeiden sisältämät radioaktiiviset aineet • Tilanteen turvallisuusarvio 	<ul style="list-style-type: none"> • Elintarvikemittaukset • Annoslaskentamallit • Tieto kulkeutumisesta ravintoketjuissa • Vastatoimenpiteiden seuranta ja vaikutusten arviointi
Radioaktiiviset aineet ihmisissä	<ul style="list-style-type: none"> • Ihmisen säteilyannokset • Tilanteen turvallisuusarvio 	<ul style="list-style-type: none"> • Kokokehommittaukset • Biologinen dosimetria • Annoslaskentamallit

TAULUKKO 9.1 Säteilyvaaratilanteen arviointi

Toimivaltaiset viranomaiset päättävät suojelutoimien täytäntöönpanosta. Paikalliset viranomaiset vastaavat suojelutoimien toteuttamisesta. Eri hallinnonalojen ja viranomaisten tehtäviä säteilyonnettomuuksiin varautumisessa kuvataan kirjasarjan osassa 5, Ydinturvallisuus, luvussa 5.7.

9.3 Suojautumisen perusteet

Miksi suojelutoimenpiteitä tarvitaan?

Säteilyn aiheuttamat terveysvaikutukset voidaan jaotella suoriin terveyshaittoihin ja satunnaisiin myöhäisvaikutuksiin. Lyhyessä ajassa saatu hyvin suuri säteilyannos tuhoaa niin paljon soluja, että sillä on välittömästi vaikutusta henkilön terveyteen. Tämä voi ilmetä paikallisena ihon palovammana tai säteilysairautena, joka aiheuttaa pahoinvointia sekä luuydin- ja suolistovaurioita. Alle 500 millisievertin äkillinen annos ei aiheuta tällaisia haittavaikutuksia eikä muita oireita (vertaa taulukko 9.2). Säteilyn suorista terveyshaitoista kerrotaan kirjasarjan osassa 4, Säteilyn terveysvaikutukset, luvussa 4.

Säteilyannos	
6 000 mSv	Annos, joka äkillisesti saatuna johtaa henkilön kuolemaan
1 000 mSv	Annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteilysairauden oireita (esimerkiksi verisolujen määrän laskua)
100 mSv	Säteilytyöntekijälle suurin sallittu annos viiden vuoden aikana
14 mSv	Asukkaan saama annos vuodessa, kun huoneilman radonpitoisuus on 800 Bq/m ³
4 mSv	Suomalaiselle säteilystä (sisäilman radon, röntgentutkimukset jne.) aiheutuva keskimääräinen annos vuodessa
2 mSv	Annos, jonka lentokoneessa työskentelevä saa kosmisesta säteilystä vuodessa
0,1 mSv	Keuhkojen röntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos
0,01 mSv	Hammasaröntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos
Säteilyn annosnopeus	
100 µSv/h	Suojaustoimet (sisälle suojautuminen ym.) ovat tarpeen
30 µSv/h	Isotooppihoitoa saaneesta potilaasta metrin etäisyydellä mitattu annosnopeus, jonka alittuessa potilas pääsee kotiin
5 µSv/h	Tshernobylin onnettomuuden aikana suurin mitattu annosnopeus Suomessa
5 µSv/h	Annosnopeus lennettäessä 12 kilometrin korkeudessa
0,4 µSv/h	Annosnopeus, jonka ylittyessä Suomen säteilyvalvontaverkon automaattinen säteilymittari hälyttää
0,04–0,30 µSv/h	Luonnon taustasäteily Suomessa

TAULUKKO 9.2 Esimerkkejä säteilyannoksista ja annosnopeuksista

Vakavassa ydinvoimalaitosonnettomuudessa, jossa päästö on lähellä suurinta teoreettisesti mahdollista päästöä ja sääolosuhteet ovat epäsuotuisat, suurista säteilyannoksista johtuvia säteilyvammoja esiintyisi suojaamattomilla henkilöillä korkeintaan parinkymmenen kilometrin säteellä laitoksesta. Suuren mannertenvälisen ydinohjuksen maanpintaräjätysten seurauksena suojautumattomat ihmiset voivat saada säteily sairauden jopa muutaman sadan kilometrin säteellä räjäytyspaikasta.

