



Euroopan
komissio

Ohjeellinen opas
hyvistä käytännöistä
direktiivin 2013/35/EU
täytäntöönpanon alalla

Sähkömagneettiset kentät

Osa 2: Tapausselostuksia

Tämä julkaisu on saanut rahoitustukea työllisyyttä ja sosiaalista innovointia koskevasta EU:n EaSI-ohjelmasta (2014–2020).

Lisätietoja seuraavasta osoitteesta: <http://ec.europa.eu/social/easi>

Ohjeellinen opas
hyvistä käytännöistä
direktiivin 2013/35/EU
täytäntöönpanon alalla

Sähkömagneettiset kentät

Osa 2: Tapauselostuksia

Euroopan komissio
Työllisyys-, sosiaali- ja
osallisuusasioiden pääosasto
Yksikkö B3

Käsikirjoitus on valmistunut marraskuussa 2014.

Euroopan komissio tai kukaan komission puolesta toimiva henkilö ei ole vastuussa siitä, mihin tähän julkaisuun sisältyviä tietoja mahdollisesti käytetään.

Julkaisun sisältämien linkkien toimivuus on tarkistettu käsikirjoitusvaiheessa.

© Kansikuva: © corbis

Muiden kuin Euroopan unionin tekijänoikeuksien suojattujen valokuvien käytön tai jäljentämisen osalta lupaa on pyydetty suoraan tekijänoikeuksien omistajilta.

Europe Direct -palvelu auttaa löytämään vastaukset
Euroopan unionia koskeviin kysymyksiin.

Maksuton palvelunumero (*):
00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Saat pyytämäsi tiedot maksutta. Myös useimmat puhelut ovat maksuttomia, joskin jotkin operaattorit, puhelinkioskit tai hotellit voivat veloittaa puhelusta maksun.

Lisätietoa Euroopan unionista on saatavilla internetissä (<http://europa.eu>).

Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2015

ISBN 978-92-79-45943-6

doi:10.2767/23044

© Euroopan unioni, 2015

Jäljentäminen on sallittua, kunhan lähde mainitaan.

SISÄLLYSLUETTELO

Tapauselostuksia	7
1. Toimisto	9
1.1 Työpaikka.....	9
1.2 Työn luonne.....	9
1.3 Arviointitapa.....	10
1.4 Arvioinnin tulokset.....	10
1.5 Riskinarviointi	10
1.6 Jo käytössä olevat varotoimet.....	11
1.7 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	11
2. Ydinmagneettinen resonanssispektrometria (Nmr).....	12
2.1 Työpaikka.....	12
2.2 Työn luonne.....	12
2.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	12
2.4 Altistumisen arviointitapa	13
2.5 Altistumisen arvioinnin tulokset.....	14
2.6 Riskinarviointi	14
2.7 Jo käytössä olevat varotoimet.....	15
2.8 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	16
3. Elektrolyysi.....	17
3.1 Työpaikka.....	17
3.2 Työn luonne.....	17
3.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	17
3.3.1 Elektrolyysilaitteiston kennohuone.....	17
3.3.2 Tasasuuntaajan kojekaappi	18
3.4 Miten laitteita käytetään?.....	20
3.5 Altistumisen arviointitapa	20
3.5.1 Elektrolyysilaitteiston kennohuone.....	21
3.5.2 Tasasuuntaajan kojekaappi	21
3.6 Altistumisen arvioinnin tulokset.....	22
3.6.1 Elektrolyysilaitteiston kennohuone.....	23
3.6.2 Tasasuuntaajan kojekaappi	27
3.7 Riskinarviointi	29
3.8 Jo käytössä olevat varotoimet.....	31
3.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	31
3.10 Lisätiedon lähteitä.....	31
4. Sairaalaympäristö	32
4.1 Työpaikka.....	32
4.2 Työn luonne.....	32
4.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	32
4.3.1 Sähkökirurgiset laitteet.....	32
4.3.2 Transkraniaalinen magneettistimulaatio	33
4.3.3 Lyhytaaltodiatermia.....	34

4.4	Miten laitteita käytetään?	34
4.4.1	Sähkökirurgiset laitteet	34
4.4.2	Transkraniaalinen magneettistimulaatio	34
4.4.3	Lyhytaaltodiatomia	35
4.5	Altistumisen arviointitapa	35
4.6	Altistumisen arvioinnin tulokset	36
4.6.1	Sähkökirurginen laite	36
4.6.2	TMS-laite	39
4.6.3	Lyhytaaltodiatomia	43
4.7	Riskinarviointi	43
4.7.1	Sähkökirurginen laite	43
4.7.2	TMS-laite	43
4.8	Jo käytössä olevat varotoimet	46
4.9	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet	46
4.9.1	Sähkökirurginen laite	46
4.9.2	TMS-laite	46
4.9.3	Lyhytaaltodiatomia	47
5.	Konepaja	48
5.1	Työpaikka	48
5.2	Työn luonne	48
5.3	Miten laitteita käytetään?	48
5.3.1	Magneettijauhhetarkastuslaite	48
5.3.2	Demagnetointilaite	49
5.3.3	Tasohiomakone	50
5.3.4	Muut konepajassa käytettävät työkalut	50
5.4	Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	51
5.5	Altistumisen arviointitapa	51
5.6	Altistumisen arvioinnin tulokset	51
5.6.1	Magneettijauhhetarkastuslaite	51
5.6.2	Demagnetointilaite	52
5.6.3	Tasohiomakone	54
5.6.4	Muut konepajassa käytettävät työkalut	54
5.7	Riskinarviointi	55
5.8	Jo käytössä olevat varotoimet	59
5.9	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet	59
5.10	Lisätiedon lähteitä	61
6.	Autoteollisuus	63
6.1	Työpaikka	63
6.2	Työn luonne	63
6.3	Miten laitteita käytetään?	63
6.4	Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	65
6.5	Altistumisen arviointitapa	67
6.6	Altistumisen arvioinnin tulokset	68
6.6.1	Korjaamon pistehitsauslaitteiden aiheuttaman altistumisen arvioinnin tulokset	69
6.6.2	Korjaamossa käytettyjä induktiokuumentimia koskevan altistumisen arvioinnin tulokset	71
6.7	Päätelmät altistumisen arvioinneista	72
6.8	Riskinarviointi	74
6.9	Jo käytössä olevat varotoimet	74
6.10	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet	75
6.11	Pistehitsauslaitteet autonvalmistuksessa	76
6.11.1	Tehtaan pistehitsauslaitteiden arviointi	76
6.11.2	Tehtaan pistehitsauslaitetta koskevat mittaustulokset	78

6.11.3	Tehtaan pistehitsauslaitteiden mittaustulokset toimenpidetasoihin nähden	80
6.11.4	Tehtaan pistehitsauslaitteiden mittaustulokset altistumisen raja-arvoihin nähden.....	80
7.	Hitsaus	83
7.1	Työpaikka.....	83
7.2	Työn luonne.....	83
7.3	Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	83
7.3.1	Pistehitsauslaitteet.....	83
7.3.2	Kiekkohitsauslaite	84
7.4	Miten laitteita käytetään?.....	85
7.5	Altistumisen arviointitapa	85
7.6	Altistumisen arvioinnin tulokset.....	86
7.6.1	Kiinteä pistehitsauslaite	86
7.6.2	Liikuteltava pistehitsauslaite.....	87
7.6.3	Kiekkohitsauslaite	89
7.7	Riskinarviointi	90
7.8	Jo käytössä olevat varotoimet.....	94
7.9	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	94
7.10	Lisätiedon lähteitä.....	95
7.10.1	Kiinteä pistehitsauslaite.....	95
7.10.2	Liikuteltava pistehitsauslaite.....	96
7.10.3	Kiekkohitsauslaite	96
8.	Metallinvalmistus.....	98
8.1	Työpaikka.....	98
8.2	Työn luonne.....	98
8.3	Tietoa sähkömagneettisia kenttiä tuottavista laitteista ja niiden käytöstä.....	98
8.3.1	Tuotantomäärältään pieni metalliseosten tuotantolaitos.....	98
8.3.2	Ferrotitaanin tuotantolaitos	99
8.3.3	Suuri sähköllä toimiva sulatto	99
8.3.4	Valokaariuunilaitos.....	100
8.3.5	Analyysipalveluja tuottava laboratorio.....	100
8.4	Altistumisen arviointitapa	101
8.4.1	Tuotantomäärältään pieni metalliseosten tuotantolaitos.....	101
8.4.2	Ferrotitaanin tuotantolaitos	101
8.4.3	Suuri sähköllä toimiva sulatto	101
8.4.4	Valokaariuunilaitos.....	102
8.4.5	Analyysipalveluja tuottava laboratorio.....	102
8.5	Altistumisen arvioinnin tulokset.....	102
8.5.1	Alustava altistumisen arviointi.....	102
8.5.2	Tarkempi altistumisen arviointi tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen induktiouunista.....	104
8.6	Riskinarviointi	106
8.7	Jo käytössä olevat varotoimet.....	108
8.8	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	108
8.9	Lisätiedon lähteitä.....	109
9.	Radiotaajuuksia (RF) hyödyntävät plasmalaitteet	112
9.1	Työn luonne.....	112
9.2	Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta	112
9.3	Miten laitteita käytetään?.....	113
9.4	Altistumisen arviointitapa	113
9.5	Altistumisen arvioinnin tulokset.....	115
9.6	Riskinarviointi.....	116

9.7	Jo käytössä olevat varotoimet.....	117
9.8	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	118
9.9	Lisätietoja.....	119
10.	Kattoantennit.....	120
10.1	Työpaikka.....	120
10.2	Työn luonne.....	120
10.3	Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta.....	121
10.4	Miten laitteita käytetään?.....	123
10.5	Altistumisen arviointitapa.....	123
10.6	Altistumisen arvioinnin tulokset.....	124
10.7	Riskinarviointi.....	125
10.8	Jo käytössä olevat varotoimet.....	126
10.9	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	127
11.	Kannettavat radiopuhelimet.....	128
11.1	Työpaikka.....	128
11.2	Työn luonne.....	128
11.3	Miten laitteita käytetään?.....	130
11.4	Altistumisen arviointitapa.....	130
11.5	Altistumisen arvioinnin tulokset.....	130
11.6	Riskinarviointi.....	130
11.7	Jo käytössä olevat varotoimet.....	131
11.8	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	131
12.	Lentoasemat.....	132
12.1	Työpaikka.....	132
12.2	Työn luonne.....	132
12.2.1	Tutka.....	132
12.2.2	Suuntaamaton radiomajakka.....	132
12.2.3	Etäisyydenmittauslaite.....	133
12.3	Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta.....	133
12.3.1	Tutka.....	133
12.3.2	Suuntaamaton radiomajakka.....	134
12.3.3	Etäisyydenmittauslaite.....	134
12.4	Miten laitteita käytetään?.....	134
12.5	Altistumisen arviointitapa.....	134
12.5.1	Tutka.....	134
12.5.2	Suuntaamaton radiomajakka.....	136
12.5.3	Etäisyydenmittauslaite.....	136
12.6	Altistumisen arvioinnin tulokset.....	136
12.6.1	Tutka.....	137
12.6.2	Suuntaamaton radiomajakka.....	137
12.6.3	Etäisyydenmittauslaite.....	138
12.7	Riskinarviointi.....	138
12.8	Jo käytössä olevat varotoimet.....	141
12.8.1	Tutka.....	141
12.8.2	Suuntaamaton radiomajakka.....	142
12.8.3	Etäisyydenmittauslaite.....	142
12.9	Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet.....	142
12.9.1	Tutka.....	142
12.9.2	Suuntaamaton radiomajakka.....	143
12.9.3	Etäisyydenmittauslaite.....	143

TAPAUSSELOSTUKSIA

Tämä tapausselostuskooste on sähkömagneettisia kenttiä koskevan direktiivin 2013/35/EU (EMF-direktiivi) täytäntöönpanoa koskevan ohjeellisen oppaan osa 2. Se tulee lukea yhdessä osassa 1 olevan oppaan päätekestin kanssa.

Seuraavat tapausselostukset on tehty monille eri toimialoille, joiden työntekijät työskentelevät pääasiassa pienissä tai keskisuurissa yrityksissä. Ne perustuvat todellisten tilanteiden todellisiin arviointeihin. Koska jotkin näistä arvioinneista ovat kuitenkin hyvin monimutkaisia, niitä on yksinkertaistettu tai tiivistetty, jotta niistä olisi lukijalle enemmän hyötyä ja jotta tästä osasta ei tulisi liian pitkä. Niiden tarkoituksena on kuvata kaikkia niitä käytännöllisiä toimintatapoja, joilla työnantajat voivat hallita sähkömagneettisille kentille altistumiseen liittyviä riskejä. Mukana on myös esimerkkejä hyvistä käytännöistä.

Jotkin tapausselostukset sisältävät käyräkuvia, joiden tarkoituksena on havainnollistaa (pohjapiirroksena) mitattuja (tai laskettuja) altistumisarvoja laitteen tiettyjen osien ympärillä.

Jotkin tapausselostukset sisältävät myös tietokonemallintamisen tulokset, jotka esitetään värillisinä jakaumakuvina suurimmasta syntyneestä sähkökentästä tai tietyistä energian vaimennusasteista 2 mm³:n vokseleina, joista ihmisiä koskeva malli muodostuu. Näiden kuvien tarkoituksena on pikemminkin näyttää, mihin kohtaan ihmisen kehoa kenttä absorboituu, kuin antaa tarkkoja tietoja näiden kenttien voimakkuudesta. Pientaajuuksia koskevissa kuvissa näytetään suurimmat syntyneet sähkömagneettiset kentät, ei siis 99. prosenttipisteen mukaisia sähkökenttiä (joita käytetään altistumisen raja-arvoihin (ELV) verrattaessa).

Tämä osa sisältää seuraavat tapausselostukset:

- 1 Toimisto**
- 2 Ydinmagneettinen resonanssispektrometria (NMR)**
- 3 Elektrolyysi**
- 4 Sairaalaympäristö**
- 5 Konepaja**
- 6 Autoteollisuus**
- 7 Hitsaus**
- 8 Metallurgiateollisuus**
- 9 Radiotaajuuksia (RF) hyödyntävät plasmalaitteet**
- 10 Kattoantennit**
- 11 Radiopuhelimet**
- 12 Lentokentät**

1. TOIMISTO

1.1 Työpaikka

Tämä tapauselostus koskee keskisuuren insinööritoimiston toimistotiloja. Toimistoissa on tyypilliset sähkökäyttöiset toimistolaitteet, jotka toimivat verkkovirralla. Tietokoneissa on sekä pöytäkoneita, jotka on liitetty paikallisverkkoon (LAN), että sylimikroja, jotka käyttävät langatonta verkkoa (WLAN) ja verkkopalvelinta. Työntekijöiden käytössä on myös pieni keittiö. Keittiön sähkölaitteet ovat vedenkeitin, jääkaappi ja mikroaaltouuni. Toimistossa on myös suurempi keskusverkkopalvelin, joka sijaitsee erillisessä huoneessa. Toimistotilat pidetään turvallisina käyttämällä radiotaajuustunnistuksella toimivaa kulunvalvontajärjestelmää, ja jokaisella toimiston työntekijällä on oma kulkutunniste. Toimistopäällikkö päätti tarkistaa toimiston riskinarvioinnin kuultuaan työtovereiltaan EMF-direktiivin täytäntöönpanoa koskevasta uudesta lainsäädännöstä.

1.2 Työn luonne

Työntekijät työskentelevät suuren osan työajastaan tietokoneella ja soittavat puheluita langattomiin puhelimiin (DECT) ja matkapuhelimiin. Työntekijät pääsevät toimistoihin, kun he asettavat kaulanauhassa roikkuvan kulkutunnistimen lähelle ovien RFID-lukkoja. Jotkin näistä sähkömagneettisten kenttien lähteistä näytetään kuvassa 1.1. Kaikki työntekijät voivat käyttää keittiötä kuumien juomien valmistamiseen ja aterioiden lämmittämiseen mikroaaltouunissa.

Kuva 1.1 Sähkömagneettisten kenttien lähteitä toimistossa



1.3 Arviointitapa

Toimistopäällikkö käveli ympäri toimistotiloja ja teki muistiinpanoja sähköllä toimivista laitteista, myös niistä, jotka tuottavat sähkömagneettisia kenttiä, ja keskusteli työntekijöiden kanssa sen varmistamiseksi, että kaikki laitteet oli otettu huomioon. Luettuaan hyvistä käytännöistä sähkömagneettisia kenttiä koskevan EMF-direktiivin täytäntöönpanon alalla laaditun ohjeellisen oppaan ensimmäisen luvun toimistopäällikkö käsitti, että riskit kannatti selvittää katsomalla, sisältyivätkö määritetyt laitteet oppaan osan 1 luvussa 3 olevaan taulukkoon 3.2. Jos laitteet eivät olisi taulukossa, lisäarviointi voisi olla tarpeen.

1.4 Arvioinnin tulokset

Toimistopäällikkö teki luettelon kaikista sähkölaitteista (taulukko 1.1) ja tarkasti, sisältyivätkö laitteet oppaan osan 1 luvussa 3 olevaan taulukkoon 3.2.

Taulukko 1.1 Luettelo toimistotiloissa olevista sähkölaitteista

Laite	Pieni riski työntekijöille (taulukko 3.2, luku 3)	Ne työntekijät on arvioitava, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite (AIMD) tai kehon ulkopuolella mukana kannettava lääkinällinen laite (taulukko 3.2, luku 3)	Huomautukset:
Tietokoneet	✓		
Verkkopalvelin, jossa katkeamattoman virransyötön mahdollistava laite (UPS) ja verkkokaapelointi	✓		UPS:n antoteho on sama kuin tavallisessa sähkönsyötössä
Sylimikrot (langaton verkko käytössä)		✓	
Langattomat puhelimet (DECT)		✓	
Verkkovirtakaapelointi	✓		
Matkapuhelimet		✓	
Kopiokone	✓		
Langattoman verkon keskittimet		✓	
Vedenkeitin	✓		
Jääkaappi	✓		
Mikroaaltouuni	✓		Uunia on huollettava hyvin
RFID-kulunvalvonta		✓	

1.5 Riskinarviointi

Arvioinnin tulokset osoittavat, että oppaan osan 1 luvussa 3 olevassa taulukossa 3.2 lueteltujen toimistolaitteiden käyttö ei ylitä EMF-direktiivin mukaisia oleellisia terveysvaikutusraja-arvoja. On kuitenkin mahdollista, että muut taulukossa 3.2 luetellut laitteet voivat aiheuttaa häiriötä työntekijöille asennettuihin aktiivisiin implantoituihin lääkinällisiin laitteisiin tai kehon ulkopuolella mukana kannettaviin lääkinällisiin laitteisiin. Toimiston yleiseen riskinarviointiin lisättiin EMF-direktiivin mukainen erityisriskien arviointi, joka on kuvattu taulukossa 1.2.

1.6 Jo käytössä olevat varotoimet

Mikroaaltouunin yleiskunnon määräaikaistarkastukset tehdään toimiston tavanomaisten turvallisuustarkastusten yhteydessä.

