

ULA- JA TV-ASEMIEN MASTOTÖIDEN SÄTEILYTURVALLISUUS

1	OHJEEN SISÄLTÖ JA SOVELTAMINEN	3
2	YLEISTÄ MASTOTYÖN TURVALLISUUDESTA	3
3	ALTISTUMISEN RAJOITTAMISEN PERUSTEET	3
3.1	Lainsäädäntö	3
3.2	Altistumisen enimmäisarvot	4
4	TEHOTIHEYDEN MITTAAMINEN	5
5	TURVALLISUUSTOIMENPITEISTÄ MASTOTÖIDEN AIKANA	5
5.1	Yleisiä ohjeita	5
5.2	Lähetysantennit 40–860 MHz	5
5.3	GSM-tukiasemien antennit 900–1800 MHz	5
5.4	Linkkiantennit 2,4–23 GHz	5
5.5	Vierekkäisten mastojen pystytys-, kalustus- ja purkutyöt	6

LIITE A MÄÄRITELMIÄ

LIITE B LASKENNALLISET TEHOTIHEYDET ULA-, VHF III- JA UHF-ANTENNIEN
EDESSÄ

Tämä ohje on voimassa 1.10.2003 alkaen toistaiseksi. Tämä ohje korvaa 7.4.1992 annettun ohjeen ST 9.3 "ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus".

Kolmas, uudistettu painos
Helsinki 2003
Dark Oy

ISBN 951-712-717-0 (nid.)
ISBN 951-712-718-9 (pdf)
ISBN 951-712-719-7 (html)
ISSN 0789-466X

Valtuutusperuste

Säteilyturvakeskus antaa säteilyn käytön ja muun säteilytoiminnan turvallisuutta koskevat yleiset ohjeet, säteilyturvallisuusohjeet (ST-ohjeet), säteilylain (592/1991) 70 §:n 2 momentin nojalla.

Säteilytoiminnan turvallisuudesta vastaa säteilylain mukaan säteilytoiminnan harjoittaja. Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että ST-ohjeissa esitetyn mukainen turvallisuustaso toteutetaan ja ylläpidetään.

1 Ohjeen sisältö ja soveltaminen

Tällä ohjeella päivitetään 7.4.1992 annettu ohje ST 9.3, ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, ottaen huomioon muutostekijät mastojen käytössä, ylläpidossa ja huollossa.

Ohjeessa esitetään radiotaajuisten säteilylle altistumisen rajoittamisen perusteet ULA- ja TV-asemien mastotöissä. Lisäksi ohjeessa selostetaan mastotöissä huomioon otettavia tyypillisiä turvallisuustoimenpiteitä.

Ohje koskee taajuusalueella 40 MHz–300 GHz käytettäviä laitteita. Ohjetta sovelletaan mastotyöhön, kun ainakin yksi seuraavista tehonsyöttöominaisuuksista toteutuu:

- antennipinnan tehoitiheys on yli 10 W/m²
- keskimääräinen syöttöteho antennijärjestelmää kohti on yli 100 W
- yksittäisen dipolin tai vastaavan elementin syöttöteho on yli 7 W.

2 Yleistä mastotyön turvallisuudesta

ULA- ja TV-asemien lähettimet synnyttävät voimakasta radiotaajuista säteilyä, joka voi mastojen antenneissa ja niiden välittömässä läheisyydessä olla vaarallista ihmisen terveydelle. Liiallisesta altistumisesta aiheutuvat tyypilliset terveyshaitat ovat kehon lämmönsäätelyjärjestelmän ylikuormittuminen, palovammat ja harmaakaihi.

Koska säteilykentät ovat korkealla maanpinnan yläpuolella, aseman ympäristössä olevat henkilöt (väestö) eivät normaalisti voi altistua merkittävästi aseman antenneista lähtevälle radiotaajuiselle säteilylle. Säteilyturvallisuustoimien keskeinen kohderyhmä ovat työntekijät, erityisesti ne, jotka työskentelevät mastossa.