Useita vuosia vakavan ydinonnettomuuden jälkeen saastuneimmilla alueilla voi esiintyä syöpätapausten ja perinnöllisten haittojen lisääntymistä. Myöhäisvaikutuksia esiintyy kaikenlaisilla säteilyannoksilla ja niitä voi aiheuttaa myös normaali luonnon taustasäteily. Kansainvälisen säteilysuojelukomitean (ICRP) mukaan syöpäkuoleman todennäköisyys on väestössä keskimäärin 0,5 prosenttia kutakin 100 millisievertin suuruisista annosta kohden.

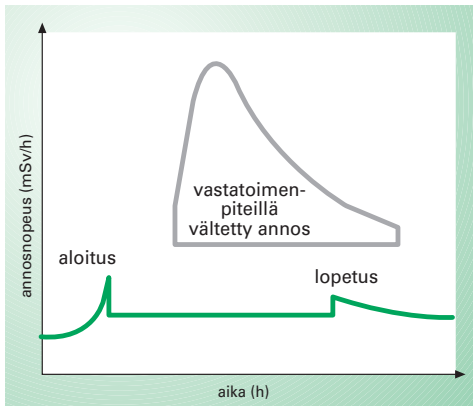
Suomessa syöpään sairastuu säteilystä riippumatta vuosittain 20 000 ihmistä. Koska syöpä on yleinen tauti, ei pienten säteilyannosten aiheuttamaa syövän lisääntymistä voi tilastollisesti havaita. Poikkeuksena tästä on lasten kilpirauhassyöpä, joka on hyvin harvinainen normaalioloissa. Kilpirauhassyöpää aiheuttaa radioaktiivinen jodi. Tshernobylin turman seurauksena lasten kilpirauhassyöpien määrä kasvoi Ukrainassa, Valko-Venäjällä ja Venäjän Bryanskissa (kirja 4 luku 12).

Perinnöllisiä muutoksia esiintyy säteilystä riippumatta kaikissa ihmisryhmissä. Säteilyn aiheuttamat perinnölliset muutokset eivät näistä eroa. Säteilyn aiheuttamia perinnöllisiä vaikutuksia on osoitettu eläinkokeissa. Sen sijaan niitä ei ole havaittu missään säteilylle altistuneessa väestöryhmässä (kirja 4 luku 8).

Väestöä suojataan suojelutoimin (katso luku 9.4) säteilyn aiheuttamilta suorilta terveyshaitoilta ja vähennetään säteilyn aiheuttamia myöhäisvaikutuksia. Ydinräjäytystä tai vakavan ydinreaktorionnettomuuden lähialuetta lukuun ottamatta suoria terveyshaittoja ei aiheudu, vaikka suojelutoimenpiteitä ei toteutettaisi. Suojelutoimenpiteet tähtäävätkin lähinnä myöhäisvaikutusten vähentämiseen. Vakavassakin ydinonnettomuudessa terveyshaittoja voidaan merkittävästi vähentää, jos suojaudutaan asianmukaisesti. Suuren ihmisryhmän säteilyaltistusta vähentävät suojelutoimenpiteet ovat perusteltuja syöpärisikin vähentämiseksi riippumatta siitä, tulisiko lisäksi koskaan tilastollisesti näkyviin. Yksilön riski sairastua syöpään on kuitenkin kaikissa tilanteissa pieni.

Suojautumisen suunnitteluperusteet

Tehokas ja tarkoituksenmukainen toiminta säteilyvaaratilanteessa edellyttää suunnitelmallista varautumista. Valmiussuunnittelussa arvioidaan suojelutoimenpiteillä vältettäviä säteilyannoksia (kuva 9.4). Eri suojelutoimenpiteille on määritetty yleiset toimenpidetasot vältettyinä säteilyannoksina, joiden ylittyessä kyseinen toimenpide on yleensä oikeutettu (taulukko 9.3). Toimenpidetasoja määriteltäessä on otettu huomioon säteilytilanteesta aiheutuvat terveyshaitat sekä itse toimenpiteeseen liittyvät hyödyt ja haitat.