1.7 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Toimistopäällikkö toteuttaa muutamia yksinkertaisia toimenpiteitä:

- Kaikki erityyppiset laitteet on arvioitava EMF-direktiivin kannalta, jotta nähdään, muuttaako se riskinarvioinnin tulosta.
- Kun toimiston työntekijä ilmoittaa, että hänellä on erityinen riski aktiivisen implantoidun lääkinnällisen laitteen vuoksi, toimistopäällikkö käy hänen kanssaan läpi tiedot, jotka työntekijä on saanut hoidostaan vastaavalta lääketieteeltä ammattilaiselta.

Taulukko 1.2 Sähkömagneettista kenttää koskevat lisäykset toimiston yleiseen riskinarviointiin

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet	
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava			
			Todennäköisyys					
			Epätodennäköinen					
			Mahdollinen					
			Todennäköinen					
Sähkömagneettinen säteily mikroaaltouunista	Uunin yleiskunnon määräaikaistarkastukset (mukaan luettuina luukun tiivisteiden vauriot, ikkunan ristikko ja lukkojen toiminta)	Kaikki työntekijät	✓			✓	Pieni	Ei tarpeen
Sähkömagneettisesta säteilystä johtuva häiriö, joka kohdistuu aktiivisiin implantoi-tuihin lääkinnällisiin laitteisiin tai kehon ulkopuolella mukana kannettaviin lääkin-nällisiin laitteisiin	Ei mitään	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille	✓			✓	Pieni	On varmistettava, että työntekijöille, joilla on lääkinnällisiä sähkötoimisia laitteita tai kojeita, tehdään yksilöllinen riskinarviointi, kun he palaavat töihin, ja työpaikalla on määritettävä ja toteutettava lääketieteellisen asiantuntijan suosittelemat varotoimet. Kaikki uudet laitteet on arvioitava

2. YDINMAGNEETTINEN RESONANSSISPEKTROMETRIA (NMR)

2.1 Työpaikka

Ydinmagneettiset resonanssispektrometrit (NMR) voivat aiheuttaa vaaraa voimakkaiden staattisten magneettikenttien vuoksi. Näitä laitteita käytetään materiaalien ominaisuuksien tutkimisessa; esimerkiksi valmistavassa teollisuudessa niillä analysoidaan kemiallisia yhdisteitä. Tämä tapauselostus on tehty lääkeyhtiössä, jonka NMR-laitteet sijaitsevat spektroskopialaboratoriossa. Yhtiössä suunniteltiin uuden laitteen ostamista, ja turvallisuuspäällikkö halusi tarkistaa riskinarvioinnin ennen toimintasuunnitelman tekemistä.

2.2 Työn luonne

Analysoitavasta materiaalista laitetaan pieniä näytteitä joko yksitellen käsin tai automaattisesti erissä karuselliin, joka asetetaan NMR-laitteen pystysuoraan kanavaan (kuva 2.1).

Kuva 2.1 NMR-laite, jossa näytekaruselli ja latausalusta



2.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

Valmistellessaan tarkistusta turvallisuuspäällikkö keräsi yleistä tietoa NMR-laitteista ja totesi seuraavaa:

- Sähkömagneetti tuottaa voimakkaan staattisen (0 Hz) magneettikentän; magneettivuon tiheydet vaihtelevat välillä 0,5–20 T kunkin laitteen mukaan. Pienissä pöytälaitteissa käytetään harvinaisesta maametallista valmistettuja kestmagneetteja, kun taas

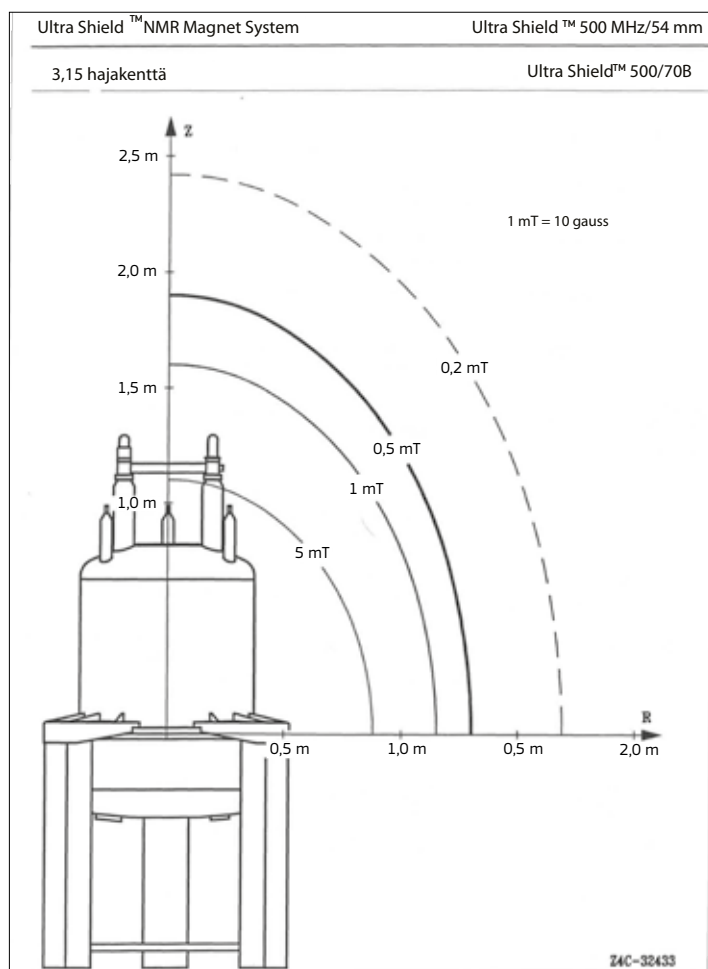
isommissa erillisissä laitteissa käytetään suprajohtavia magneetteja. Magneetti pysyy magneettisena pitkiä aikoja, mikä parantaa kentän vakautta, eikä kentän voimakkuutta ole käytännöllistä vähentää työntekijöiden lähestyessä laitetta.

- Valmistajat ovat vähitellen kehittäneet laitteidensa rakennetta siten, että ne sisältävät passiivisen ja aktiivisen suojauksen, joka vähentää työntekijöihin kohdistuvan staattisen magneettikentän voimakkuutta. Voi siis olla mahdollista pitää vaarallinen magneettikenttä miltei kokonaan kryostaatin rajoittimien sisällä. Vanhoissa tai vähemmän suojatuissa laitteissa vaarallinen magneettikenttä voi ulottua muutaman metrin työskentelyalueellekin.
- Nämä ulkoiset magneettikentät yleensä vääristyvät ja suuntautuvat rakennuksessa olevien teräsrakenteiden (esimerkiksi palkkien) mukaisesti.

2.4 Altistumisen arviointitapa

Turvallisuuspäällikkö tiesi, että uuden laitteen valmistajalta sai tietoa työntekijöihin kohdistuvan staattisen magneettikentän voimakkuudesta. Mikä tärkeämpää, valmistaja pystyi myös kuvaamaan, miten suuri vaara aiheutuu epäsuorista vaikutuksista, joita ovat esimerkiksi ferromagneettisista esineistä syntyvä sinkoutumisriski tai häiriö lääkinällisissä sähkölaitteissa ja -kojeissa. Hyvän käytännön mukaisesti valmistaja pystyi toimittamaan myös kuvan laitteen ympärillä olevasta staattisesta hajamagneettikentästä (kuva 2.2).

Kuva 2.2 NMR-laitteen ympärillä oleva staattinen hajamagneettikenttä



Turvallisuuspäällikkö tiesi, että staattisen magneettikentän voimakkuus laitteen ympärillä olisi mahdollista arvioida myös sopivalla magnetometrillä ja että olisi paljon helpompi saada luotettava tulos isotrooppisella (kolmiakselisella) anturilla kuin yksiakselisella anturilla. Tämä arviointitapa vaatisi kuitenkin aikaa ja rahaa, ja myös mittausten tekemiseen liittyvät vaarat olisi otettava huomioon, etenkin jos instrumentti olisi pinnoitettu metallilla. Arvioinnissa turvallisuuspäällikkö sulki pois mittausten tekemisen sillä perusteella, että valmistajalta saisi hyvin tietoa.

Lisäksi turvallisuuspäällikkö selvitti, millä työntekijäryhmillä olisi kulkuoikeus NMR-laboratorioon ja mitä tehtäviä ne todennäköisesti tekisivät. Hän totesi, että NMR-laitteiden valmistajien huoltoinsinööreille annetaan tilapäiset kulkuoikeudet ja että he työskentelevät alueilla, joilla kentän voimakkuus on suuri, esimerkiksi kryostaatin pohja spektrometriä säädettäessä. Turvallisuspäällikkö kuitenkin havaitsi, että hänen yhtiönsä vaatii insinöörejä toimittamaan riskinarvioinnin ja työhönsä liittyvät turvallisuusmenettelyt kirjallisesti ja että heidän odotetaan osoittavan pätevyytensä (esimerkiksi todistuksilla asianmukaisesta koulutuksesta ja käytännön kokemuksista) ennen huoltokäyntiä. Tällä perusteella päällikkö arvioi, että huoltotyöhön liittyvät riskit ovat pienet. Lisäksi hän totesi, että siivousurakoijia ei päästetä laboratorioon.

2.5 Altistumisen arvioinnin tulokset

NMR-laboratorion nykyisten laitteiden tarkastuksen perusteella turvallisuuspäällikkö tiesi, että vaaraetäisyys saattaa vaihdella tuntuvasti laitteen rakenteen ja varsinkin suojauksen mukaan: vanhemmissa suojaamattomissa laitteissa, joiden kentän voimakkuus on suuri, etäisyys voi olla useita metrejä, kun taas nykyaikaisissa hyvin suojatuissa laitteissa se voi olla käytännössä nolla metriä. Kentän voimakkuuden ei kuitenkaan odotettu ylittävän suoria vaikutuksia koskevia altistumisen raja-arvoja paikoissa, joihin yhtiön työntekijät pääsivät. Vaikka radiotaajuusvahvistimen antoteho oli varsin suuri, radiotaajuuskentän odotettiin pysyvän kokonaan laitteen sisässä, eivätkä työntekijät siis altistuisi sille.

Valmistajan toimittamien tietojen (kuva 2.2) perusteella turvallisuuspäällikkö havaitsi, että epäsuorien vaikutusten osalta toimenpidetasot todennäköisesti ylittyisivät 1,3 metrin matkalla kryostaatin ulkopinnasta.

2.6 Riskinarviointi

Turvallisuuspäällikkö tiesi, että NMR-laboratorion riskinarviointi oli jo arkistossa ja totesi, että siinä oli noudatettu OiRAn (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisen vuorovaikutteisen riskinarviointivälineen) mukaista menetelmää. Siinä arvioidaan kaikki laboratorion työntekijöihin kohdistuvat riskit, mukaan luettuina ne, jotka aiheutuvat

- korkealla työskentelystä näytteitä ladattaessa
- kryogeenisistä nesteistä ja suprajohtavien magneettien "vaimentamisesta"
- typen vuoksi tukahduttavasta ympäristöstä suljetuissa tiloissa kryostaatin alapuolella, esimerkiksi näytteenvaihtoaltaat
- ferromagneettisten esineiden (kuten työkalujen ja instrumenttien) sinkoutumisesta
- lääkinnällisiin elektroniikkalaitteisiin ja kojeisiin liittyvistä häiriöistä.

Tähän arviointiin perustuva uusi toimintasuunnitelma olisi siis helppo siirtää nykyiseen riskinarviointiin. Taulukossa 2.1 on esimerkki NMR-laboratorion sähkömagneettisia kenttiä koskevasta riskinarvioinnista.

2.7 Jo käytössä olevat varotoimet

Turvallisuuspäällikkö totesi, että NMR-laboratoriossa oli toteutettu joukko organisatorisia toimenpiteitä altistumisen ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi. Niistä ensimmäisiä oli ollut valita sellaisia NMR-laitteita, joissa oli huipputason passiivinen tai aktiivinen suojaus. Muita hyvän käytännön mukaisia toimenpiteitä olivat seuraavat:

- NMR-laitteiden sijoittaminen niille tarkoitettuun laboratorioon, jossa oli numeronäppäimillä toimiva fyysinen kulunvalvonta
- direktiivin 92/58/ETY mukaisten varoitus- ja kieltokylttien kiinnittäminen laboratorion etuoveen (kuva 2.3). Tähän sisältyy myös lääkinnällisiä elektronisia laitteita käyttäviä ihmisiä koskeva varoitus.
- ferromagneettisten työkalujen ja muiden esineiden laboratorioon kulkeutumisen estäminen
- NMR-laitteiden eristäminen laboratorion muista laitteista ja työasemista
- estekeijun asentaminen ja lattiamerkintöjen tekeminen 0,5 mT:n kohdalle kulunvalvontaa varten (kuva 2.4)
- laboratorion työntekijöiden tiedottaminen, opastaminen ja kouluttaminen sekä sen varmistaminen, että valvonta on asianmukaista
- kirjallisen turvallisuusdokumentaation ja pätevyyden osoittavan todistuksen pyytäminen huoltoinsinööreiltä ennen huoltokäyntiä.

Kuva 2.3 Varoitus- ja kieltokyltit NMR-laboratorion etuovessa.



Kuva 2.4 Eristetyn alueen merkitseminen estekeijulla ja lattiamerkinnät



Taulukko 2.1 NMR-laboratorion sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava		
			Todennäköisyys				
			Epätodennäköinen	Mahdollinen	Todennäköinen		
Staatista magneettikentästä johtuvat suorat vaikutukset	Erikoislaboratorio, jossa fyysinen kulunvalvonta	Laboratorio-työntekijät	✓		✓	Pieni	
Varoitus- ja kieltokyltit							
Tiedottaminen, opastus ja koulutus							Kertauskoulutus Artikkeli turvallisuustiedotteeseen
	Pyydetään kirjallinen turvallisuusdokumentaatio ja pätevyyden osoittaminen	Huoltoinsinöörit	✓		✓	Pieni	
	Siivoojia ei päästetä alueelle	Siivoojat	✓		✓	Pieni	Varmistetaan, että siivoojat tietävät asiasta
Staatista magneettikentästä johtuvat epäsuorat vaikutukset (lääkinnällisiin implantteihin kohdistuvat häiriöt, sinkoutumisriski)	Ferromagneettisten esineiden kulkeutumisen estäminen	Kaikki yllä mainitut		✓	✓	Pieni	Varmistetaan, että huolto-työntekijät tietävät asiasta
	Katso edellä	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille		✓	✓	Pieni	Katso edellä
Radiotaajuuskenttä	Pysyy kokonaan laitteen sisässä, ei altistumisen mahdollisuutta	Kaikki yllä mainitut	✓		✓	Pieni	Ei mitään

2.8 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Turvallisuuspäällikkö oli kaiken kaikkiaan tyytyväinen riskinarvioinnin tarkistuksen sisältöön ja uuteen laitteeseen liittyvien vaarojen arviointiin. Organisatorisia toimenpiteitä pidettiin riittävinä, vaikka oli kulunut jo viisi vuotta siitä, kun työntekijöille oli järjestetty koulutusta NMR-laboratorioon liittyvistä vaaroista ja varoimista. Siksi turvallisuuspäällikkö laati toimintasuunnitelman, joka sisälsi seuraavat osat:

- Järjestetään laboratorion työntekijöille lyhyistä tietoisuista koostuva kertauskoulutus; etusijalla ovat hiljattain palkatut työntekijät.
- Varmistetaan, että työntekijät tietävät vaaroista, etenkin "lentävistä ferromagneettisista työkaluista".
- Vahvistetaan, että siivousurakoijat tietävät, etteivät he saa mennä laboratorioon.
- Kirjoitetaan artikkeli laboratorioon liittyvistä vaaroista yhtiön seuraavaan turvallisuustiedotteeseen.

3. ELEKTROLYYSI

Tässä tapausselostuksessa sähkömagneettisen kentän lähteitä ovat seuraavat:

- elektrolyysilaitteistot
- tyristoritasasuuntaajat
- virtakiskot
- muuntajat.

3.1 Työpaikka

Laitteisto asennettiin suureen kloorintuotantolaitokseen. Riskinarvioinnin kannalta oleelliset työpaikat ovat

- elektrolyysilaitteiston kennohuone
- tasasuuntaajan kojekaapit.

3.2 Työn luonne

Suurimman osan laitteistoon kohdistuvista töistä tekivät pätevät ja kokeneet insinöörit, joita voidaan pyytää työskentelemään millä tahansa kloorintuotantolaitokseen liittyvällä laitteistolla. Tähän voi kuulua myös elektrolyysilaitteiston alasajaminen ja huoltaminen määräajoin samalla, kun viereiset elektrolyysilaitteistot ovat jännitteisiä.

Laitos oli melko uusi, ja sähkömagneettisiin kenttiin liittyvät turvallisuusnäkökohdat oli otettu huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Näin ollen tämä tapausselostus on esimerkki hyvästä käytännöstä ja siinä korostetaan, miten tärkeää on ottaa huomioon sähkömagneettisille kentille altistuminen jo suuren hankkeen suunnitteluvaiheessa.

3.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

3.3.1 Elektrolyysilaitteiston kennohuone

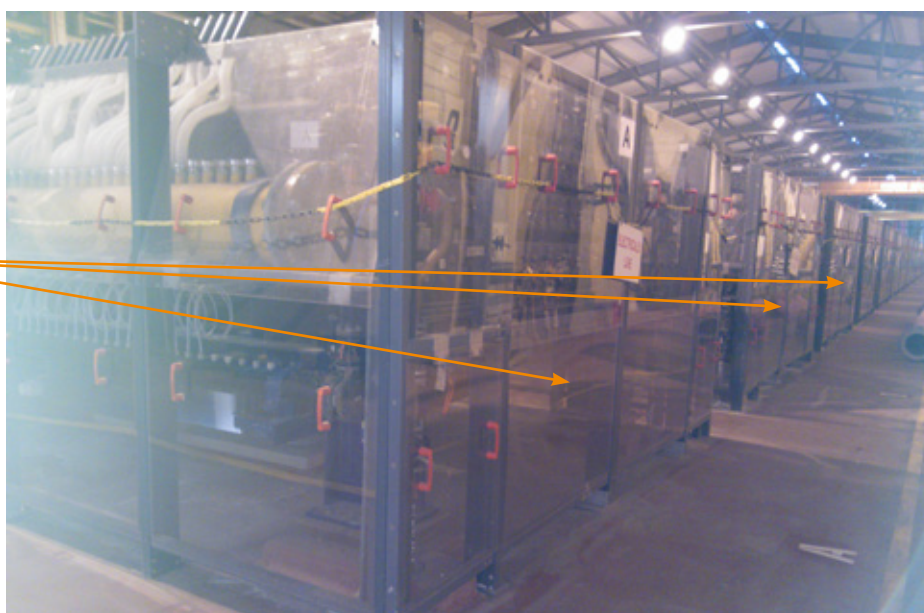
Elektrolyysilaitteiston kennohuoneessa oli 20 elektrolyysilaitteistoa, jotka tuottavat klooria johtamalla sähkövirtaa liuokseen kalvoelektrolyysimenetelmällä. Jokaiseen elektrolyysilaitteistoon johdettiin 450 V:n tasavirtaa (16,5 kA). Elektrolyysilaitteistojen ympärille oli asennettu pleksilasit, jotta jännitteisiin johtimiin ei päässyt käsiksi.