Jos lähetystehoja ei katkaista mastossa tehtävien töiden ajaksi, säteilyturvallisuuden varmistamiseen on kiinnitettävä erityinen huomio.

Maston omistaja voi olla muu kuin se, joka maston asennettua tekniikkaa käyttää radio- tai

TV-toiminnassaan. Mastolla voi olla myös sellaisia käyttäjiä, jotka harjoittavat muuta kuin radio- ja TV-toimintaa. Niin ikään on tavallista, että asennus-, korjaus- ja huoltotyöt annetaan mastotöihin erikoistuneen ulkopuolisen toiminnanharjoittajan suoritettaviksi. Kun mastoon liittyvät toiminnot ovat näin eriytyneet, on olennaisen tärkeätä, että mastoa koskevat tekniset tiedot ja turvallisuusohjeet on dokumentoitu ja pidetään ajan tasalla.

Mastotyön turvallisuudesta vastaa ensi kädessä se, joka toiminnan harjoittajana (työnantajana) teettää työntekijöillään mastotöitä. Toiminnan harjoittajan vastuulla on muun ohessa, että töiden suunnittelu ja valmistelu, turvallisuusohjeet, menettelytavat, yhteysvälineet yms. ovat asianmukaiset. Toiminnan harjoittaja vastaa myös siitä, että mastotyöhön osoitettavilla työntekijöillä on työn edellyttämä ammattitaito ja että he saavat tarvittavat työkohteita koskevat tiedot ja ohjeet.

Jos mastonhaltija ei itse huolehdi mastotöistä, vaan antaa ne mastotöihin erikoistuneelle ulkopuoliselle, mastonhaltijan vastuulla on, että työnsuorittajalle annetaan asiaankuuluvat tiedot maston rakenteesta, antenneista, antenneihin syötetystä tehosta ja muista mastotyön suunnitteluun vaikuttavista teknisistä seikoista. Jos mastonhaltija on laatinut mastokohtaiset turvallisuusohjeet – mikä on erittäin suositeltavaa – hän vastaa niiden laadusta ja ajantasaisuudesta.

3 Altistumisen rajoittamisen perusteet

3.1 Lainsäädäntö

Mastotyöhön liittyvän altistumisen rajoittamisen perusteet on säädetty säteilylain 43 §:n nojalla annetussa sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä ionisoimattoman säteilyn altistuksen enimmäisarvoista (1474/1991, jäljempänä STMp). Väestön altistumista koskevien normien osalta STMp on korvattu uudella sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (294/2002), mutta päätöksen ammatillista altistumista (työnte-

kijät) koskevat osat ovat voimassa. Radiotaajuista säteilyä koskevat säännökset ovat STMp:n luvussa 2 ja liitteessä 1.

Ionisoimattoman säteilyn valvonnasta annetun asetuksen (1306/1993) 4 §:n mukaan radio- ja tutkalaitteet, joiden aiheuttama säteilyaltistus laitteiden teho, sijoituspaikka ja muut käyttöolosuhteet huomioon ottaen voi ylittää vahvistetut enimmäisarvot (STMp), on esitettävä Säteilyturvakeskuksen tarkastettavaksi.

ULA- tai TV-aseamalla tehtävän työn, myös mastotyön, turvallisuutta koskee työturvallisuuslaki ja sen nojalla annettu työturvallisuuslainsäädäntö. Työturvallisuuslain soveltaminen kuuluu työsuojeluviranomaisille. Säteilyturvakeskus toimii yhteistyössä työsuojeluviranomaisten kanssa, joille ensisijaisesti kuuluu velvoittavien määräysten antaminen sellaisessa tilanteessa, että toiminnan harjoittaja ei omaehtoisesti tee toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen mastotyön turvallisuuteen vaikuttavan puutteen tai epäkohdan poistamiseksi.