KUVA 9.4 Vältetty annos on suojelutoimenpiteiden perusta

Valmiussuunnittelussa sisällesuojautumisen kriteerinä on 10 millisievertin vältetty efektiivinen annos, jos sisällesuojautuminen kestää kaksi vuorokautta. Varsinaista sisällesuojautumista lievempi toimenpide on kehoitus välttää tarpeetonta ulkonaoloa. Varsinkin lasten kohdalla on suositeltavaa varautua tähän jo toimenpidetason alapuolella.

Joditablettien nauttimisen yleinen toimenpidetaso on 100 milligraytä (mGy) vältettynä kilpirauhaseen absorboituneena annoksena. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää alle 18-vuotiaiden osalta arvoa 10 mGy, koska lapsen kilpirauhanen on herkempi säteilylle kuin aikuisen. Aikuisten kohdalla käytetään arvoa 100 mGy.

Evakuointi toteutetaan ennen radioaktiivisen pilven saapumista alueelle, jos aikaa tähän on riittävästi. Jos aikaa ei ole, evakuointi toteutetaan vasta kun pilvi on ohittanut alueen. Pilven ollessa alueen kohdalla suojaudutaan sisätiloihin. Evakuoinnin suunnittelukriteerinä käytetään vältettyä efektiivistä annosta 50 mSv yhden viikon kestäväen evakuoinnin aikana.

Suojelutoimenpide	Vältetty annos
Sisälle suojautuminen (kesto kaksi vuorokautta)	10 mSv (efektiivinen annos)
Joditablettien nauttiminen	Lapsille 10 mGy, aikuisille 100 mGy (kilpirauhaseen absorboitunut annos)
Evakuointi (kesto yksi viikko)	50 mSv (efektiivinen annos)

TAULUKKO 9.3 Valmiussuunnittelussa käytettävät suunnittelukriteerit keskeisimmille suojelutoimenpiteille

Onnettomuuden uhatessa kotimaista ydinvoimalaitosta joudutaan laitoksen varautumisalueella (alle 20 km) tekemään nopeita päätöksiä väestön suojelemiseksi. Päätösharkinta perustuu ydinvoimalaitoksen tilaa koskeviin, päästön mahdollisuutta ennakoiviin tietoihin ja säätietoihin.

Väliön evakuointi kotimaisen ydinvoimalaitoksen suojavyöhykkeellä (alle 5 km) toteutetaan, jos on olemassa uhka merkittävälle radioaktiivisten aineiden päästölle ympäristöön. Suojavyöhykkeen ulkopuolella olevalla varautumisalueen osalla (5–20 km) harkitaan sisällesuojautumista, joditablettien nauttimista ja evakuointia.

Operatiiviset toimenpidetasot

Vakavassa säteilyvaaratilanteessa keskeisimpiä väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi tehtäviä suojelutoimenpiteitä ovat sisälle suojautuminen, joditablettien ottaminen, kulkurajoitukset ja kotieläintuotannon suojaaminen. Tarvittavat toimenpiteet pyritään toteuttamaan ennen radioaktiivisen pilven saapumista alueelle. Ohjeet annetaan radion ja television välityksellä.

Suomessa on annettu ohjeelliset operatiiviset toimenpidetasot eri suojelutoimenpiteille äkillisiä säteilyvaaratilanteita varten ulkoisen säteilyn annosnopeutena, joka on suoraan mitattavissa (taulukko 9.4). Toimenpidetasoja voidaan soveltaa radioaktiivisen pilven ylikulun aikana tilanteessa, jossa radioaktiivisten aineiden koostumusta ei tunneta.

Operatiivisia toimenpidetasoja määriteltäessä on tarkasteltu erittäin vakavaa ydinvoimalaitosonnettomuutta, jossa suuri määrä radioaktiivisia aineita pääsee lyhyen ajan kuluessa ympäristöön ilman merkittävää suodattumista. Tällöin suojaamaton henkilö saa päästöpilven ylikulun aikana noin 80 prosenttia säteilyannoksesta hengityksen kautta. Pilven ohi-

kulun jälkeen hengitysilma on puhdistunut radioaktiivisista aineista, joten tasoa määritettäessä oletettua hengityksen kautta saatavaa annosta ei kerry eikä toimenpidetasoja tule enää soveltaa.