Suojuksineen kukin elektrolyysilaitteisto oli 17,2 m pitkä ja 4,4 m leveä ja koostui 138 kennosta, jotka oli jaettu kahteen 69 kennoa sisältävään sarjaan kytkettyyn osaan. Elektrolyysilaitteistojen välinen etäisyys oli noin 1,1 m. Niiden sijainti näkyy kuvasta 3.1.

Suunnitteluvaiheessa oli toteutettu teoreettinen mallinnusarviointi, joka perustui laitteiston sähköä johtavien osien ympärillä olevia magneettikenttiä koskeviin laskelmiin. Tällä haluttiin varmistaa, että sähkömagneettisille kentille altistuminen olisi mahdollisimman vähäistä.

Kuva 3.1 Elektrolyysilaitteistot kennohuoneessa

**Yksittäinen
elektrolyysilaitteisto
pitkittäissuunnassa**



**Useita
elektrolyysilaitteistoja**

3.3.2 Tasasuuntaajan kojekaappi

Jokaisessa kojekaapissa (kuva 3.2) oli tyristoritasasuuntaaja, joka antoi tasavirtaa kahteen elektrolyysilaitteistoon. Laitteistoihin virtaa syöttävät virtakiskot olivat pään päällä noin 4,2 metrin korkeudella lattiatasosta. Kaapit oli suojattu siten, ettei niihin päässyt käsiksi rakennuksen ulkopuolelta, ja kunkin kojekaapin ovi oli lukossa, ja ovesa oli varoituskylltti (kuva 3.3). Kojekaappeja ei yleensä saa avata, kun elektrolyysilaitteistot ovat toiminnassa.

Muuntajat, jotka syöttävät virtaa kennohuoneeseen, sijaitsivat tasasuuntaajan kojekaappien ulkopuolella seinän toisella puolella tasasuuntaajiin nähden. Myös muuntajakaapit oli suojattu siten, ettei niihin päässyt käsiksi (kuva 3.4).

Kuva 3.2 Tasasuuntaajan kojekaappi



Pään yllä kulkevat
virtakiskot

Tyristoritasasuuntaaja

Kuva 3.3 Tasasuuntaajan kojekaappia koskevat kulkurajoitukset



Tasasuuntaajan
kojekaapin lukittu ovi

Kuva 3.4 Muuntajajokekaapit

3.4 Miten laitteita käytetään?

Kloorintuotantoprosessi on automatisoitu, ja sitä kauko-ohjataan läheisen rakennuksen valvomosta.

3.5 Altistumisen arviointitapa

Altistumismittaukset teki asiantuntijakonsultti erikoisvälineillä. Koska laitos oli suunniteltu sähkömagneettiset kentät huomioon ottaen ja koska suunnitteluun sisältyi teoreettinen mallinnusarviointi, joka perustui laitteiston sähköä johtavien osien ympärillä olevia magneettikenttiä koskeviin laskelmiin, mittausten tarkoituksena oli vahvistaa, että käytössä olevat suojaus- ja ehkäisytimet rajoittivat sähkömagneettisille kentille altistumista tehokkaasti.

Mittaukset tehtiin sekä staattisten magneettikenttien magneettivuon tiheydestä, koska elektrolyysilaitteistoihin syötettiin tasavirtaa, että ajallisesti vaihtelevasta magneettivuon tiheydestä, koska tasavirta tuotettiin tasasuuntaamalla vaihtovirran syöttö, joten elektrolyysilaitteistoon syötettävässä virrassa odotettiin olevan jonkin verran aaltoisuutta. Myös aaltoisuuden taajuus vahvistettiin altistumisen arvioinnissa.

Ennen mittauksia konsultti teki "aika ja liike" -tutkimuksen sen varmistamiseksi, että ne tehtiin paikoissa, jotka edustivat tavallisia työskentelypaikkoja. Mittaukset tehtiin, kun elektrolyysilaitteistot toimivat jatkuvalla kuormituksella.

Mittaustuloksia verrattiin staattisten magneettikenttien asianmukaisiin altistumisen raja-arvoihin ja toimenpidetasoihin suorien vaikutusten osalta sekä toimenpidetasoihin epäsuorien vaikutusten osalta (häiriöt aktiivisissa implantoiduissa lääkinnällisissä laitteissa sekä vetovoima- ja sinkoutumisriski voimakkaan kentän voimalähteiden katvealueilla).

Kun arvioidaan riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden altistumista, vertailukohtana olivat neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (ks. oppaan osan 1 liite E).

3.5.1 Elektrolyysilaitteiston kennohuone

Kahden elektrolyysilaitteiston välillä tehtiin mittaukset ajallisesti vaihtelevasta magneettivuon tiheydestä ja staattisesta magneettivuon tiheydestä (kuva 3.5). Mittauksista tehtiin kolme sarjaa:

- eri etäisyyksillä kahden elektrolyysilaitteiston välisen tilan laajuudelta
- eri etäisyyksillä laitteistojen välisen tilan keskikohdan koko pituudelta toisen elektrolyysilaitteiston päädyistä toiseen
- pystytasossa yhden elektrolyysilaitteiston viereltä.

Mittauksista saatiin kuva kennohuoneessa elektrolyysilaitteistojen välissä kävelevän työntekijän altistumisesta, ja tätä tilannetta pidetään pahin tapaus -altistumisskenaariona.

Kuva 3.5 Mittaukset meneillään kahden elektrolyysilaitteiston välillä

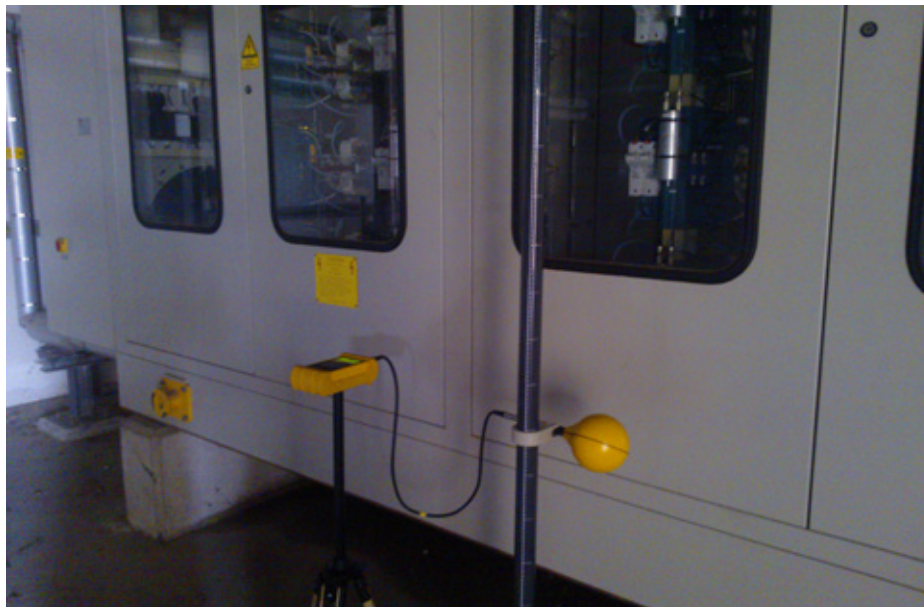


● Elektrolyysilaitteistot

● Mittauslaitteet

3.5.2 Tasasuuntaajan kojekaappi

Ajallisesti vaihtelevan magneettivuon tiheyden ja staattisen magneettivuon tiheyden mittaukset tehtiin tyristoritasasuuntaajan ympärillä (kuva 3.6), virtakiskojen alapuolella ja lähellä tasasuuntaajan ja muuntajan välistä seinää.

Kuva 3.6 Mittaukset meneillään tyristoritasasuuntaajan lähellä

3.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

Altistumismittausten tuloksia vertailtiin asianmukaisiin altistumisen raja-arvoihin ja toimenpidetasoihin. Elektrolyysin osalta tärkeät arvot, joihin mittaustuloksia on verrattava, ovat seuraavat:

- Staattiset magneettikentät:
 - staattisten magneettikenttien magneettivuon tiheydelle altistumisen raja-arvot (normaalit työskentelyolosuhteet)
 - staattisten magneettikenttien magneettivuon tiheyttä koskeva toimenpidetaso (häiriöt aktiivisissa implantoiduissa lääkinnällisissä laitteissa, kuten sydämentahdistimissa)
 - staattisten magneettikenttien magneettivuon tiheyttä koskeva toimenpidetaso (vetovoima- ja sinkoutumisriski voimakkaan kentän voimalähteiden katvealueilla).
- Ajallisesti vaihtelevat magneettikentät:
 - ajallisesti vaihtelevien magneettikenttien magneettivuon tiheyttä koskevat toimenpidetasot
 - ajallisesti vaihtelevien magneettikenttien osalta neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille).

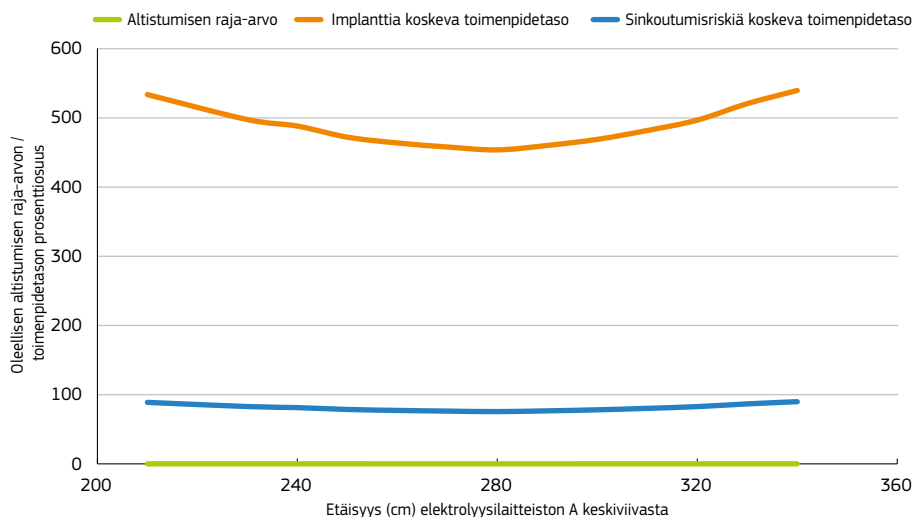
Altistumisen arvioinnin tärkeimmät tulokset sekä joitakin esimerkkejä teoreettisen mallinnusarvioinnin yhteydessä tuotetuista kaavioista on kuvissa 3.7–3.17.

On kuitenkin todettava, ettei altistumisen arvioinnin tuloksia voi verrata suoraan mallinnusarviointiin, koska se tehtiin ennen EMF-direktiivin julkistamista ja se perustui Kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komission (ICNIRP) työperäisen altistumisen viitearvoihin, jotka olivat tiukemmat kuin EMF-direktiivin mukaiset toimenpidetasot.

3.6.1 Elektrolyysilaitteiston kennohuone

Jäljempänä olevissa kaavioissa näytetään magneettivuon tiheyden vaihtelu edellä kuvattuihin sovellettaviin altistumisen raja-arvoihin ja toimenpidetasoihin nähden. Tasavirran syötön aaltoisuuden taajuudeksi vahvistettiin 300 Hz. Mittauslaitteet havaitsivat myös 600 Hz:n ja 900 Hz:n yliaaltoja, joskaan niiden vaikutus kokonaisaltistukseen ei ollut merkittävä tässä tapauksessa.

Kuva 3.7 Staattisen magneettivuon tiheyden vaihtelu kahden elektrolyysilaitteiston välisessä tilassa



Huom. Mittaukset tehtiin 120 cm:n korkeudella lattiatasosta.

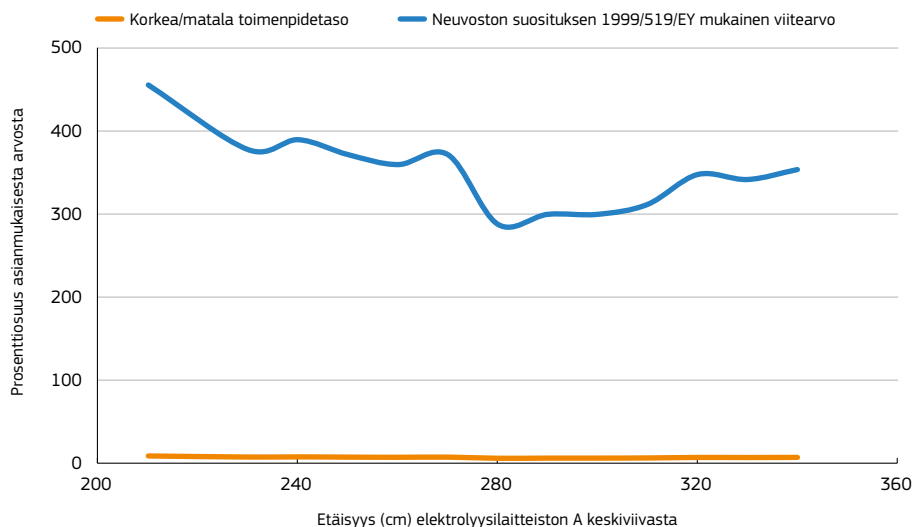
Altistumisen raja-arvo (normaalit työskentelyolosuhteet): 2 T

Implanttia koskeva toimenpidetaso: 0,5 mT

Sinkoutumisriskiä koskeva toimenpidetaso: 3 mT

Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 5\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina altistumisen raja-arvoista / toimenpidetasoista.

Kuva 3.8 Ajallisesti vaihtelevan 300 Hz:n magneettivuon tiheyden vaihtelu kahden elektrolyysilaitteiston välisessä tilassa



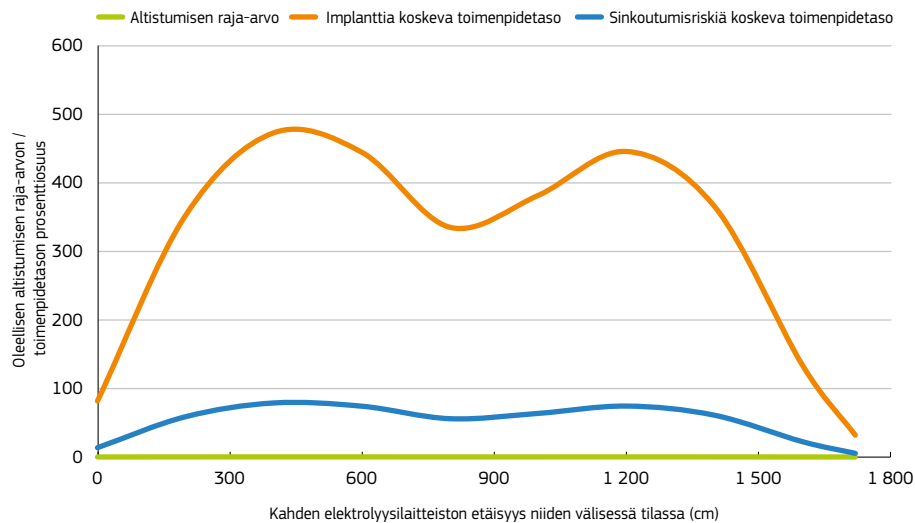
Huom. Mittaukset tehtiin 120 cm:n korkeudella lattiatasosta.

Korkeat ja matalat toimenpidetasot 300 Hz:n magneettikentälle: 1 000 μT

Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 300 Hz:n magneettikentälle 16,7 μT

Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista/viitearvoista.

Kuva 3.9 Staattisen magneettivuon tiheyden vaihtelu kahden elektrolyysilaitteiston välisen tilan pituudelta



Huom. Mittaukset tehtiin 120 cm:n korkeudella lattiatasosta.

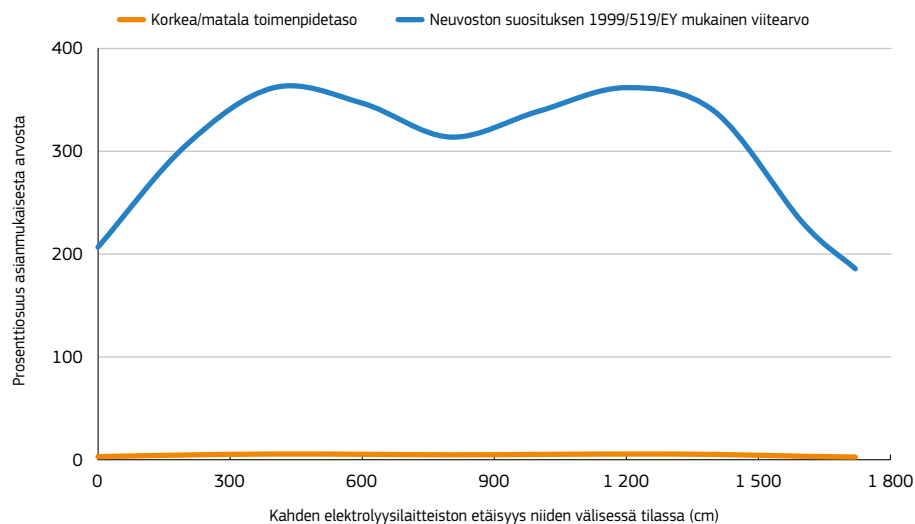
Altistumisen raja-arvo (normaalit työskentelyolosuhteet): 2 T

Implanttia koskeva toimenpidesäätö: 0,5 mT

Sinkoutumisriskiä koskeva toimenpidesäätö: 3 mT

Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 5\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina altistumisen raja-arvoista / toimenpidesäätöistä.

Kuva 3.10 Ajallisesti vaihtelevan 300 Hz:n magneettivuon tiheyden vaihtelu kahden elektrolyysilaitteiston välisen tilan pituudelta



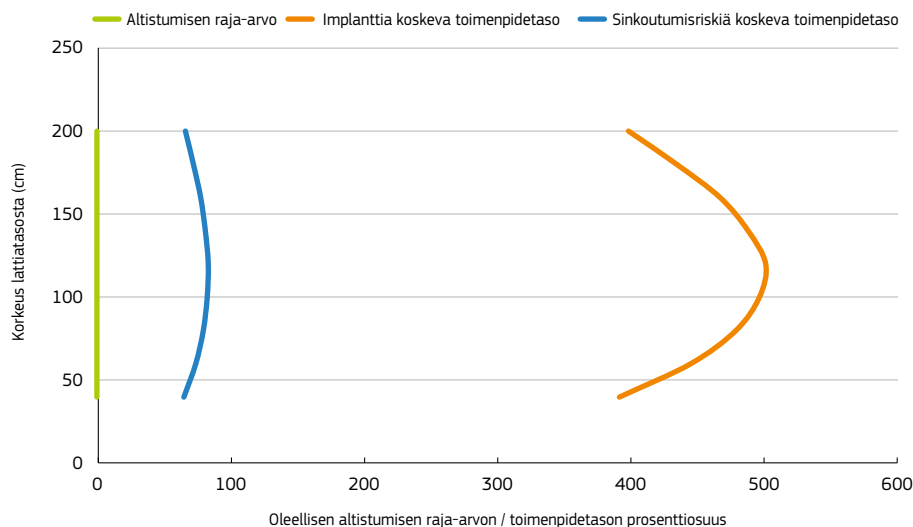
Huom. Mittaukset tehtiin 120 cm:n korkeudella lattiatasosta.