3.2 Altistumisen enimmäisarvot

STMp:ssä vahvistetut altistumisen enimmäisarvot radiotaajuiselle säteilylle esitetään taulukoissa I ja II. Enimmäisarvot koskevat työntekijöiden altistumista ja ne määritetään keskiarvoina kuuden minuutin ajanjaksoilta. Jos ominaisabsorptionopeutta ei voida määrittää luotettavasti, sovelletaan sähkö- ja magneettikentän ekvivalenttisen tehotiheyden enimmäisarvoja. Sähkö- ja magneettikentän ekvivalenttiset tehotiheydet määritetään keskimääräisinä arvoina koko kehon alalta.

Altistumisen määrittämisessä käytettävien keskeisten suureiden (keskimääräinen syöttöteho, antennipinnan tehotiheys, ominaisabsorptionopeus, ekvivalenttiset tehotiheydet) määritelmät on esitetty tämän ohjeen liitteessä A.

Taulukko I. Ominaisabsorptionopeuden enimmäisarvot.

Altistuksen kohde	Ominaisabsorptionopeus W/kg
Koko keho	0,4
Raajojen uloimmat osat	20
Muut kehon osat	10

Mastossa säteilykenttä on yleensä epähomogeeninen. Maston sisällä voi olla metallirakenteiden aiheuttamia tehotihentymiä, joissa paikallinen ekvivalenttinen tehotiheys on yli 100 W/m². Näin suuri tehotiheys kohdistuu yleensä kehon pienelle osalle, jolloin koko kehon keskimääräisen altistuksen enimmäisarvoja ei ylitetä. Paikallisten palovammojen estämiseksi työntekijän kehon osalle kohdistuvan sähkö- tai magneettikentän ekvivalenttinen tehotiheys ei kuitenkaan saisi ylittää 250 W/m².

Taulukko II. Ekvivalenttisen tehotiheyden enimmäisarvot.

Taajuus f MHz	Ekvivalenttinen tehotiheys S _E tai S _H W/m ²
40–400	10
400–2 000	f/40
2 000–300 000	50
S _E on sähkökentän ekvivalenttinen tehotiheys S _H on magneettikentän ekvivalenttinen tehotiheys f on taajuuden lukuarvo, kun taajuus on ilmoitettu megahertseinä	

Mastossa altistutaan yleensä samanaikaisesti usealle eritaajuiselle sähkö- ja magneettikentälle. Jos altistumisen enimmäisarvo riippuu taajuudesta, lasketaan jokaisella taajuudella erikseen altistumissuhde, joka on ekvivalenttinen tehotiheys jaettuna vastaavalla enimmäisarvolla. Altistumissuhteiden summa ei saa olla suurempi kuin yksi. TV-lähetysten taajuuskaistan leveys on useita megahertsejä, ja siten analogisen TV-lähetysten taajuutena käytetään kuvakantoaallon taajuutta sekä digi-TV-lähetysten taajuutena kaistan keskitaajuutta.

4 Tehotiheyden mittaaminen

Ekvivalenttinen tehotiheys mitataan työskentelykohdissa vähintään 20 cm:n etäisyydellä maston metallirakenteista. Mittaukseen osallistuvien henkilöiden tulee olla vähintään 30 cm:n etäisyydellä mittauskohdasta. Tehotiheys mitataan liikuttamalla mittapäätä kuvitellun työntekijän kehoa vastaavalla alueella ja arvioimalla mittaustuloksista keskimääräinen arvo. Mittapäätä liikutetaan niin hitaasti, että mittari ehtii reagoida tehotiheyden muutoksiin.

Taajuusalueella 40–300 MHz on mitattava sekä sähkö- että magneettikentän ekvivalenttiset tehotiheydet isotrooppisilla mittapäillä. Yli 300 MHz:n taajuuksilla riittää sähkökentän mitaus.