Ohjeellisella toimenpidetasolla tarkoitetaan sellaista säteilytasoa, jonka ylittyessä väestön suojelemiseksi tarkoitettu suojelutoimenpide on yleensä perusteltu. Toimenpidetason ohjeellisuus tarkoittaa myös, että siitä voidaan poiketa joko ylöspäin tai alaspäin, kun pilven koostumus sekä säteilytilanteen vakavuus ja laajuus on selvinyt.

Suojelutoimenpide	Ulkoisen säteilyn annosnopeus, jonka ylittyessä toimenpide on tarpeen
Joditablettien nauttiminen	100 $\mu\text{Sv/h}$ aikuiset 10 $\mu\text{Sv/h}$ lapset
Sisälle suojautuminen	100 $\mu\text{Sv/h}$
Kulkurajoitukset	100 $\mu\text{Sv/h}$
Kotieläintuotannon suojaaminen	1 $\mu\text{Sv/h}$

TAULUKKO 9.4 Toimenpidetasot

Evakuointi on tarpeen pilven ylikulun jälkeen, jos maahan ja pinnoille on jäänyt radioaktiivisia aineita niin paljon, että niiden aiheuttama ulkoisen säteilyn annosnopeus on yli 1 000 $\mu\text{Sv/h}$. Evakuointiin ryhdyttäessä ulkoilman on oltava puhdistunut radioaktiivisista aineista. Radioaktiivisen pilven ollessa kohdalla suojaudutaan sisätiloihin.

Säteilyvaaratilanteen myöhemmän vaiheen toimenpiteille – kuten väestön pysyväle uudelleen asuttamiselle – ei suositella vältettävään annokseen perustuvia, ennalta määrättyjä toimenpidetasoja, koska näiden toimenpiteiden täytäntöönpano perustuu aina tilannekohtaiseen arviointiin ja laajaan yhteiskunnalliseen harkintaan.

9.4 | Suojelutoimenpiteet säteilyvaaratilanteessa

Suojautuminen sisätiloihin

Sisälle suojautuminen ja joditablettien ottaminen ovat riittäviä toimenpiteitä pahimmassakin ydinvoimalaitosonnettomuudessa yli 20–30 ki-

lometrin etäisyydellä voimalaitoksesta. Sisätiloihin suojaudutaan pilven ylikulun ajaksi. Tällöin vältetään radioaktiivisia aineita sisältävän ulkoilman hengittämiseltä ja vähennetään pilvestä tulevaa suoraa säteilyä. Sisälle suojautuminen on yleensä tarpeen korkeintaan vuorokauden ajan. Sisälle suojaudutaan koteihin, työpaikoille, kouluihin, päiväkoteihin ja hoitolaitoksiin. Ilmanvaihto pysäytetään ja tiloista tehdään mahdollisimman tiiviitä. Mikäli väestönsuojia on käytettävissä riittävän nopeasti ennen päästöpilven tuloa, saa niissä vielä paremman suojan. Tiivistämisestä huolimatta radioaktiivisia aineita kulkeutuu rakennuksiin. Päästöpilven ohikulun jälkeen on sisätilojen hengitysilmassa enemmän radioaktiivisia aineita kuin ulkona. Siksi on tärkeää tuulettaa ja siivota sisätilat radioaktiivisen pilven mentyä ohi.

Viranomaiset kertovat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tulevasta suojautumistarpeesta, -ajankohdasta ja suojautumisen kestoista. Sisälle suojautumisen edellyttämät toimet otetaan huomioon myös tuotantolaitoksissa raaka-aineiden ja prosessien suojaamiseksi. Varsinaista sisälle suojautumista lievempi toimenpide on kehoitus välttää tarpeetonta ulkona oloa. Erityistä huomiota on tällöin kiinnitettävä lasten ulkona oleskelun rajoittamiseen. Sisälle suojautuminen pyritään vaaratilanteessa tekemään kunnittain, koska kunta muodostaa hallinnollisesti yhtenäisen kokonaisuuden.