Korkeat ja matalat toimenpidesäätöt 300 Hz:n magneettikentälle: 1 000 μT

Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 300 Hz:n magneettikentälle 16,7 μT

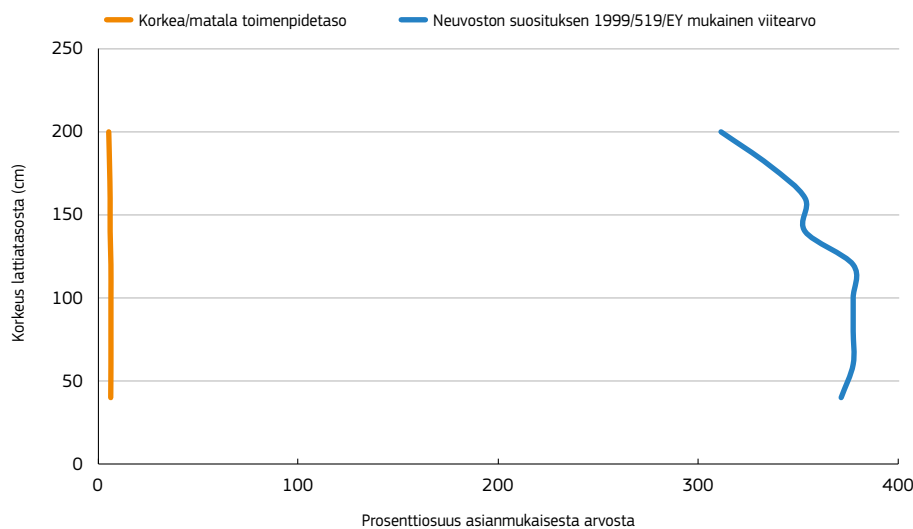
Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidesäätöistä/viitearvoista.

Kuva 3.11 Staattisen magneettivuon tiheyden vaihtelu yhden elektrolyysilaitteiston korkeudelta



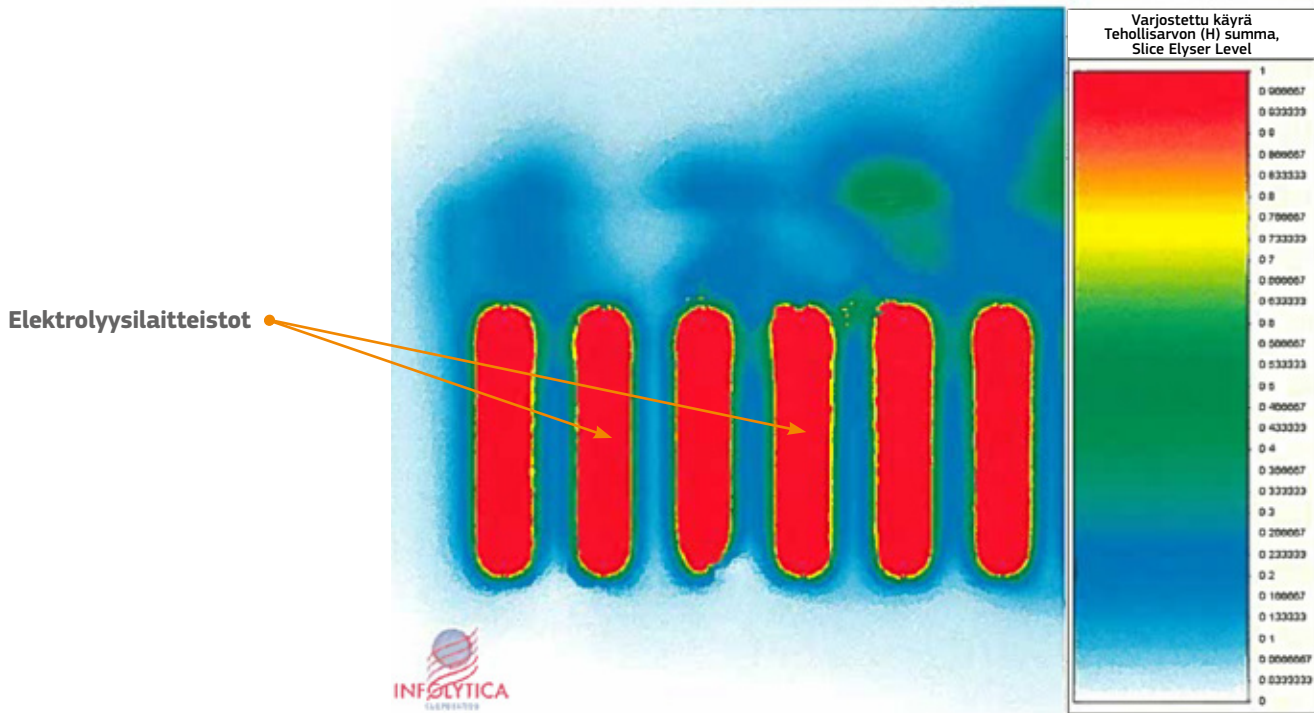
Huom. Mittaukset tehtiin 230 cm:n etäisyydellä toisen elektrolyysilaitteiston keskiviivasta
 Altistumisen raja-arvo (normaalit työskentelyolosuhteet): 2 T
 Implanttia koskeva toimenpidetaso: 0,5 mT
 Sinkoutumisriskiä koskeva toimenpidetaso: 3 mT
 Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 5\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina altistumisen raja-arvoista / toimenpidetasoista.

Kuva 3.12 Ajallisesti vaihtelevan 300 Hz:n magneettivuon tiheyden vaihtelu yhden elektrolyysilaitteiston korkeudelta



Huom. Mittaukset tehtiin 230 cm:n etäisyydellä toisen elektrolyysilaitteiston keskiviivasta
 Korkeat ja matalat toimenpidetasot 300 Hz:n magneettikentälle: 1 000 μT
 Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 300 Hz:n magneettikentälle 16,7 μT
 Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista/viitearvoista.

Kuva 3.13 Esimerkki elektrolyysilaitteiston kennohuonetta koskevasta teoreettisen mallinnusarvioinnin mukaisesta kaaviosta (pohjapiirros)



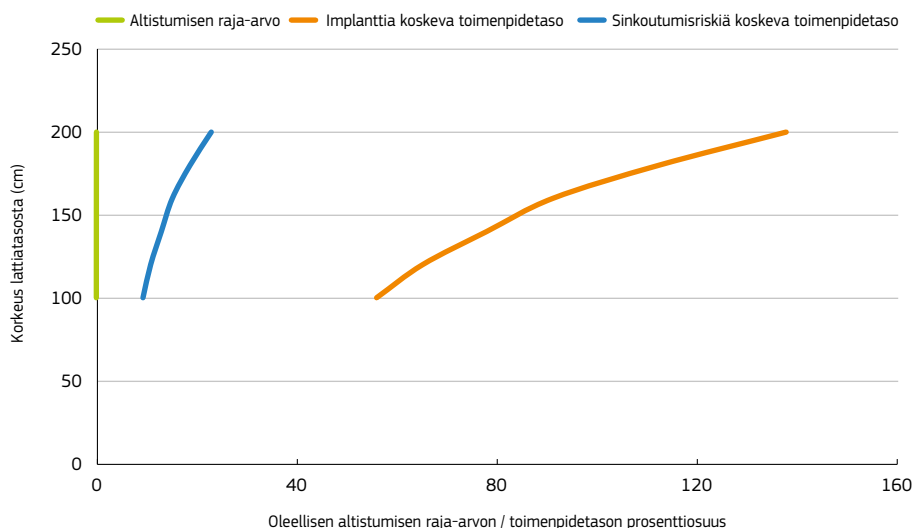
Yhtiö sai seuraavat tiedot elektrolyysilaitteiston kennohuoneessa tehdyn altistumisen arvioinnin tuloksista:

- Elektrolyysilaitteistojen magneettikentille altistuminen oli asianmukaisia altistumisen raja-arvoja ja suorien vaikutusten toimenpidetasoja vähäisempää
- Henkilöille, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite, voi aiheutua vaaraa kennohuoneen staattisista magneettikentistä
- Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot ylittyivät elektrolyysilaitteistojen pituudelta suhteessa ajallisesti vaihteleviin magneettikenttiin. On kuitenkin epätodennäköistä, että riskeille erityisen alttiit työntekijät oleskelsivat kennohuoneessa.

3.6.2 Tasasuuntaajan kojekaappi

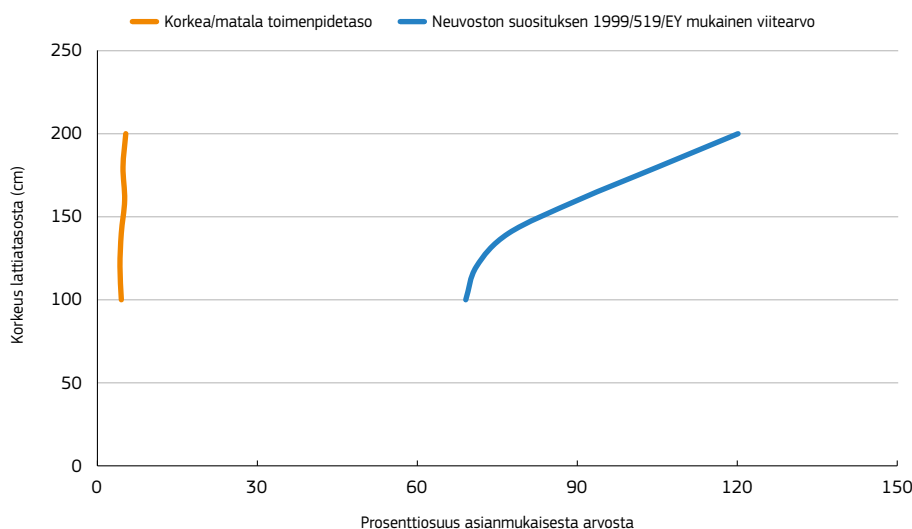
Jäljempänä olevissa kaavioissa näytetään magneettivuon tiheyden vaihtelu edellä kuvattuihin sovellettaviin altistumisen raja-arvoihin ja toimenpidetasoihin nähden. Tasavirran syötön aaltoisuuden taajuudeksi vahvistettiin 300 Hz, ja muuntajan ulkopuolella havaittiin myös 50 Hz:n kenttiä.

Kuva 3.14 Staattisen magneettivuon tiheyden vaihtelu virtakiskon DC-eristimen alapuolen korkeudella



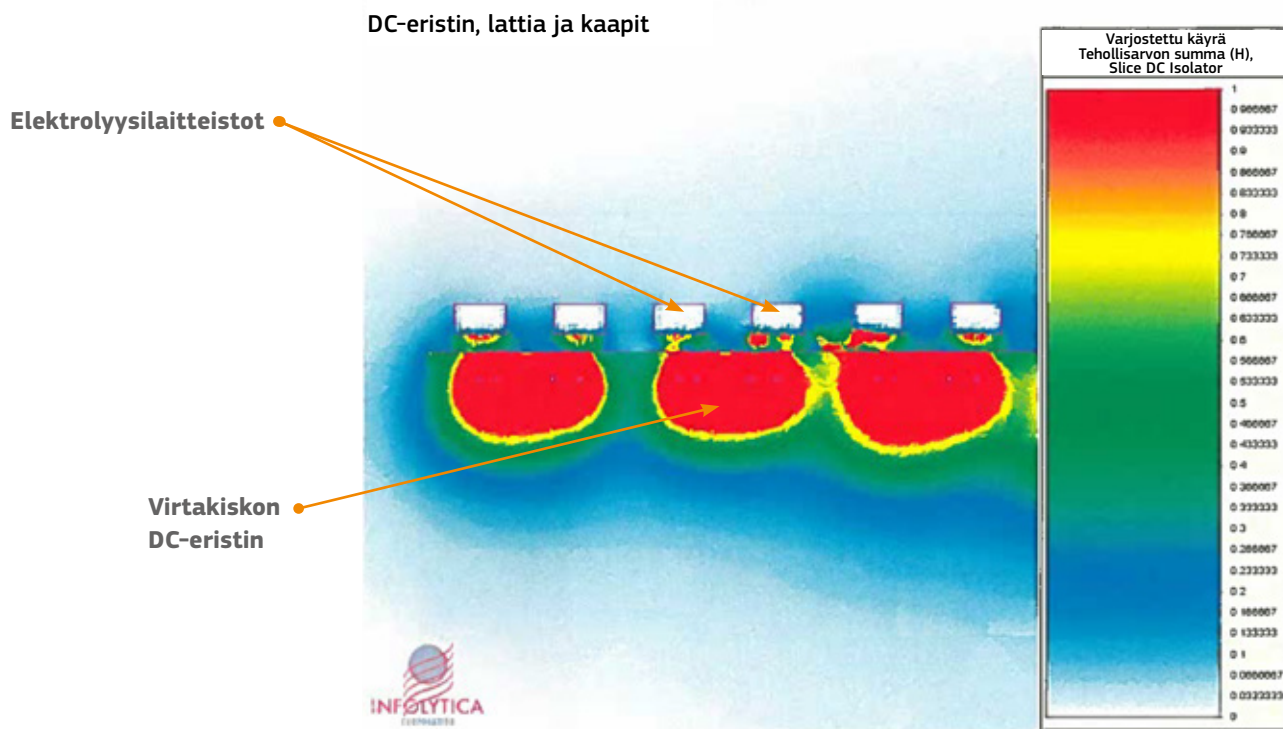
Huom. Virtakiskon DC-eristin oli noin 420 cm:n korkeudella maasta.
 Altistumisen raja-arvo (normaalit työskentelyolosuhteet): 2 T
 Implanttia koskeva toimenpidetaso: 0,5 mT
 Sinkoutumisriskiä koskeva toimenpidetaso: 3 mT
 Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 5\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina altistumisen raja-arvoista / toimenpidetasoista.

Kuva 3.15 Ajallisesti vaihtelevan 300 Hz:n magneettivuon tiheyden vaihtelu virtakiskon DC-eristimen alapuolen korkeudella

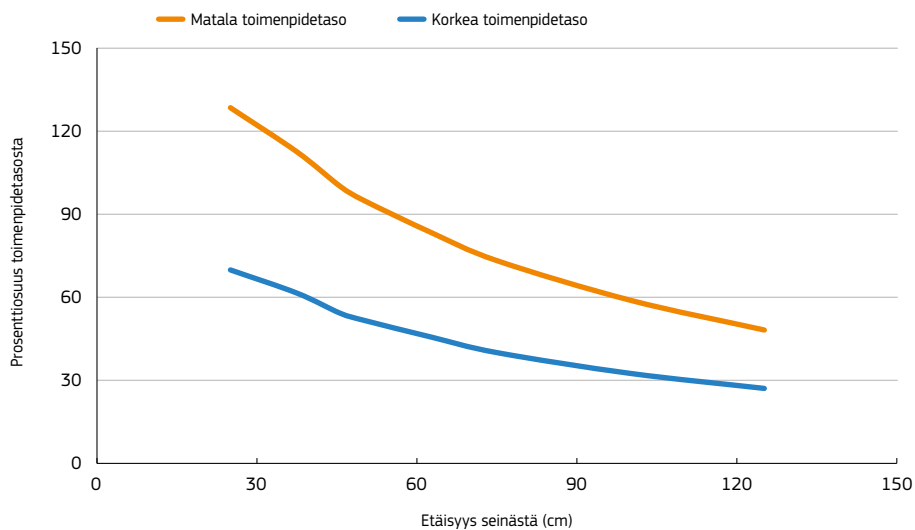


Huom. Virtakiskon DC-eristin oli noin 420 cm:n korkeudella maasta.
 Korkeat ja matalat toimenpidetasot 300 Hz:n magneettikentälle: 1 000 μ T
 Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 300 Hz:n magneettikentälle 16,7 μ T
 Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 5\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista/viitearvoista.

Kuva 3.16 Esimerkki teoreettisen mallinnusarvioinnin kaaviosta, joka koskee virtakiskon DC-eristimen ympärillä olevia alueita (poikkileikkaus)



Kuva 3.17 Ajallisesti vaihtelevan 50 Hz:n magneettivuon tiheyden vaihtelu tyristoritasasuuntaajan ja muuntajan välisen seinän etäisyydeltä



Huom. Mittaukset tehtiin 120 cm:n korkeudella lattiasta.

Matala toimenpidetaso 50 Hz:n magneettikentälle: 1 000 μT

Korkea toimenpidetaso 50 Hz:n magneettikentälle: 6 000 μT

Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista/viitearvoista.

Yhtiö sai seuraavat tiedot tasasuuntaajan kojekaapissa tehdyn altistumisen arvioinnin tuloksista:

- Altistuminen virtakiskojen ja tyristoritasasuuntaajien tuottamille magneettikentille oli vähäisempää kuin suoria vaikutuksia koskevat toimenpidetasot lattiatasolla.
- Altistuminen muuntajan tuottamille ajallisesti vaihteleville magneettikentille tasasuuntaajan takana olevan seinän toisella puolella oli suurempaa kuin ajallisesti vaihtelevaa magneettivuon tiheyttä koskeva matala toimenpidetaso 37 cm:n etäisyydellä tasasuuntaajan kojekaapin sisäpuolen seinän pinnasta.
- Altistuminen muuntajan tuottamille ajallisesti vaihteleville magneettikentille oli vähäisempää kuin ajallisesti vaihtelevaa magneettivuon tiheyttä koskeva korkea toimenpidetaso tasasuuntaajan kojekaapissa.
- Henkilöille, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite, voi aiheutua vaaraa staattisista magneettikentistä missä tahansa tasasuuntaajan kojekaappien kohdassa. Varoituskylttejä ja paikalla olevia turvallisuustietoja pidettiin kuitenkin riittävinä.
- Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot ylittyivät suhteessa ajallisesti vaihteleviin magneettikenttiin. On kuitenkin epätodennäköistä, että riskeille erityisen alttiit työntekijät oleskelsivat tasasuuntaajan kojekaapeissa.

3.7 Riskinarviointi

Konsultin toteuttaman altistumisen arvioinnin perusteella yhtiö teki kloorintuotantolaitoksen sähkömagneettisia kenttiä koskevan riskinarvioinnin. Se tehtiin OiRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisesti. Riskinarvioinnin päätelmät olivat seuraavat:

- Riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa elektrolyysilaitteistojen läheisyydessä.
- Työntekijöille, myös niille, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, voi aiheutua vaaraa tasasuuntaajan kojekaapeissa magneettikentille altistumisen vuoksi.

Taulukossa 3.1 on esimerkki kloorintuotantolaitoksen sähkömagneettisia kenttiä koskevasta riskinarvioinnista.