5 Turvallisuustoimenpiteistä mastotöiden aikana

5.1 Yleisiä ohjeita

Asennustöitä valmisteltaessa on huolehdittava, että tiedossa olevat ja merkityt säteilyn vaara-alueet tarkastetaan asennusryhmän mukana olevalla luotettavalla RF-säteilyn mittarilla. Erityisesti tulee varmistaa, että tarvittavia tehonsyötön estäviä varmuustoimenpiteitä asianmukaisesti noudatetaan.

Mastotöissä noudatetaan asema- ja antennityyppikohtaisia varotoimenpiteitä. Yleisesti on

vältettävä koskettamasta mastossa sijaitsevaan suojaamattomaan dipoliin tai vastaavaan antennielementtiin. Asemalta on oltava luotettava radiopuhelinyhteys mastotyöntekijöihin.

5.2 Lähetysantennit 40–860 MHz

Säteilevän antennin etupuolella tai sisällä ei saa työskennellä eikä oleskella. Työskentelypaikan turvaetäisyys säteilevän ULA- tai VHF I -antennin osasta on oltava vähintään 15 m. VHF III -antennista vastaavan etäisyyden on oltava 5 m. Jos antenniin syötetty keskimääräinen teho on alle 1 kW, pienin työskentelyetäisyys ULA- tai VHF I-antennista on 5 m ja VHF III-antennista 3 m. Lähempänä työskenneltäessä on säteilymittauksin varmistettava, ettei enimmäisarvoja ylitetä.

Maston huipussa olevan säteilevän UHF-antennin suojan sisällä ja välittömässä läheisyydessä sen ulkopuolella ei saa työskennellä. Antennin alapuolella sijaitsevan metallitason (laitesuojan katto, työskentelytaso, tms.) alapuolella saa työskennellä.

Antennin läpi saa kulkea vain, jos antennipinnan tehotiheys on alle 200 W/m² ja luotettavalla altistumisen määrittämisellä on todettu, ettei ylitetä enimmäisarvoja. Mastohissin alaosa voidaan kulkea antennin läpi. Hissin yläosa voidaan kulkea antennin läpi, mikäli kaikki suojaverkot on asennettu niille kuuluville paikoille.

Kun antennin tehonsyöttöä tai rakennetta muutetaan, läpikulkua koskevien vaatimusten toteutuminen on erikseen varmistettava. Tiedot antennien läpikulkuun liittyvästä syöttötehon rajoittamisesta on pidettävä ajan tasalla ja niistä on tiedotettava työntekijöille.

5.3 GSM-tukiasemien antennit 900–1800 MHz

Silloin kun mastoon on asennettu matkapuhelien tukiaseman antenni, on varmistettava, että antennin edessä ei työskennellä tehon ollessa päällä.

5.4 Linkkiantennit 2,4–23 GHz

Säteilevän parabolisen mikroaaltolinkkiantennin edessä ei saa työskennellä. Linkkiantennien ja aaltoputkien asennus- ja huoltotöissä aaltoputkien laippoja ei saa aukaista tehon ollessa

kytkettynä. Maston sisäpuolella saa kulkea säteilevien linkkiantennien ohi ja työskennellä niiden läheisyydessä.

5.5 Vierekkäisten mastojen pystytys-, kalustus- ja purkutyöt

Säteilevän ULA-, VHF I-, VHF III- tai UHF-antennin edessä sijaitsevassa mastossa voidaan työskennellä ilman tehorojoituksia, jos etäisyys antennista on yli 100 m. Lyhyemmällä etäisyyksillä antennien tehonsyöttöä on pienennettävä niin paljon, että työskentelykohdassa mitattu ekvivalenttinen tehotiheys ei ylitä luvussa 3 mainittuja enimmäisarvoja. Tehotiheydet voidaan likimäärin arvioida liitteen B kuvissa esitettyjen käyrien avulla. Arviointi on kuitenkin aina varmistettava säteilymittauksin.