Väestönsuojat ovat tärkeitä säteilyannoksen rajoittamiseksi ydinräjähtysalueen ympäristössä jopa satoihin kilometreihin asti. Väestösuojien puuttuessa suojaudutaan mahdollisimman hyvin sisätiloihin, niin että suojautujan ja pilven välissä on mahdollisimman paljon materiaalia.

Joditablettien ottaminen

Vakavan reaktorionnettomuuden tai ydinräjähtyksen yhteydessä voi ilmaan päästä radioaktiivista kaasumaista jodia. Radioaktiivinen jodi kulkeutuu hengityksen mukana keuhkoihin ja lopulta kilpirauhaseen. Kilpirauhasen saama säteilyannos lisää kilpirauhassyövän riskiä erityisesti lapsilla. Riski on sitä suurempi, mitä pienempi lapsi on kyseessä. Aikuisilla sen sijaan kilpirauhassyövän riski on pieni. Yli 40-vuotiailla säteily todennäköisesti ei aiheuta kilpirauhassyöpää. Hyvin korkea säteilyannos voi aiheuttaa kilpirauhasen vajaatoimintaa.

Radioaktiivisen jodin kertymistä kilpirauhaseen voi estää ottamalla joditabletin. Tabletin sisältämä stabiili jodi kyllästää kilpirauhasen. Tällöin

radioaktiivinen jodi ei imeydy rauhaseen, vaan poistuu pian munuaisten kautta. Oikea ajoitus on tärkeää. Liian aikaisin tai myöhään otettuna tabletin suojavaikutus heikkenee. Yhden annoksen antama suoja pysyy yhden vuorokauden ja jatkuu osittaisena vielä toisen vuorokauden. Täten yksi annos riittää suojaamaan hengitysilman radioaktiiviselta jodilta saastepilven ohikulun ajaksi. Joditabletit eivät suojaa muilta radioaktiivisilta aineilta.

Kulkurajoitukset, evakuointi ja ympäristön puhdistus

Ihmisten pääsyä uhatulle tai saastuneelle alueelle rajoitetaan määräajaksi. Rajoitukset ovat tarpeen alueilla, joilla rajoitetaan ulkona liikkumista. Pääsy sallitaan vain niille, joiden on välttämätöntä toimia alueella.

Kun radioaktiivinen pilvi on ohittanut alueen, hengitysilmassa ei enää ole radioaktiivisia aineita. Sen sijaan niitä on maassa ja rakennusten pinnoilla. Koska laskeumassa voi olla suuria paikallisia eroja – esimerkiksi satteen takia – kartoitetaan laskeumatilanne nopeasti lentomittauksin. Saastuneimmilla kaupunkialueilla ympäristöä puhdistetaan muun muassa pesemällä rakennusten kattoja ja seiniä. Tarvittaessa väestö voidaan siirtää saastuneilta alueilta (evakuoida alue) puhdistustoimien ajaksi. Mikäli puhdistustoimista huolimatta alueen säteilytaso jää korkeaksi, voidaan väestö asuttaa saastumattomille alueille.

Kotieläintuotannon suojaaminen

Kotieläintuotannon suojaamisella vähennetään ihmisten elintarvikkeista saamaa säteilyaltistusta. Maatalouden harjoittajia kehoitetaan jo uhkatilanteen aikana kotieläintuotteiden puhtauden varmistamiseksi suojaamaan kotieläimet sisätiloihin sekä suojaamaan mahdollisuuksien mukaan eläinten rehu. Toimenpiteeseen ryhdytään jo hyvin lievässä säteilytilanteessa, sillä radioaktiiviset aineet kulkeutuvat tehokkaasti maitoon ja lihaan. Harkittavia toimenpiteitä ovat ennen radioaktiivisen pilven saapumista myös pelloilla mahdollisesti kasvavan uuden rehun talteenotto ja juomaveden varaaminen.

Laskeumatilanteessa annetaan ohjeita mahdollisimman puhtaan rehun tuottamiseksi ja puhtaan rehun hankkimiseksi laskeuma-alueen ulkopuolelta. Peltojen lannoitus ja muokkaus vähentävät tehokkaasti maataloustuotteisiin kulkeutuvien radioaktiivisten aineiden määrää.