Taulukko 3.1: Kloorintuotantolaitoksen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet	
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava			Todennäköisyys
Magneettikentästä johtuvat suorat vaikutukset	Kloorintuotantolaitoksen huolellinen suunnittelu magneettikenttien voimakkuuden minimoimiseksi	Insinöörit	✓			✓	Pieni	Ei tarpeen
	Tasasuuntaajan kojekaappeja koskevat kulkurajoitukset	Riskeille erityisen alttiit työntekijät (myös raskaana olevat työntekijät)	✓		✓		Pieni	
	Asianmukaiset varoituskyltit paikoillaan selvästi näkyvissä paikoissa							
	Työntekijöiden koulutus							
Magneettikentän epäsuorat vaikutukset (lääkinnällisiin implantteihin kohdistuvat häiriöt)	Kloorintuotantolaitoksen pääsyn esto selvaisilta työntekijöiltä, joilla on lääkinällinen implantti	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille	✓		✓		Pieni	Ei tarpeen
	Asianmukaiset varoituskyltit paikoillaan selvästi näkyvissä paikoissa							
	Työntekijöiden koulutus							

3.8 Jo käytössä olevat varotoimet

Sähkömagneettisia kenttiä koskeva turvallisuus oli tärkeä prioriteetti jo laitoksen suunnittelun varhaisissa vaiheissa, joten käytössä oli jo monenlaisia suojaus- ja ehkäisytöimenpiteitä, esimerkiksi seuraavat:

- Niiden ajallisesti vaihtelevien magneettikenttien voimakkuus, joita elektrolyysilaitteistoihin syötettävän tasavirran aaltoisuus aiheuttaa, minimoitiin esimerkiksi käyttämällä 12-pulssisia tasasuuntaajia kuusipulssisten suuntaajien sijasta.
- Laitos oli tarpeeksi iso, jotta voimakkaat magneettikentät voitiin eristää työntekijöistä helposti.
- Laitoksen ympärillä oli selvästi näkyvillä asianmukaisia kylttejä, joissa varoitettiin voimakkaista magneettikentistä.
- Työntekijöille oli tiedotettu mahdollisesta sähkömagneettisille kentille altistumisesta, ja heitä oli kehoitettu ilmoittamaan työnantajalle, jos heillä oli lääkinnällinen implantti.

3.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Altistumisen arviointi vahvisti, että laitos oli suunniteltu hyvin sähkömagneettisille kentille altistumisen kannalta, joten altistumisen arvioinnin perusteella muut varotoimet eivät olleet tarpeen.

3.10 Lisätiedon lähteitä

Euro Chlor -liiton julkaisu – *Electromagnetic Fields in the Chlorine Electrolysis Units. Health Effects, Recommended Limits, Measurement Methods and Possible Prevention Actions.* 2014.

4. SAIRAALAYMPÄRISTÖ

4.1 Työpaikka

Sairaalfysiikan osastoa pyydettiin arvioimaan, miten EMF-direktiivin täytäntöönpano voisi vaikuttaa sairaalassa tehtävään työhön.

4.2 Työn luonne

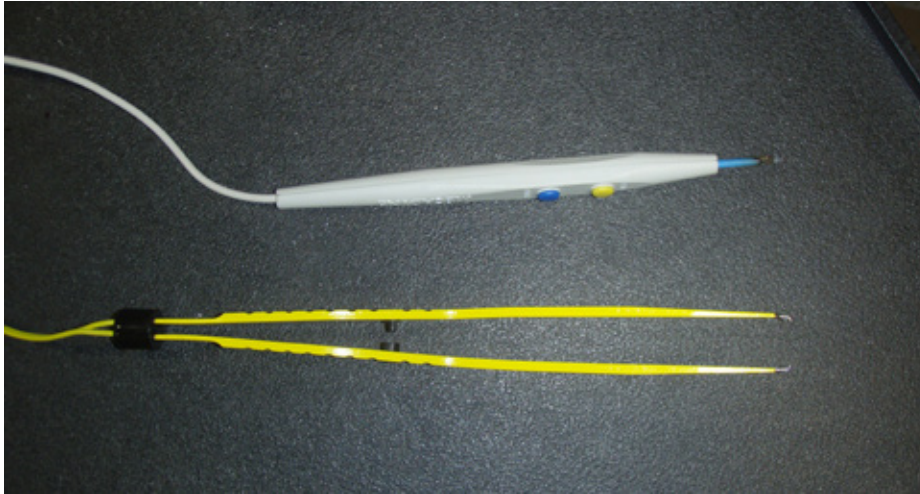
Potilaiden hoidossa, valvonnassa ja diagnosoinnissa käytetään hyvin paljon sähkölaitteita. Sairaalfysiikoiden työryhmä aloitti arviointinsa määrittämällä ne laitteet, jotka mahdollisesti voivat tuottaa voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. He tarkastivat sairaalan laiteluettelon ja määrittivät kolme ryhmää laitteita, joiden tiedetään tuottavan voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. Nämä ryhmät olivat sähkökirurgiset laitteet, transkraniaaliset magneettistimulaatiolaitteet (TMS-laitteet) ja lyhytaaltodiatermialaitteet. Arvioinnin aikaan sairaalassa ei käytetty lyhytaaltodiatermialaitteita, mutta ne sisällytettiin kuitenkin arviointiin. Työryhmä halusi selvittää myös, voivatko sähkömagneettiset häiriöt vaikuttaa herkkiin potilasvalvontalaitteisiin, etenkin sellaisiin, joita saatetaan käyttää voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä tuottavien laitteiden lähellä. Työryhmä havaitsi, että sähkömagneettisille häiriöille kaikkein herkimmät laitteet ovat herkkiä terveydenhuollon laitteita, joita käytetään sähkökirurgisissa toimenpiteissä (esimerkiksi tuulettimia ja EKG-laitteita).

4.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

4.3.1 Sähkökirurgiset laitteet

Sähkökirurgisia laitteita käytetään sairaalassa kudosten leikkaamiseen ja/tai koaguloimiseen, ja niitä käytetään hyvin monissa kirurgisissa toimenpiteissä. Ne toimivat kohdistamalla käsiteltävään kudokseen suurjännitteistä sähkövirtaa. Tällaiset laitteet toimivat yleensä välitaajuusalueella, joka on noin 300 kHz–1 MHz, ja niiden teho on 50–300 W. Sähkökirurgisessa laitteessa on aktiivinen elektrodi, generaattori, kaapelit, jotka liittävät generaattorin aktiiviseen elektrodiin, ja paluuelektrodi tai maadoitettu levy, joka on asennettu potilaan kehoon (kuva 4.1). Aktiiviseen elektrodiin (sähkökirurgia-anturiin) syötetään virtaa kaapeleista, jotka voivat olla suojaamattomia. Virta kulkee potilaan kudoksen läpi ja palautuu sähkökirurgiseen laitteeseen paluuelektrodin kautta.

Kuva 4.1 Aktiivinen ja paluuelektrodi sekä niiden kaapelit



4.3.2 Transkraniaalinen magneettistimulaatio

Transkraniaalinen magneettistimulaatiolaitte (TMS-laite) tuottaa tarkoituksellisesti sykäyksiä sähkömagneettisista kentistä, jotta [aivoihin](#) voidaan johtaa virtaa. Sitä voidaan käyttää moniin tarkoituksiin (esimerkiksi aivosairausten tai -vamman diagnosoinnissa, masennuksen hoidossa ja viime aikoina myös migreenipäänsäryn hoidossa). Tyypillisissä TMS-laitteissa on pääyksikkö, joka tuottaa voimavirtasykäyksen, ja kädessä pidettävän stimulaatiokela (kuva 4.2). Kaupallisesti saatavissa laitteissa energia varastoidaan isoihin suurjännitteisiin kondensaattoreihin. Nämä kondensaattorit purkautuvat kelaan käyttäen tyristoria, joka pystyy kytkemään suuria virtoja muutamassa sekunnissa. Sairaalassa käytetään kahta laajalti käytössä olevaa kelamallia, pyöreää kela ja kahdeksikon mallista kela (myös muunmallisia keloja on saatavana).

Kuva 4.2 Kahdeksikon mallinen TMS-kela



4.3.3 Lyhytaaltodiatermia

Lyhytaaltodiatermialaitteet lähettävät radiotaajuussäteilyä (RF-säteilyä), jonka taajuus on yleensä 27,1 MHz. Fysioterapeutit käyttävät näitä laitteita lihasten ja nivelten hoitoon. Laitteissa on kaksi toimintatapaa: kapasitiivinen, jossa potilas asetetaan kahden levyelektrodin väliseen RF-kenttään (kuva 4.3), ja induktiivinen, jossa sähkömagneettista kenttää hyödynnetään kelan kautta.

Kuva 4.3 Kapasitiivinen lyhytaaltodiatermia



4.4 Miten laitteita käytetään?

4.4.1 Sähkökirurgiset laitteet

Kirurgi pitää hoitoanturia yleensä ylävartalonsa lähellä toimenpiteen aikana. Kaapelit voivat sijaita leikkaussalin työntekijöiden lähellä ja etenkin kirurgin käden ja käsivarren lähellä.

4.4.2 Transkraniaalinen magneettistimulaatio

Kela asetetaan potilaan pään lähelle, ja laite tuottaa sähkömagneettisia sykäyksiä tai sykäyssarjoja virran johtamiseksi potilaan päähän. Anturi voidaan kiinnittää paikalleen tai lääkäri voi pitää sitä paikallaan (kuva 4.4).

Kuva 4.4 Pyöreä TMS-kela käytössä



4.4.3 Lyhytaaltodiatermia

Työryhmälle ilmoitettiin, ettei lyhytaaltodiatermialaite ollut sillä hetkellä käytössä sairaalassa, mutta fysioterapeutit olivat käyttäneet sitä aikaisemmin. He eivät tienneet aivan tarkkaan, mitä työskentelymenetelmiä tämän laitteen kanssa käytettiin, mutta he päättivät, että he tekisivät uuden arvioinnin, jos laite otettaisiin sairaalassa käyttöön taas myöhemmin.

4.5 Altistumisen arviointitapa

Sairaalfysiikkojen työryhmä tiesi, että kaikki kolme määritettyä terveydenhuollon laitetta tuottavat voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä. He eivät kuitenkaan tienneet, tuottavatko nämä laitteet niin voimakkaita kenttiä, että työntekijöiden altistumisen raja-arvot ylittyisivät. Sen vuoksi he päättivät, että tarkempi arviointi ja sähkömagneettisten kenttien mittaukset olivat tarpeen. Työryhmä valitsi kaksi laitetta mittauksiin: ConMed 5000 -sähkökirurgialaitteen ja 200 MAGSTIM TMS -laitteen. Lisäksi työryhmä päätti jättää lyhytaaltodiatermialaitteiden mittaukset tällä kertaa tekemättä.

Sairaalfysiikan osastolla on monenlaisia mittausantureita sähkömagneettisten kenttien tarkkailua varten. Työryhmä käytti mittauksissa isotrooppista (kolmiakselista) anturia. Kummallekin laitteelle tarvittiin erilaiset anturit, koska niiden tuottamien sähkömagneettisten kenttien taajuuskin oli erilainen.

4.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

4.6.1 Sähkökirurginen laite

ConMed 5000 -sähkökirurgialaitetta käytettiin yksinapaisessa tilassa. Tätä laitetta voidaan käyttää leikkaus- ja koaguloititilassa. Alustavissa mittauksissa kuitenkin havaittiin, että leikkaustilassa laite tuotti voimakkaampia magneettikenttiä kuin koaguloititilassa, joten suurin osa mittauksista tehtiin leikkaustilassa. Kentän taajuutta arvioitiin tekemällä mittaus ja näyttämällä aaltomuoto oskilloskoopissa, joka osoitti taajuuden olevan 391 kHz. Käytetty teho oli noin 200 W.

Sähkö- ja magneettikentät mitattiin toimenpide-elektrodikaapelin ja paluukaapelin ympäriltä. Kun mitattua kenttää verrataan toimenpidetasoihin, välitaajuuskentän vuoksi sovelletaan sekä muita kuin lämpövaikutuksia että lämpövaikutuksia koskevia toimenpidetasoja.

Taulukossa 4.1 esitetyt mittaustulokset osoittavat magneettikentän voimakkuuden lukuisilta horisontaalisilta etäisyyksiltä toimenpide-elektrodin kaapelin ympäriltä. Näistä tuloksista työryhmä ekstrapoloi magneettikentän yhden senttimetrin päähän kaapelista ja laski, että se on noin seitsemän prosenttia raajan toimenpidetasosta.

Laitteen ympärille syntyvän magneettikentän arviointi osoitti työryhmälle, että kirurgin tai muiden leikkaussalin työntekijöiden altistuminen ei ylitä EMF-direktiivin mukaisia toimenpidetasoja eikä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyjä viitearvoja.

Taulukko 4.1 Magneettikentän voimakkuus eri etäisyyksillä toimenpide-elektrodikaapelista prosenttiosuutena toimenpidetasoista ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyistä viitearvoista

Etäisyys kaapelista (cm)	Magneettikentän voimakkuus (Am^{-1})	Magneettivuon tiheys (μT)	Muut kuin lämpövaikutukset		Lämpövaikutukset	
			Prosenttiosuus korkeista/matalista toimenpidetasoista (%) ¹	Prosenttiosuus raajan toimenpidetasoista (%) ²	Toimenpidetason prosenttiosuus (%) ³	Prosenttiosuus neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyistä viitearvoista (%) ⁴
10	0,64	0,81	0,81	0,27	16	34
20	0,53	0,67	0,67	0,22	13	29
50	0,26	0,33	0,33	0,11	6,4	14
100	0,09	0,11	0,11	0,04	2,1	4,7
150	0,04	0,05	0,05	0,02	1,0	2,1

¹ Magneettivuon tiheys, korkea/matala toimenpidetaso, kun taajuus 391 kHz: 100 μT

² Magneettivuon tiheys, raajan toimenpidetaso, kun taajuus 391 kHz: 300 μT

³ Magneettivuon tiheys, toimenpidetaso, kun taajuus 391 kHz: 5,12 μT

⁴ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot magneettivuon tiheydelle, kun taajuus on 391 kHz: 2,35 μT

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 2,7$ dB, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin/viitearvoihin.

Sähkökenttä mitattiin alueelta, jolla toimenpide-elektrodikaapeli ja paluukaapeli kulkivat. Tässä yhteydessä havaittiin, että paluukaapelin tuottama sähkökenttä oli paljon voimakkaampi kuin toimenpide-elektrodikaapelin tuottama kenttä. Tämä tarkoittaa, että toimenpide-elektrodikaapeli on suojattu. Sähkökentän voimakkuus paluukaapelin etäisyyden funktiona on kuvattu tarkemmin taulukossa 4.2. Nämä mittaukset koskevat erilaisia horisontaalisia etäisyyksiä kaapelin puoliväliin saakka. Voimakkain mitattu kenttä (10 cm:n päässä kaapelista) on pienempi kuin toimenpidetasot. Tulokset kuitenkin osoittavat, että neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voisivat ylittyä noin 20 cm:n päässä tästä kaapelista.

Taulukko 4.2 Sähkökentän voimakkuus eri etäisyyksillä paluukaapelista prosenttiosuutena toimenpidetasoista ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyistä viitearvoista

Etäisyys kaapelista (cm)	Sähkökentän voimakkuus (Vm^{-1})	Muut kuin lämpövaikutukset		Lämpövaikutukset	
		Prosenttiosuus matalasta toimenpidetasosta (%) ¹	Prosenttiosuus korkeasta toimenpidetasoista (%) ²	Toimenpidetason prosenttiosuus (%) ³	Prosenttiosuus viitearvoista, jotka on esitetty neuvoston suosituksessa 1999/519/EY (%) ⁴
10	116	68,2	19,0	19,0	133
20	92,5	54,4	15,2	15,2	106
30	66,8	39,3	11,0	11,0	76,8
50	48,5	28,6	8,0	8,0	55,8
100	11,9	7,0	2,0	2,0	13,7
150	6,55	3,9	1,1	1,1	7,5

¹ Sähkökentän voimakkuus, matala toimenpidetaso, kun taajuudet ovat 3 kHz–10 MHz: $170 Vm^{-1}$

² Sähkökentän voimakkuus, korkea toimenpidetaso, kun taajuudet ovat 3 kHz–10 MHz: $610 Vm^{-1}$

³ Sähkökentän voimakkuus, korkea toimenpidetaso, kun taajuudet ovat 3 kHz–10 MHz: $610 Vm^{-1}$

⁴ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot sähkökentän voimakkuudelle, kun taajuudet ovat 150 kHz–1 MHz: $87 Vm^{-1}$

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 0,8$ dB, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin/viitearvoihin.

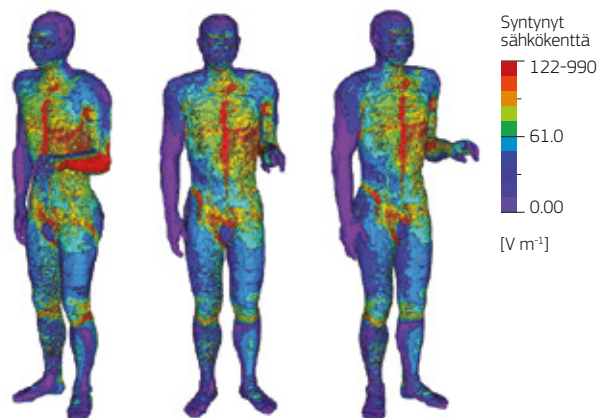
Kattavuuden vuoksi työryhmä käytti mallinnohjelmissään potilaan altistumisen ennustamiseen ja määrittä sen asetukset uudelleen kirurgin altistumisen mallintamiseen altistumisen raja-arvoja varten. Sekä syntyneet sähkökentät että SAR-arvot laskettiin sellaista altistumistilannetta varten, jossa sähkökirurginen laite on käytössä ja kaapelit kulkevat kirurgin käsivarren alitse 1 cm:n erotusetäisyydellä.

Syntynyt sähkökenttä laskettiin eri kudoksista (taulukko 4.3). Suurimmaksi arvoksi saatiin $628 mVm^{-1}$ (luussa). Tämä on 0,6 prosenttia terveysvaikutusraja-arvosta, joten työryhmä sai vahvistuksen sille, etteivät muita kuin lämpövaikutuksia koskevat altistumisen raja-arvot ylity kirurgilla. Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa on esitetty kuvassa 4.5. On tietysti mahdollista, että sähkökirurgialaitteen kaapelit voivat olla yhtä senttimetriä lähempänä kirurgia tai jopa kosketuksissa tähän. Työryhmä kuitenkin katsoi, että syntyneen sähkökentän pienet arvot tarkoittavat sitä, etteivät terveysvaikutusraja-arvot ylity tutkittavana olleen laitteen ympärillä.