Kirjallisuutta

- 1 Banas D. Employee exposure to high-level radio frequency radiation. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 2002; 17(3): 154–156.
- 2 ICNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 1998; 74(4): 494–522.
- 3 Jokela K, Ylönen M. Continuous recording instrument for RF-exposure measurements in FM/TV broadcasting towers. *Journal of Microwave Power* 1984; 19(3): 159–172.
- 4 Jokela K. Theoretical and measured power density in front of VHF/UHF broadcasting antennas. *Health Physics* 1988; 54(5): 533–543.
- 5 Schilling CJ. Effects of exposure to very high frequency radiofrequency radiation on six antenna engineers in two separate incidents. *Occup. Med.* 2000; 50(1): 49–56.
- 6 Telecom Finland Oy. Mastotyön työsuojeluohjeet 1996.

LIITE A

MÄÄRITELMIÄ

Keskimääräinen syöttöteho

ULA-lähettimen keskimääräinen teho on lähes sama kuin ns. lähetinteho. Analogisen TV-lähettimen keskimääräinen teho on virityskuvaa lähetettäessä noin 40 % lähettimen pulssitehosta (PEP). Digi-TV-lähettimen teho ilmoitetaan keskimääräisenä tehona. Jos samaan antenniin syötetään useita läheteitä, niiden tehot lasketaan yhteen. Antennin keskimääräinen syöttöteho saadaan vähentämällä yhteenlasketuista lähettimien keskimääräisistä tehoista lähettimien ja antennin välisen kaapelin vaimennus.

Antennipinnan tehotiheys

Suuren dipolisäteilijöistä koostuvan antenniryhmän antennipinnan tehotiheys S_A voidaan laskea kaavasta

$$S_A = \frac{P}{nwhL}, \quad (\text{A1})$$

missä P = antenna syöttävien lähettimien keskimääräisten tehojen summa
 h = antennin korkeus
 L = kaapelin vaimennus
 n = samassa vaakatasossa olevien dipolien määrä (3 tai 4)
 w = dipolin pituus ja
 $A = nwh$ = antennin laskennallinen pinta-ala.

Ympärisäteilevän ns. turnstile-antennin pinta-alana voidaan käyttää antennin ympärille kuvitellun sylinterin vaipan pinta-alaa.

Ominaisabsorptionopeus

Ominaisabsorptionopeus on sähkömagneettisesta kentästä biologiseen kudospäätöön lämmöksi muuttuva teho jaettuna kudospäätöön massalla. Koko kehon keskimääräinen ominaisabsorptionopeus SAR_{ave} voidaan laskea kaavalla

$$SAR_{ave} = \frac{P_a}{m}, \quad (\text{A2})$$

missä P_a = kehoon absorboituva keskimääräinen teho ja
 m = kehon massa.

LIITE A**Ekvivalenttiset tehotiheydet**

Sähkökentän ekvivalenttinen tehotiheys S_E määritellään kaavalla

$$S_E = \frac{E^2}{Z_0}, \quad (\text{A3})$$

missä Z_0 = vapaan tilan aaltoimpedanssi (377 Ω) ja
 E = efektiivinen sähkökentän voimakkuus.

E määritellään kaavalla

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}, \quad (\text{A4})$$

missä E_x , E_y ja E_z ovat sähkökentän kohtisuorien komponenttien tehollisarvot.

Magneettikentän ekvivalenttinen tehotiheys S_H määritellään kaavalla

$$S_H = H^2 Z_0, \quad (\text{A5})$$

missä H = efektiivinen magneettikentän voimakkuus.