Elintarvikkeiden puhtaus

Säteilyannoksen rajoittamiseksi huolehditaan, että kaupan olevat elintarvikkeet ovat puhtaita (katso luku 6.9). EU:n säätämiä rajoja on noudatettava koko EU:n alueella. Rajat koskevat myös EU:n ulkopuolisten maiden kanssa käytävää kauppaa. Onnettomuuden jälkitilanteessa voidaan joutua rajoittamaan joidenkin elintarvikkeiden käyttöä.

Elintarvikkeisiin ja talousveteen laskeumatilanteessa joutuvien radioaktiivisten aineiden määrää ja elintarvikkeiden kautta saatavaa säteilyannosta voidaan rajoittaa esimerkiksi suuntaamalla tuotantoa.

Elintarviketuottajille ja tuotantolaitoksille annetaan ohjeita tuotteiden puhtauden varmistamiseksi. Koti- ja suurtalouksille annetaan ohjeita radioaktiivisten aineiden määrän pienentämiseksi ruoassa. Itse tuotettujen elintarvikkeiden käyttäjille sekä metsistä ja järvistä saatavien elintarvikkeiden käyttäjille annetaan ohjeita ja suosituksia tiedotusvälineissä.

Työntekijöiden suojeleminen

Onnettomuustilanteessa pelastus- ja suojelutoimiin osallistuvat työntekijät voivat altistua säteilylle muuta väestöä enemmän. Suojelutoimenpiteet suorien terveyshaittojen välttämiseksi koskevat ennen kaikkea niitä pelastustyöntekijöitä, jotka joutuvat työskentelemään voimakkaiden säteilylähteiden välittömässä läheisyydessä. Ellei kysymys ole ihmishenkien pelastamisesta, välittömiin suojelutoimenpiteisiin osallistuvan henkilön efektiivinen annos ei saa ylittää 0,5 Sv eikä ihon minäkään kohdan annos 5 Sv (katso luku 8.8). Välittömiin toimenpiteisiin osallistuvalla on oltava tieto työhön liittyvästä vaarasta. Hänelle on järjestettävä annosvalvonta ja terveystarkkailu ja toiminnan on oltava vaapaehtoista.

Kun säteilyvaaran rajoittamiseksi ja säteilylähteen hallintaan saattamiseksi välttämättömät toimenpiteet on tehty, onnettomuuden seurausten lieventämiseksi tehtävässä pelastus- ja suojelutyössä noudatetaan säteilytyöntekijöille säädettyjä annosrajoja. Työntekijän efektiivinen annos ei yksittäisen vuoden aikana saa ylittää 50 mSv eikä keskimääräinen annos viiden vuoden aikana 20 mSv vuodessa.

Henkilöt, jotka osallistumatta pelastus- ja suojeletoimintaan tekevät oman ammattinsa työtä saastuneella alueella, rinnastetaan säteilysoje-
lullisesti väestöön. Kokonaisannos vuoden aikana ei saa ylittää arvoa
1 mSv. Jos annosten arvioidaan nousevan tätä suuremmiksi, annetaan li-
säsäohjeita altistuksen välttämiseksi.

KIRJALLISUUTTA

Koivukoski J, Paakkola O, Myllyniemi P. Ydinaseet, vaikutukset ja suo-
jautuminen. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö, 2003.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Ympäristöterveyden erityistilanteiden
opas. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2000:4. Helsinki: Oy Edita
Ab, 2000.

Säteilyturvakeskus. Säteilysuojelun toimenpiteet säteilyvaaratilanteessa.
Ohje VAL 1.1. Helsinki: Edita Oyj, 2001.

International Commission on Radiological Protection. Protection of the
public in situations of prolonged radiation exposure. The application of
the Commission's system of radiological protection to controllable radiati-
on exposure due to natural sources and long-lived radioactive residues.
Publication 82. Annals of the ICRP 29, No 1-2. Oxford: Pergamon Press,
1999.

World Health Organisation. WHO Guidelines for stable iodine prophyla-
xis following nuclear accident. Geneva: WHO, 1999.