Taulukko 4.3 Syntynyt sähkökenttä prosenttiosuutena terveysvaikutusraja-arvosta

Kudos	Syntynyt sähkökenttä (mVm ⁻¹) ¹	Prosenttia terveysvaikutusraja-arvosta
Luu	628	0,60 %
Rasva	493	0,47 %
Iho	461	0,44 %
Aivot	146	0,14 %
Selkäydin	275	0,26 %
Verkkokalvo	103	0,10 %

¹ Terveysvaikutusraja-arvot sisäisen sähkökentän voimakkuudelle, kun taajuudet ovat 3 kHz–10 MHz: 105 Vm⁻¹ (RMS)

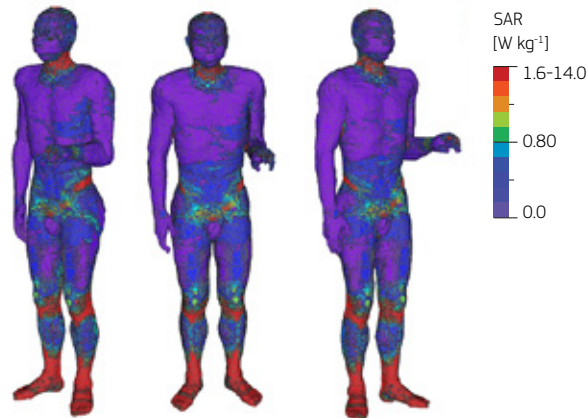
Kuva 4.5 Syntyneen sähkökentän jakautuminen ihmismallissa 391 kHz:n sähkökirurgiakaapelille altistumisen yhteydessä

Koko kehon ja paikalliset SAR-arvot laskettiin (taulukko 4.4), ja ne osoittavat, että altistumisen raja-arvot eivät ylity kirurgin työskentelykohdassa. SAR-jakauma ihmismallissa on esitetty kuvassa 4.6.

Taulukko 4.4 Suurimmat SAR-arvot tutkitusta altistumispaikasta ja vertailut altistumisen raja-arvoihin

Paikka	SAR (Wkg ⁻¹)	ELV (Wkg ⁻¹)	% ELVistä
Koko kehon keskimääräinen SAR	0,0338	0,4	8,4
Paikallinen huippu 10 g päässä ja vartalossa	0,780	10	7,8
Paikallinen huippu 10 g raajoissa	1,75	20	8,7

Kuva 4.6 Ominaisabsorptionopeuden (SAR) jakauma ihmismallissa sähkökirurgialaitteen tuottamalle 391 kHz:n kentälle altistumisen jälkeen



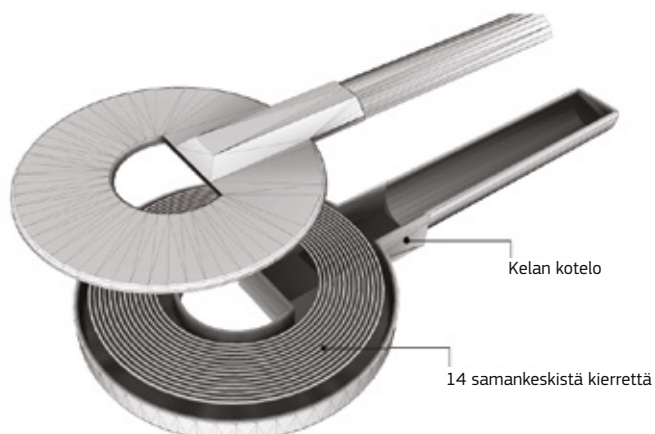
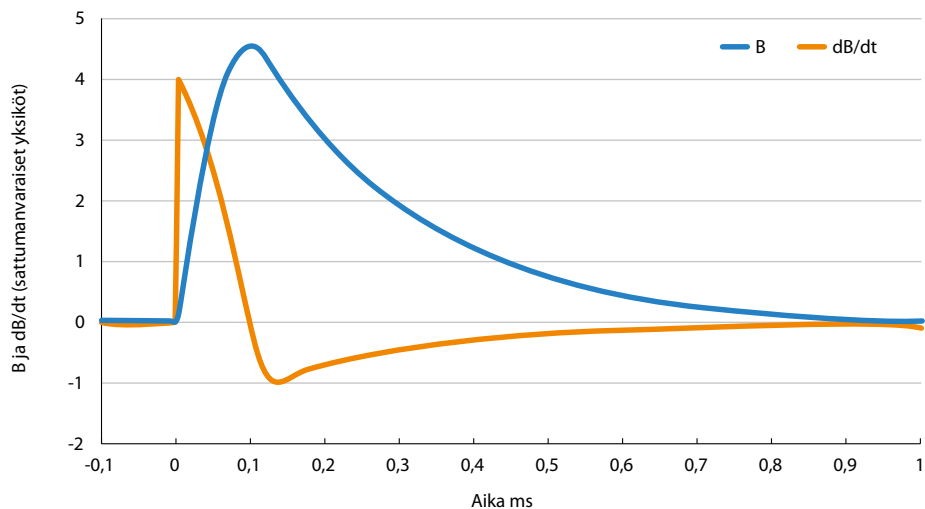
Arviointi vahvisti työryhmälle, että oli epätodennäköistä, että kirurgi tai muut sairaalan työntekijät altistuisivat altistumisen raja-arvoja voimakkaammille kentille. Työryhmä kuitenkin totesi, että potilas saattaa altistua neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaisia viitearvoja voimakkaammille kentille etenkin lähellä paluuelektrodin sijaintipaikkaa. Tätä ei kuitenkaan pidetty ongelmana, koska altistuminen olisi perusteltu osa leikkausta. Tämä on kuitenkin muistettava ottaa huomioon, jos potilaalla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite. Toinen mahdollinen tunnistettu riski oli leikkaussalissa oleviin herkkiin terveydenhuollon laitteisiin kohdistuva sähkömagneettinen häiriö. Työryhmä tiesi, että näin oli tapahtunut, kun toimenpideanturi oli asetettu kyseisten laitteiden lähelle.

4.6.2 TMS-laite

200 MAGSTIM -TMS-laitteessa on kaksi käsikappaletta, joista toinen on pyöreä kela ja toisessa on kaksi pyöreää kela, joista muodostuu kahdeksikko. Lääkäri asettaa generaattorin tehoksi tietyn prosentin sen enimmäistehosta. Laite voidaan asettaa tuottamaan yksittäisiä sykäyksiä tai sykäyssarjoja.

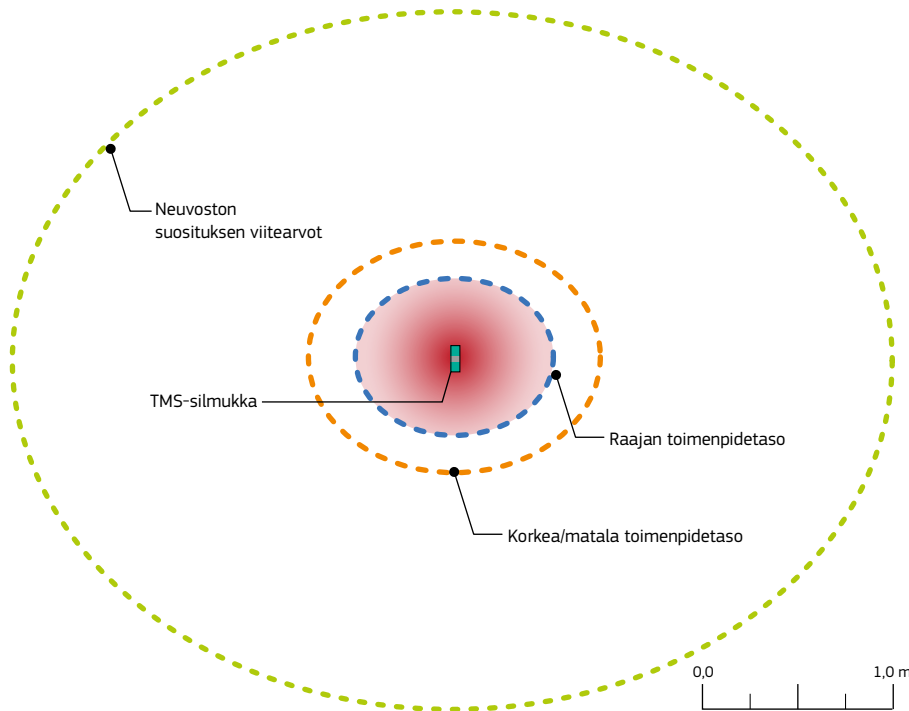
Alustavissa mittauksissa havaittiin, että pyöreä kela tuotti voimakkaimmat magneettikentät. Tämä kela (kuva 4.7) on muovikotelossa, ja kelan käämit on valmistettu kuparista, joka on valittu materiaaliksi sen vuoksi, että sen resistanssi on pieni ja lämmönjohtokyky hyvä. Kelassa on 14 samankeskistä käämiä, joiden halkaisija on 70–122 mm.

Työryhmä teki mittauksia käyttämällä pyöreää kela. Generaattorin tehoksi oli asetettu 100 prosenttia sen enimmäistehosta ja toimintatilaksi oli valittu yksittäinen sykäys. Valmistaja toimitti tietoja sykäyksen ominaispiirteistä (kuva 4.8).

Kuva 4.7 Pyöreä TMS-kela**Kuva 4.8 Yksittäissykäyksen ominaispiirteet valmistajan toimittamien tietojen mukaan**

Odotusten mukaisesti kentät olivat voimakkaimmat kelan edessä ja keskellä. Alueet, joilla toimenpidetasot sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot saattavat ylittyä, on esitetty kuvassa 4.9. Käyttäjän käden tyypillisen asennon kohdalla (kun käsikappaletta pidetään 11 cm kelan keskikohdan alapuolelta) magneettivuon tiheydeksi mitattiin 5 600 prosenttia raajan toimenpidetasosta.

Kuva 5.9 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen), korkeat/matalat toimenpidetasot (punainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä TMS-laitteen ympärillä.



Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ± 10 prosenttia, ja jaettava riski koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin/viitearvoihin edellä mainittujen etäisyyksien arvioinnissa.

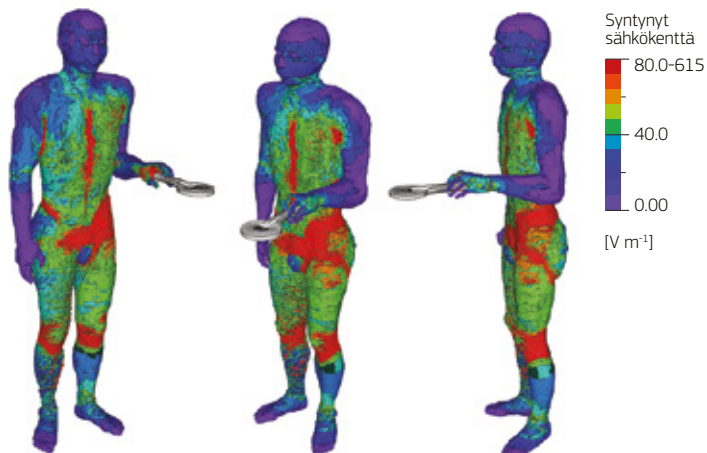
Työryhmä totesi, että lääkärin altistuminen erittäin todennäköisesti ylittäisi toimenpidetasot. Siksi työryhmä mallinsi lääkärin mahdollisen altistumisen vielä tietokoneella altistumisen raja-arvojen kannalta. Mallinnus tehtiin lääkärin kahdesta työskentelyasennosta: toisessa kela pidetään 30 cm:n etäisyydellä kehosta ja toisessa 15 cm:n etäisyydellä ylävartalosta. Mallinnus osoitti, että altistumisen raja-arvot saattaisivat ylittyä jopa 35 700-prosenttisesti (taulukko 4.5). Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa kummassakin paikassa on esitetty kuvassa 4.10 ja 4.11.

Taulukko 4.5 Syntyneen sähkökentän tietokonemallinnetut arvot ja vertailu altistumisen raja-arvoihin

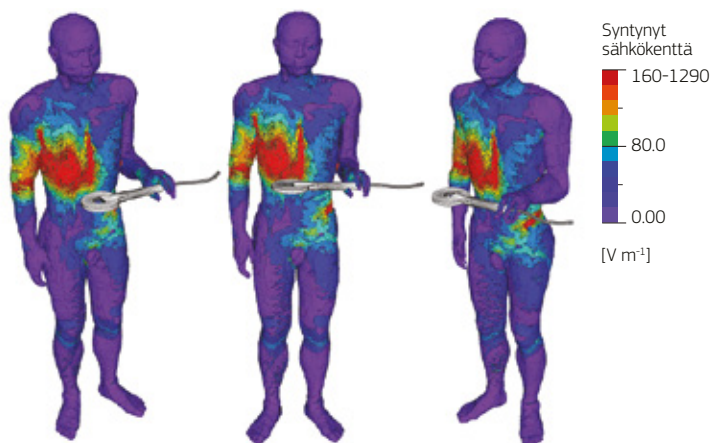
Paikka	Syntynyt sähkökenttä (Vm^{-1})	Prosenttia terveysvaikutusraja-arvosta ¹
Kela 30 cm:n etäisyydellä kehosta	265 (luu)	24 100 %
Kela 15 cm:n etäisyydellä ylävartalosta	393 (luu)	35 700 %

¹ Terveysvaikutusraja-arvot sisäisen sähkökentän voimakkuudelle, kun taajuudet ovat v1 Hz–3 kHz: 1,1 Vm^{-1} (huippu)

Kuva 4.10 TMS-kelalle altistumisesta syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa, kun lääkäri seisoo kela kädessä 30 cm:n päässä kehosta



Kuva 4.11 TMS-kelalle altistumisesta syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa, kun lääkäri seisoo kela kädessä 15 cm:n päässä kehosta



Työryhmä päätteli, että jos lääkäri pitää kela paikallaan, terveysvaikutusraja-arvot melko varmasti ylittyvät. Myös aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin aiheutuvat häiriöt saattaa olla riski. Muihin sairaalan laitteisiin aiheutuvia häiriöitä pidettiin kuitenkin pienempänä ongelmana kuin sähkökirurgiseen laitteeseen kohdistuvia häiriöitä, koska sitä ei yleensä käytetä alueilla, joilla on herkkiä terveydenhuollon laitteita.

4.6.3 Lyhytaaltodiatermia

Vaikka työryhmä ei arvioinut mitään sairaalan lyhytaaltodiatermialaitetta, se tiesi, että ne voivat mahdollisesti aiheuttaa suuren altistuksen fysioterapeutille ja kenties myös muille työntekijöille. Muissa laitoksissa samanlaisista laitteista tehtyjen arviointien tuloksena oli ollut, että toimenpidetasot saattaisivat ylittyä noin kahden metrin etäisyydellä kapasitiivisista lyhytaaltodiatermialaitteista ja yhden metrin etäisyydellä induktiivisista lyhytaaltodiatermialaitteista. Työryhmä päätti, että sairaalan laitteet on tarpeen arvioida, jos ne otetaan takaisin käyttöön. Siten työryhmä pystyisi opastamaan fysioterapeutteja turvallisista työskentelytavoista (esimerkiksi turvallisista työskentelyetäisyyksistä) ja määrittämään, ylittävätkö neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot alueilla, joilla saattaa kulkea myös riskeille erityisen alttiita työntekijöitä.

4.7 Riskinarviointi

Sairaala teki riskinarvioinnit sähkökirurgialaitteesta (taulukko 4.6) ja TMS-laitteesta (taulukko 4.7) sairaalafysikkojen työryhmän tekemien mittausten perusteella. Riskinarvioinnit olivat OIRA:ssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisia. Riskinarviointien päätelmät olivat seuraavat:

4.7.1 Sähkökirurginen laite

- Tämän laitteen käyttö ei todennäköisesti aiheuta sitä, että altistumisen raja-arvot ylittyisivät lääkärin tai muiden sairaalan työntekijöiden osalta.
- Sähkömagneettiset häiriöt aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin tai muihin samassa tilassa oleviin herkkiin lääkinnällisiin laitteisiin ovat mahdollisia.

4.7.2 TMS-laite

- Tämän laitteen käyttö todennäköisesti johtaa siihen, että altistumisen raja-arvot ylittyvät lääkärin ja kenties myös sairaalan muiden työntekijöiden osalta mahdollisesti melko tuntuvastikin.
- Sähkömagneettiset häiriöt aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin ovat mahdollisia.
- Herkkiin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvien sähkömagneettisten häiriöiden mahdollisuus on pieni, koska TMS-laitetta ei käytetä tällaisten laitteiden lähellä.

Sairaala laati riskinarvioinnin perusteella toimintasuunnitelman, joka dokumentoitiin.

Taulukko 4.6 Sähkökirurgialaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys	Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava			
Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset	Mallinnus on osoittanut, etteivät työntekijöiden altistumisen raja-arvot ylity	Kirurgi ja muut leikkausryhmän jäsenet	✓		✓	Pieni	Ei tarpeen
Sähkömagneettisen kentän epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkkinnällisiin laitteisiin ja muihin herkkiin lääkkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat vaikutukset)	Ei mitään	Kirurgi ja muut leikkausryhmän jäsenet Potilas		✓	✓	Pieni	<p>On tiedotettava työntekijöille mahdollisesta herkkiin lääkkinnällisiin laitteisiin kohdistuvien häiriöiden riskistä</p> <p>Työntekijöitä on pyydetty ilmoittamaan sairaalafyysikkojen työryhmälle kaikista lääkkinnällisiin laitteisiin kohdistuvista häiriöistä</p> <p>Sairaalafyysikkojen tulisi antaa kirurgeille ohjeet toimenpideanturin ja kaapeleiden turvallisista vähimmäisetäisyyksistä aktiivisiin implantoituihin lääkkinnällisiin laitteisiin ja muihin herkkiin lääkkinnällisiin laitteisiin</p>

Taulukko 4.7 Transkraniaalisen magneettistimulaatiolaitteen (TMS-laitteen) sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
<p>Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset:</p> <p>Terveysvaikutusrajoarvot saattavat ylittyä laitetta käyttävän lääkärin osalta</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 235 cm:n etäisyydellä anturista</p>	Ei mitään	<p>Lääkäri</p> <p>Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)</p>	✓			✓	Keskisuuri	<p>Laitteen käyttö tai huoneessa oleskelu laitetta käytettäessä on kiellettävä raskaana olevilta työntekijöiltä</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoituskylttejä</p> <p>Jos mahdollista, anturi on asennettava telineeseen</p>
<p>Sähkömagneettisen kentän epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat vaikutukset)</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 235 cm:n etäisyydellä elektrodeista</p>	Ei mitään	<p>Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille</p>	✓			✓	Keskisuuri	<p>Työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta</p> <p>Laitteen käyttö tai huoneessa oleskelu laitetta käytettäessä on kiellettävä työntekijöiltä, joilla on jokin aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite</p> <p>Potilaita, joilla on jokin aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite, ei saa hoitaa tällä laitteella</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoitus- ja kieltokylttejä</p>

4.8 Jo käytössä olevat varotoimet

Ennen mittauksin tehtyä arviointia käytössä ei ollut erityisiä varotoimia, joilla rajoitetaan sähkömagneettisille kentille altistumista.