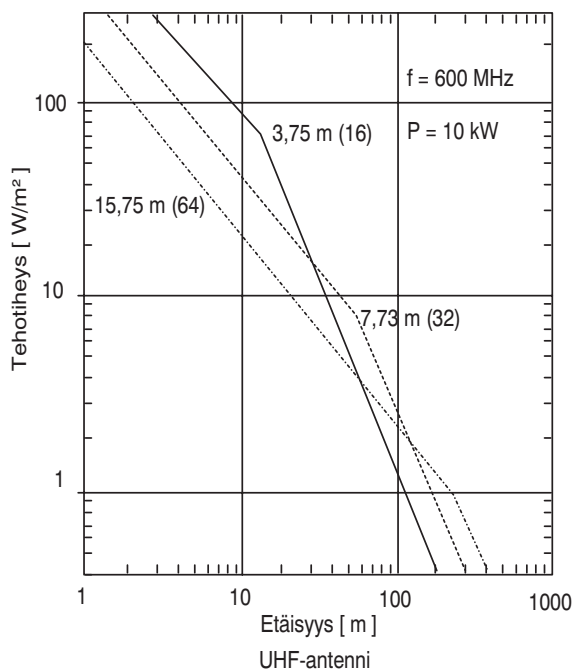
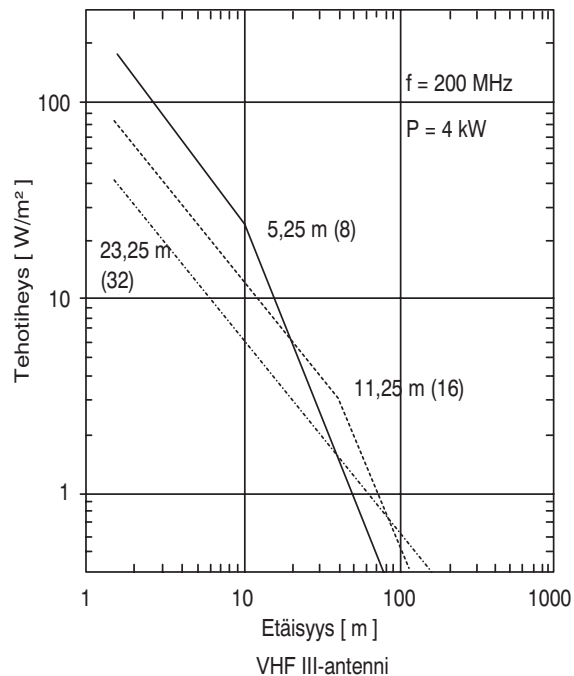
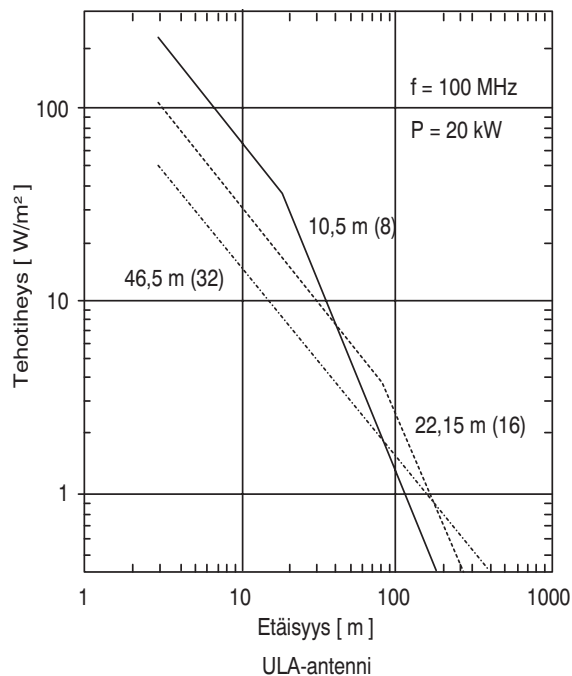
H määritellään kaavalla

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}, \quad (\text{A6})$$

missä H_x , H_y ja H_z ovat magneettikentän kohtisuorien komponenttien tehollisarvot.

LIITE B

LASKENNALLISET TEHOTIHEYDET ULA-, VHF III- JA UHF-ANTENNIEN EDESSÄ



Kuva B1. Laskettuja maksimitehotiheyksiä etäisyyden funktiona erikorkuisten antennien edessä, kun antennit on asennettu neljään eri suuntaan. Suluissa on annettu dipolien lukumäärä pystysuunnassa, kun dipolien välimatka on $\lambda/2$. λ on aallonpituus ja P lähettimen keskimääräinen teho.