4.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Mittauksin tehdyn arvioinnin ja laitteeseen liittyvien vaarojen arvioinnin perusteella sairaalassa laadittiin toimintasuunnitelma ja päätettiin alkaa noudattaa seuraavia varotoimia:

4.9.1 Sähkökirurginen laite

Sähkökirurgisen laitteen osalta on

- tiedotettava työntekijöille mahdollisesta herkkiin lääkinällisiin laitteisiin kohdistuvien häiriöiden riskistä
- pyydetävä työntekijöitä ilmoittamaan sairaalafyysikkojen työryhmälle kaikista lääkinällisiin laitteisiin kohdistuvista häiriöistä
- annettava kirurgeille ohjeet toimenpideanturin ja kaapeleiden turvallisista vähimmäisetäisyyksistä aktiivisiin implantoituihin lääkinällisiin laitteisiin ja muihin herkkiin lääkinällisiin laitteisiin (sairaalafyysikkojen työryhmä antaa ohjeet).

4.9.2 TMS-laite

TMS-laitteen osalta on

- kiellettävä raskaana olevia tai niitä työntekijöitä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite, käyttämästä laitetta tai oleskelemasta samassa tilassa hoidon aikana
- muistettava, ettei laitteella saa hoitaa potilaita, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite
- kiinnitettävä laitteeseen varoituskyltit voimakkaista magneettikentistä sekä kyltti siitä, ettei laitteella saa hoitaa potilaita, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite (kuva 4.12)
- kiinnitettävä anturi tarkkaliikkeeseen manipulaattoriin, mikäli mahdollista, jotta lääkäri voi seistä kauempana anturista hoidon aikana
- suunniteltava tarvittaessa kauko-ohjattava manipulaattorilaite, jotta lääkäri voi seistä kaukana anturista hoidon aikana (sairaalafyysikkojen työryhmä suunnittelee).

Kuva 4.12 Esimerkkejä voimakkaista magneettikentistä varoittavista kylteistä ja kuva kieltosymbolista, joka koskee henkilöitä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite



Varoitus
Tämä laite tuottaa
voimakkaita magneettikenttiä



Pääsy kielletty henkilöiltä,
joilla on aktiivinen implantoitu
lääkinällinen laite

4.9.3 Lyhytaaltodiatermia

Lyhytaaltodiatermalaite:

- Sairaalafysikkojen työryhmän on kehotettava sairaalan fysioterapeutteja ilmoittamaan ryhmälle lyhytaaltodiatermiahoidosta ennen toimenpidettä, jotta voidaan tehdä sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi ja ryhtyä tarvittaessa asianmukaisiin valvontatoimiin, jos tarpeen.

5. KONEPAJA

5.1 Työpaikka

Konepajayritys halusi arvioida, miten EMF-direktiivin täytäntöönpano vaikuttaisi siihen. Yrityksen konepajassa on erilaisia sähkölaitteita, esimerkiksi seuraavat:

- magneettijauhhetarkastuslaite
- demagnetointilaite
- tasohiomakone
- levyleikkuri
- vannesaha
- konekaarisaha
- pyörösaha
- jyrsinkone
- jalustapora
- muovin taivutuskone
- sorvit
- käsipora
- pyöröhiomakone.

5.2 Työn luonne

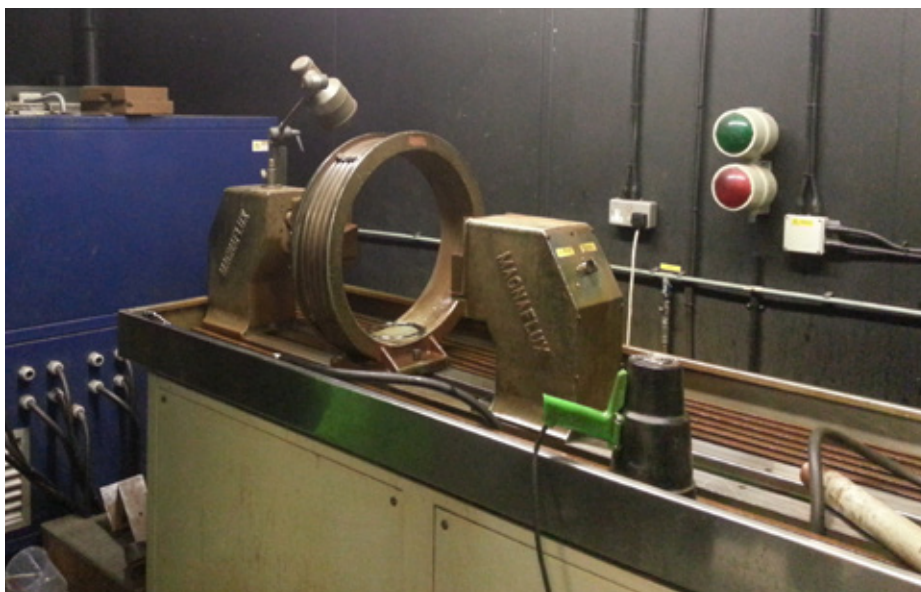
Yritys oli tietoinen siitä, että jotkin sen laitteista, kuten rikkomattomaan aineenkoetukseen käytettävä magneettijauhhetarkastuslaite ja komponenttien demagnetointiin käytettävä demagnetointilaite ovat sähkömagneettisten kenttien lähteitä. Yrityksessä haluttiin kuitenkin tietää, voisivatko myös muut käytössä olevat työkalut tuottaa huomattavan voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä.

5.3 Miten laitteita käytetään?

5.3.1 Magneettijauhhetarkastuslaite

Magneettijauhhetarkastuslaitetta (kuva 5.1) käytetään metallikomponenttien rikkomattomaan aineenkoetukseen. Magneettijauhhetarkastuksessa ferromagneettiseen työkappaleeseen johdetaan virtaa sen magnetoimiseksi. Tällöin työkappaleen pinnassa olevat viat aiheuttavat häiriöitä virran tuottamaan magneettikenttään. Kun työkappaleen pintaan laitetaan ferromagneettista väriainetta, viat tulevat näkyviin, kun niitä katsellaan sopivan valonlähteen alla. Työkappaletta tarkastava työntekijä työskentelee yleensä hyvin lähellä laitetta.

Kuva 5.1 Magneettijauhettarkastuslaite



5.3.2 Demagnetointilaite

Yrityksessä käytetään demagnetointilaitetta (kuva 5.2), jolla metallikomponentit demagnetoidaan magneettijauhettarkastuksen jälkeen. Komponentit asetetaan käsin kiskojen varassa kulkevaan kääryyn, joka kulkee demagnetointikelan läpi. Käyttäjä työntää komponenttikääryyn demagnetointilaitteen läpi käsin. Sen jälkeen komponentti otetaan käsin pois käärystä demagnetointilaitteen toiselta puolelta.

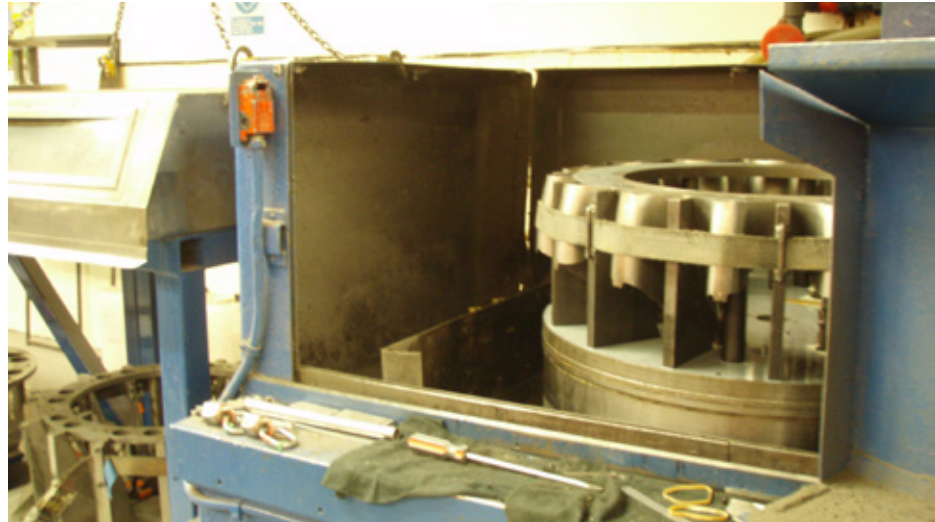
Kuva 5.2 Demagnetointilaite ja liukuva kääry



5.3.3 Tasohiomakone

Tasohiomakoneessa (kuva 5.3) on pyörivä taso, jossa on staattisen kentän tuottava magneetti-istukka, johon hiottavat komponentit kiinnitetään. Käyttäjä voi aktivoida magneetti-istukan, kun hiomakoneen ovet ovat auki.

Kuva 5.3 Tasohiomakone



5.3.4 Muut konepajassa käytettävät työkalut

Monet yrityksen työntekijät käyttävät seuraavassa lueteltuja työkaluja säännöllisesti:

- levyleikkuri
- vannesaha
- konekaarisaha
- pyörösaha
- jyrsinkone
- jalustapora
- muovin taivutuskone
- sorvit
- käsipora
- pyöröhiomakone.

5.4 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

Yrityksessä tiedettiin, että magneettijauhetaustuslaitteeseen ja demagnetointilaitteeseen saattaa liittyä sähkömagneettikentästä aiheutuvia vaaroja, koska valmistajien tiedoissa mainitaan, että laitteet saattavat vaikuttaa sydämentahdistimiin. Tätä vaaraa ei kuitenkaan selitetty enempää. Yritys ei löytänyt sähkömagneettikenttiin liittyvää turvallisuustietoa muista työkaluista paikan päältä, joten se tutustui oppaan osan 1 luvussa 3 olevan taulukon 3.2 laiteluetteloihin. Sen perusteella yrityksessä voitiin päätellä, että useimmat käsikäyttöiset sähkötyökalut ja pienemmät sähkölaitteet eivät todennäköisesti olleet ongelmallisia sähkömagneettisille kentille altistumisen osalta.

5.5 Altistumisen arviointitapa

Koska magneettijauhetaustuslaitteen ja demagnetointilaitteen aiheuttamista sähkömagneettisiin kenttiin liittyvistä vaaroista ei ollut saatavana tietoa, yritys päätti tilata yksityiskohtaisen arvioinnin asiantuntijakonsultilta. Yritys halusi ymmärtää, liittyikö näihin laitteisiin vaaroja ja jos liittyi, millaisia ne olivat.

Konsultti mittasi ajallisesti vaihtelevaa magneettivuon tiheyttä laitteiden ympäriltä käyttäen instrumenttia, jossa oli sisäänrakennettu elektroninen suodatin. Mittauslaite antoi tuloksen prosenttiosuutena, joka oli johdettu käyttämällä aika-alueen painotettua huippuarvoa, jota voitiin verrata suoraan toimenpidetasoihin. Staattisten magneettikenttien mittaukseen konsultti käytti kolmiakselista Hallin magnetometriä, jolla mitataan magneettikentän voimakkuus.

5.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

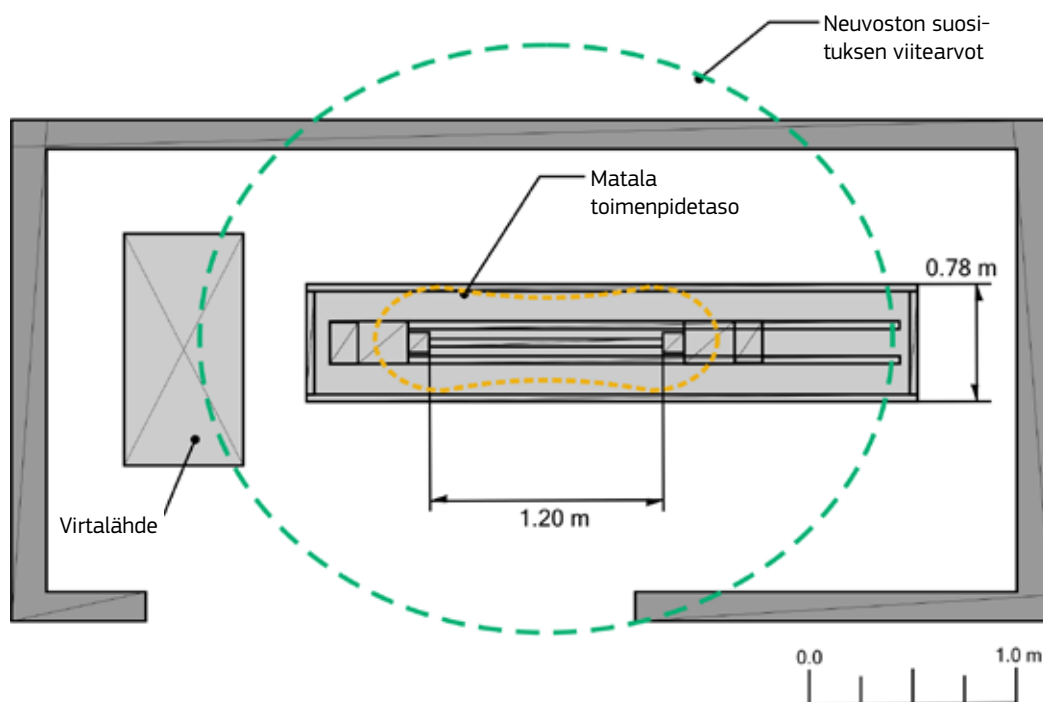
5.6.1 Magneettijauhetaustuslaite

Magneettijauhetaustuslaite toimii yleensä 1–4 kA:lla. Magneettivuon tiheyden mittaukset tehtiin, kun laite toimi 10 kA:n enimmäisvirrallaan. Laitteen tilaksi asetettiin säteittäinen magnetointi, jossa virta johdettiin suoraan työkappaleeseen. Tarkastuksen aikana käyttäjän todettiin seisovan 60 cm:n etäisyydellä työkappaleesta, joten mittaukset tehtiin siitä kohdasta. Tässä kohdassa matalan toimenpidetason arvo ei ylittynyt.

Mittauksia tehtiin myös muissa kohdissa laitteen ympärillä. Tuloksia verrattiin toimenpidetasoihin sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin viitearvoihin. Näitä tasoja voidaan käyttää laaja-alaisena osoittimena riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden altistumisesta (ks. oppaan osan 1 liite E).

Alueet, joilla toimenpidetasot ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä, on esitetty kuvassa 5.4. Matalan toimenpidetason viiva koskee kokonaan koneen rungon sisäpuolta, kun taas neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin viitearvoihin liittyvä viiva ulottuu noin 1,5 m työkappaleesta ulospäin ja noin 0,4 m magneettitarkastuslaitteekopin viereisille alueille.

Kuva 5.4 Pohjapiirros, jonka äärioviivojen sisällä matala toimenpidetaso (keltainen) sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä.



5.6.2 Demagnetointilaite

Konsultti teki mittauksia demagnetointilaitteen ympärillä olevista magneettikentistä. Tulokset ovat taulukossa 5.1. Magneettivuon tiheyden havaittiin olevan matalaa toimenpidetasoa pienempi 40 cm:n etäisyydellä magneetin aukon keskipisteestä, ja se juuri ylitti korkean toimenpidetason suihkun magneetin tasapinnan kohdalla. Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot ylittyivät yhden metrin etäisyydellä magneetin aukosta.

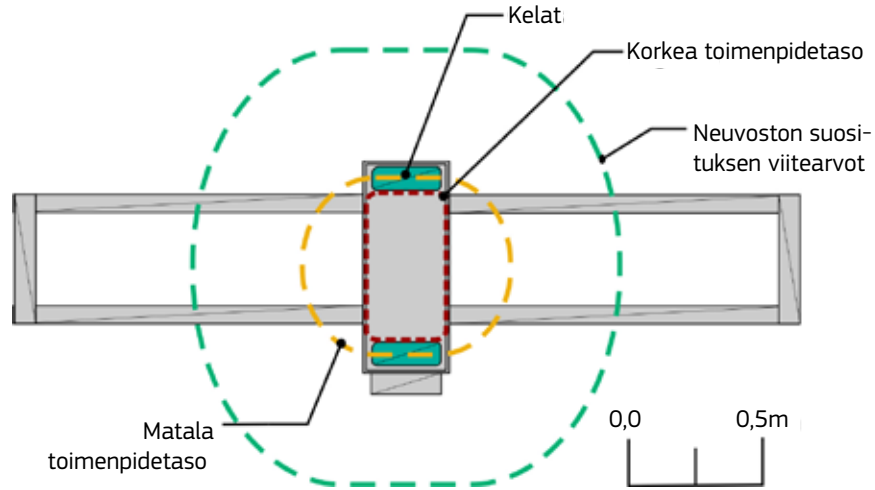
Alueet, joilla toimenpidetasot ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä, on esitetty kuvassa 5.5.

Taulukko 5.1 Demagnetointilaitteen ympäriltä mitatut magneettivuon tiheydet ilmaistuna prosenttiosuuksina EMF-direktiivin mukaisista toimenpidetasoista

Mittauskohta	Mittattu määrä			EMF-direktiivin mukainen altistuminen				
	Taajuus (Hz)	Magneettivuon tiheys (μT)	Matala toimenpidetaso (μT)	Altistuminen (%)	Korkea toimenpidetaso (μT)	Altistuminen (%)	Matala toimenpidetaso (μT)	Altistuminen (%)
Käyttäjän puolella kärrykiskoa:								
• Lähellä ohjauspaneelin oikeaa puolta	50	590	1 000	59 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
• Magneetin vieressä kulkevan kiskon reuna	50	1 400	1 000	140 %	6 000	23 %	18 000	7,8 %
• 40 cm magneetin aukon keskipisteestä	50	600	1 000	60 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
1 m magneetin aukon keskipisteestä (demagnetointilaitteen puolella):								
• Avoin pää	50	70	1 000	7,0 %	6 000	1,2 %	18 000	0,4 %
• Suljettu pää	50	70	1 000	7,0 %	6 000	1,2 %	18 000	0,4 %
Kärrykiskon kaukaisempi puoli (ei ohjauspaneelin puoli):								
• 25 cm magneetin aukon keskipisteestä	50	3 200	1 000	320 %	6 000	53 %	18 000	18 %
• 40 cm magneetin aukon keskipisteestä	50	600	1 000	60 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
• 30 cm magneetin kotelosta (eristyskytkimen puoli)	50	250	1 000	25 %	6 000	4,2 %	18 000	1,4 %
Magneetin aukon akselilla kulkevan kärrykiskon yläpuolella								
• Magneetin tasopintaan liittyvä suihku (avoin pää)	50	6 700	1 000	670 %	6 000	110 %	18 000	37 %
• Magneetin tasopintaan liittyvä suihku (suljettu pää)	50	6 700	1 000	600 %	6 000	100 %	18 000	33 %

Huom. Mittaukset tehtiin instrumentin ollessa kentän voimakkuus -tilassa, mikä tarkoittaa, että 50 Hz:n perustaajuus oli aina hallitseva aaltomuoto. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ± 10 prosenttia, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin.

Kuva 5.5 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä korkea toimenpidetaso (punainen), matala toimintataso (keltainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä demagnetointilaitteen ympärillä.



5.6.3 Tasohiomakone

Mittaukset tehtiin hiomakoneen ympärillä. Koneessa on magneetti-istukka, joka pitää työkappaleen paikallaan.