ST-OHJEET

Yleiset ohjeet

- ST 1.1 Säteilytoiminta ja sen valvonta, 20.6.1996
 ST 1.3 Säteilylähteiden varoitusmerkinnät, 10.11.1999
 ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio, 24.10.1991
 ST 1.5 Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta ja ilmoitusvelvollisuudesta, 1.7.1999
 ST 1.6 Säteilysuojelutoimet työpaikalla, 29.12.1999
 ST 1.7 Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa, 17.2.2003

Sädehoito

- ST 2.1 Sädehoidon laadunvarmistus, 22.5.2003
 ST 2.2 Sädehoitolaitteiden ja -tilojen säteilyturvallisuus, 2.2.2001

Lääketieteellinen röntgentutkimus

- ST 3.1 Hammasröntgenlaitteiden käyttö ja valvonta, 27.5.1999
 ST 3.2 Mammografialaitteet ja niiden käyttö, 13.8.2001
 ST 3.3 Lääketieteelliset röntgentutkimuslaitteet ja niiden käyttö, 27.8.1992
 ST 3.4 Kuvanvahvistin-televisioketjun laadunvalvonta, 24.10.1991
 ST 3.5 Lääketieteellisten röntgentutkimuslaitteiden ja röntgenfilmien kehityksen laadunvalvonta, 3.12.1991
 ST 3.6 Röntgentilojen säteilyturvallisuus, 24.9.2001.
 ST 3.7 Mammografiaan perustuva rintasyöpäseulonta, 28.3.2001

Teollisuus, tutkimus, opetus ja kaupallinen toiminta

- ST 5.1 Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus, 17.2.1999
 ST 5.3 Ionisoivan säteilyn käyttö fysiikan ja kemian opetuksessa, 17.2.1999
 ST 5.4 Säteilylähteiden kauppa, 2.10.2000
 ST 5.6 Säteilyturvallisuus teollisuusradiografiassa, 17.2.1999

- ST 5.8 Säteilylaitteiden asennus-, korjaus- ja huoltotyö, 17.2.1999

Avolähteet ja radioaktiiviset jätteet

- ST 6.1 Radionuklidilaboratorioiden säteilyturvallisuusvaatimukset, 1.7.1999
 ST 6.2 Radioaktiiviset jätteet ja päästöt, 1.7.1999
 ST 6.3 Säteilyn käyttö isotooppilääketieteessä, 18.3.2003

Säteilyannokset ja terveystarkkailu

- ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta, 25.2.2000.
 ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, 1.7.1999
 ST 7.3 Sisäisestä säteilystä aiheutuvan annoksen laskeminen, 1.7.1999
 ST 7.4 Säteilyannosten rekisteröinti 25.2.2000.
 ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu, 29.12.1999

Ionisoimaton säteily

- SS 9.1⁾ Solariumlaitteiden ja aurinkolamppujen säteilyturvallisuusvaatimukset ja tyyppitarkastus, 1.9.1989
 ST 9.2 Pulssitutkien säteilyturvallisuus, 2.9.2003
 ST 9.3 ULA- ja TV-asemien mastotöiden säteilyturvallisuus, 2.9.2003
 ST 9.4 Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, 8.10.1993

Luonnonsäteily

- ST 12.1 Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa, 6.4.2000
 ST 12.2 Rakennusmateriaalien, polttoturpeen ja turvetuhkan radioaktiivisuus, 2.2.1993
 ST 12.3 Talousveden radioaktiivisuus, 9.8.1993

⁾ ST-ohjeet olivat aiemmin nimeltään SS-ohjeita. Ohjeita uudistettaessa kaikki vanhat SS-ohjeet muutetaan vähitellen ST-ohjeiksi.