Laitteen ympärillä tehdyt mittaukset osoittivat, etteivät staattisille magneettikentille altistumisen raja-arvot ylity missään kohdassa. Aktiivisten implantoitujen lääkinnällisten laitteiden osalta altistumisen toimenpidetasot saattavat kuitenkin ylittyä magneetti-istukan läheisyydessä (taulukko 5.2).

Taulukko 5.2 Etäisyys, jolla magneettivuon tiheys pienenee aktiivisia implantoitujen laitteita koskevan altistumisen toimenpidetasolle (0,5 mT)

Laite	Etäisyys pöydän sivureunasta	Etäisyys pöydän yläreunasta
Lumsden-hiomakone	15 cm	15 cm

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin +5 prosenttia, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoon edellä mainittujen etäisyyksien arvioinnissa.

5.6.4 Muut konepajassa käytettävät työkalut

Magneettivuon tiheyden mittaukset tehtiin myös muiden työpajassa käytettävien sähkötyökalujen ympäriltä, eivätkä toimenpidetasot ylittyneet minkään työkalun ympärillä.

Taulukossa 5.3 lueteltujen työkalujen osalta magneettivuon tiheys ei ylittänyt toimenpidetasoja tai neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltäviä viitearvoja missään kohdassa. Taulukossa 5.4 lueteltujen työkalujen osalta magneettivuon tiheys ylitti neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot joissakin kohdissa laitteen lähellä.

Taulukko 5.3 Työkalut, jotka eivät aiheuta sähkömagneettisiin kenttiin liittyvää vaaraa

Laite	Prosenttiosuus neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyistä viitearvoista
Levyleikkuri	33 %
Vannesaha	<1 %
Konekaarisaha	<1 %
Jyrsinkone	50 %
Jalustapora	20 %
Muovin taivutuskone	20 %
Pyöröhiomakone	20 %
Sorvit	<2 %

Taulukko 5.4 Työkalut, joiden ympärillä magneettivuon tiheys ylitti neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot

Laite	Huomautukset
Pyörösaha	280 % laitteen pinnalla 100 % 15 cm:n päässä moottorista 20 % käyttäjän kohdalla
Hioma-/kiillotuskone	350 % laitteen pinnalla 100 % 10 cm:n etäisyydellä laitteesta
Käsipora	700 % laitteen pinnalla 300 % käyttäjän tyypillisessä paikassa (7 cm päässä poran takaosasta) 100 % 15 cm:n päässä poran takaosasta

5.7 Riskinarviointi

Yritys teki laitteistaan sähkömagneettisia kenttiä koskevat riskinarvioinnit, jotka perustuivat konsultin tekemiin arviointimittauksiin (taulukot 5.5–5.9). Ne tehtiin OiRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisesti. Riskinarviointien päätelmät olivat seuraavat:

- Magneettijauhetarkastuslaite – toimenpidetasot eivät ylity käyttäjän tyypillisessä paikassa. Riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa noin 1,5 m:n etäisyydellä työkappaleesta.
- Demagnetointilaite – matala toimenpidetaso saattaa ylittyä, jos työntekijät seisovat magneetin lähellä. Riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa noin 1 m:n etäisyydellä magneetista.
- Tasohiomakone – riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa noin 15 cm:n etäisyydellä magneetti-istukasta. Pidettiin kuitenkin epätodennäköisenä, että työntekijä menisi näin lähelle magneettia.
- Käsipora – riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa tätä työkalua käytettäessä.
- Muut työkalut – joidenkin työkalujen ympäriltä mitattiin kenttiä, jotka ylittivät neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot. Kentät olivat kuitenkin hyvin paikallisia, joten riskeille erityisen alttiin työntekijöihin kohdistuvia vaaroja pidettiin pieninä.

Yritys laati riskinarvioinnin perusteella toimintasuunnitelman, joka dokumentoitiin.

Taulukko 5.5 Magneettijauhetaustalaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Todennäköisyys	Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava			
Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset: Matala toimenpidetaso voi ylittyä koneen rungon sisässä Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1,5 m:n etäisyydellä työkappaleesta	Käyttäjän tyypillinen paikka sijaitsee 60 cm:n päässä työkappaleesta, eli matalan toimenpidetason ei pitäisi ylittyä käyttäjän paikassa Laitetta käytetään kopissa	Käyttäjät Muut työntekijät Riskielle erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)	✓			✓	Pieni	Käyttäjille ja muille työntekijöille annetaan tietoa ja koulutusta Laitteeseen on kiinnitettävä varoituskylttejä Laitteen käyttö tai koppiin meneminen laitetta käytettäessä on kiellettävä raskaana olevilta työntekijöiltä Asianmukaiset varoitus- ja kieltokyltit on laitettava näkyville kopin ovensuuhun
Sähkömagneettisten kenttien epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset) Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1,5 m:n etäisyydellä työkappaleesta	Työntekijöitä, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita, on kiellettävä käyttämästä tätä laitetta	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille		✓		✓	Pieni	Kaikille työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta Työpaikan turvallisuustiedoissa on annettava tätä koskevia varoituksia Asianmukaiset varoitus- ja kieltokyltit on laitettava näkyville kopin ovensuuhun

Taulukko 5.6 Demagnetointilaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
<p>Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset:</p> <p>Matala toimenpidetaso voi ylittyä 40 cm:n päässä magneetista</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1 m:n etäisyydellä magneetista</p>	Ei mitään.	<p>Käyttäjät</p> <p>Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)</p>	✓			✓	Pieni	<p>Asennetaan suojukset ehkäisemään työntekijöiden matalan toimenpidetason ylittymistä, ellei se haittaa laitteen käyttämistä, ja automatisoidaan joitakin toistuvia demagnetointitoimia</p> <p>Käyttäjille ja muille työntekijöille annetaan tietoa ja koulutusta</p> <p>Asennetaan varoituskylttejä näkyville</p> <p>Merkitään alue, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot ylittyvät</p> <p>Kielletään raskaana olevia työntekijöitä menemästä merkitylle alueelle</p> <p>Asianmukaiset varoitus- ja kieltokyltit on laitettava näkyville merkitylle alueelle</p>
<p>Sähkömagneettisten kenttien epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset)</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1 m:n etäisyydellä magneetista</p>	<p>Työntekijöitä, joilla on aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita, on kiellettävä käyttämästä tätä laitetta</p>	<p>Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille</p>	✓		✓		Pieni	<p>Kaikille työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta</p> <p>Työpaikan turvallisuustiedoissa on annettava tätä koskevia varoituksia</p> <p>Asianmukaiset varoitus- ja kieltokyltit on laitettava näkyville merkitylle alueelle</p>

Taulukko 5.9 Muiden sähkötyökalujen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset: Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä paikotellen laitteen lähellä, mutta vaikutus on hyvin paikallinen	Ei mitään	Käyttäjät Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)	✓		✓		Pieni. On epätodennäköistä, että työntekijät menisivät näin lähelle laitetta	Ei tarpeen
Sähkömagneettisten kenttien epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset) Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä paikotellen laitteen lähellä, mutta vaikutus on hyvin paikallinen	Ei mitään.	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille	✓		✓		Pieni. On epätodennäköistä, että työntekijät menisivät näin lähelle laitetta	Ei tarpeen

5.8 Jo käytössä olevat varotoimet

Ennen konsultin tekemiä arviointimittauksia käytössä oli niukalti varotoimia. Niitä olivat vain

- magneettijauhetaustalaitteen tai demagnetointilaitteen käyttämisen kieltäminen niiltä työntekijöiltä, joilla oli aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite.

5.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Arviointimittauksen tuloksen ja laitteeseen liittyvien vaarojen arvioinnin perusteella yrityksessä laadittiin toimintasunnitelma ja päätettiin alkaa noudattaa seuraavia varotoimia:

- Asennetaan neljä melko pientä ei-metallista (pleksi-)suojusta demagnetointilaitteen magneetin aukon joka sivulle. Ne kallistettaisiin sisäänpäin, jotta niistä ei aiheutuisi suurta haittaa, mutta kuitenkin siten, että ne olisivat kaikilta osin noin 40 cm:n päässä magneetin aukosta.

- Automatisoidaan joitakin toistuvia demagnetointitoimia käyttämällä käsittelyvaiheissa robottia ja hihnakuljettimia (kuva 5.6). Tästä olisi hyötyä myös käsin tehtävissä taakkojen käsittelytoimissa direktiivin 90/269/ETY vaatimusten mukaisesti.
- Kiinnitetään tarvittaessa varoitus- ja kieltokylttejä laitteeseen ja ovensuuhun sellaisille alueille, joilla neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot voivat ylittyä. Esimerkkejä varoituskylteistä on kuvassa 5.7.
- Annetaan käyttäjille tietoa lisäävää koulutusta ja varmistetaan, että he tietävät riskinarvioinnin tulokset ja tuntevat asianmukaiset suojaus- ja ehkäisytoimet.
- Kehitetään tarvittavat menettelyt, joilla varmistetaan, että kaikki työntekijät, myös vierailijat ja urakoijat, tietävät riskeille erityisen alttiita työntekijöitä koskevista mahdollisista ongelmista (ks. oppaan osan 1 liite E).

Kuva 5.6 Automatisoitu demagnetointilaitte, jossa on hihnakuljetin robotin avulla toimivassa käsittelysolussa

Robotti

Demagnetointilaitte



Kuva 5.7 Esimerkki varoitus- ja kieltokylteistä



Varoitus
Tämä laite tuottaa voimakkaita magneettikenttiä käytön aikana.



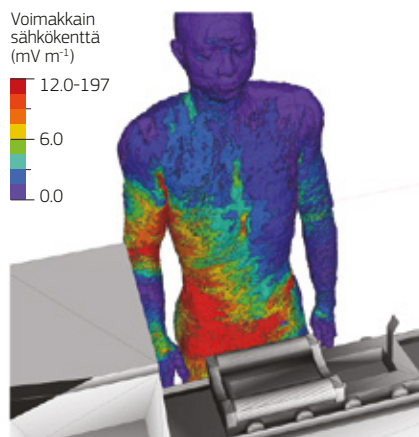
Tämän laitteen käyttäminen on kielletty henkilöiltä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite.

5.10 Lisätiedon lähteitä

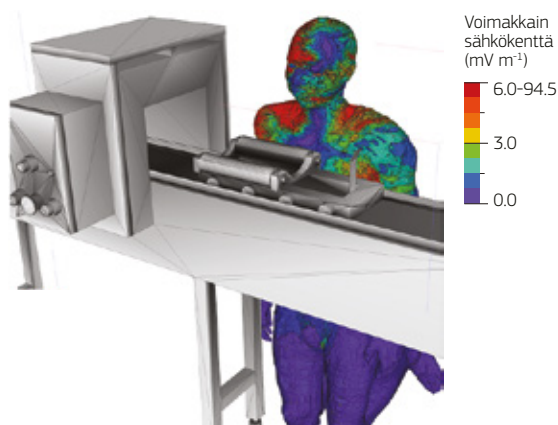
Demagnetointilaitteen ympärillä tehtyjen mittausten tuloksiin perustuva tietokonemallinnus osoittaa, että vaikka toimenpidetasot ylittyivät, syntyneet sähkökentät olivat altistumisen raja-arvojen sisällä. Jäljempänä luetelluissa kolmessa altistumistilanteessa syntyneet sähkökentät olivat 5–54 prosenttia altistumisen raja-arvon alarajasta.

- Seisaallaan kohdassa 1, 25 cm:n päässä magneetin aukosta (kuva 5.8a)
- Polvillaan kohdassa 1, 25 cm:n päässä magneetin aukosta (kuva 5.8b)
- Kumartuneena kohdassa 2, suihku magneetin aukon kohdalla (kuva 5.8c)

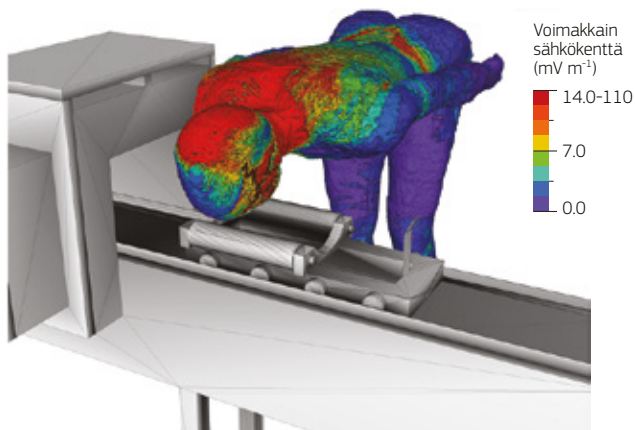
Kuva 5.8a Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa demagnetointilaitteelle altistumisen yhteydessä seisottaessa kohdassa 1, 25 cm:n etäisyydellä magneetin aukosta



Kuva 5.8b Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa demagnetointilaitteelle altistumisen yhteydessä oltaessa polvillaan kohdassa 1, 25 cm:n etäisyydellä magneetin aukosta



Kuva 5.8c Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa demagnetointilaitteelle altistumisen yhteydessä oltaessa kumartuneena kohdassa 2, suihku magneetin aukon kohdalla



6. AUTOTEOLLISUUS

6.1 Työpaikka

Tässä tapausselostuksessa käsitellään kädessä pidettäviä pistehitsauslaitteita ja induktiokuumentimia, joita käytetään korikorjaamoissa. Vaikka johtavat kansainväliset autonvalmistajat eivät ole pk-yrityksiä, pistehitsauslaitteiden käyttöä niissä tarkastellaan lyhyesti kohdassa 6.1.1.

6.2 Työn luonne

Kädessäpidettävät pistehitsauslaitteet (kuva 6.1) ja induktiokuumentimet (kuva 6.3) voivat aiheuttaa vaaraa voimakkaiden ajallisesti vaihtelevien magneettikenttien vuoksi. Niitä synnyttää voimakas sähkövirta, jota laitteet käyttävät hitsauksessa tai metallin lämmittämisessä. Tässä tapausselostuksessa käsitellään kahta pistehitsauslaitetta ja kolmea induktiokuumennusjärjestelmää, joita korikorjaamoissa yleensä käytetään.

Kuva 6.1 Kädessä pidettävä pistehitsauslaite, jota käytetään uuden paneelin kiinnittämiseen paikalleen



6.3 Miten laitteita käytetään?

Useimmat nykyaikaiset autot valmistetaan hitsaamalla yhteen paneeleita, joista muodostuu yhtenäinen kuori, ja pääkomponentit kiinnitetään siihen. Hitsaus tehdään yleensä pistehitsauslaitteilla. Kädessä pidettävät pistehitsauslaitteet koostuvat hitsauspistoolista ja ohjausyksilöstä, jotka on liitetty toisiinsa. Ohjausyksikkö sisältää sähkö- ja jäähdytysjärjestelmät. Pistoolissa on kaksi muotoiltua kupariseoselektrodia, joilla pistehitsi tuotetaan. Elektrodién koko voi vaihdella sen mukaan, mihin kohtaa auton korja on tarkoitus tehdä. Kuvassa 6.2 on esimerkki yhdestä arvioidusta korikorjaamossa käytettävästä hitsauslaitteesta.

Kuva 6.2 Tyypillinen korikorjaamoissa käytettävä kädessä pidettävä pistehitsauslaite. Järjestelmä on liikuteltava, sillä ohjausyksikössä on pyörät. Yksikön etuosassa olevat sähkö- ja jäähdytysainejohdot on liitetty toisesta päästään hitsauspistoolin takaosaan. Kuvassa pistooli on pidikkeessään ohjausyksikön vasemmalla puolella.



Autojen huollon tai korjauksen aikana on tavallista, että työntekijöiden on lämmitettävä metalliosia, jotta ne voidaan irrottaa. Tämä johtuu yleensä korroosiosta. Induktiokuumentimissa on sähkömagneettinen kela, jonka läpi kulkee pientaajuinen vaihtovirta. Kelan ympärille syntyvä magneettikenttä tuottaa pyörrevirraksi kutsuttua sähkövirtaa kohde-esineeseen, ja tähän virtaan kohdistuva resistanssi aiheuttaa sen, että esine lämpenee. Kuvassa 6.3 on esimerkki yhdestä arvioidusta kuumentimesta.

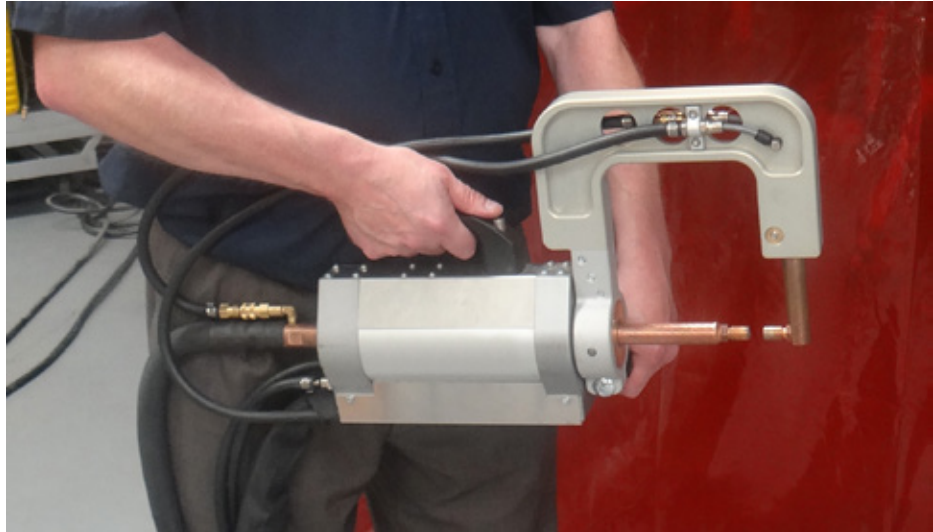
Kuva 6.3 Kädessä pidettävä induktiokuumennin (1 kW), jota käytetään kiinnijuuttuneen pultin lämmittämiseen



6.4 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

Korjaamon kahdesta arvioidusta hitsauslaitteesta toisessa käytettiin C-mallista pistoolia, johon oli mahdollista asentaa joko 160 mm:n tai 550 mm:n varsi, ja toisessa käytettiin X-mallista pistoolia, jossa voitiin käyttää joko 160 mm:n tai 550 mm:n elektrodeja. Erimalliset pistoolit ovat kuvissa 6.4 ja 6.5. Kumpikin hitsauslaite käyttää 7 500–12 000 ampeerin virtaa ja toimii 2 kHz:n taajuudella. C-mallin pistoolissa hitsausvirta syötetään etämuuntajan kautta, kun taas X-mallin pistoolissa on sisäänrakennettu minimuuntaja. Tämä tarkoittaa sitä, että tässä hitsauslaitteessa ohjausyksikön ja pistoolin välillä kulkee 50/60 Hz:n verkkojännite eikä paljon voimakkaampi hitsausvirta. Tämän merkitystä käsitellään jäljempänä tässä tapausselostuksessa.

Kuva 6.4 Korjaamon C-mallin hitsauspistooli, jossa on 160 mm:n varsi. Pistoolin suosa (joka on työntekijän käden alla) sisältää männän, joka painaa elektrodit kiinni toisiinsa. Hitsausvirta syötetään ohjauksyksiköstä kuvassa vasemmalla näkyvien kaapeleiden kautta.



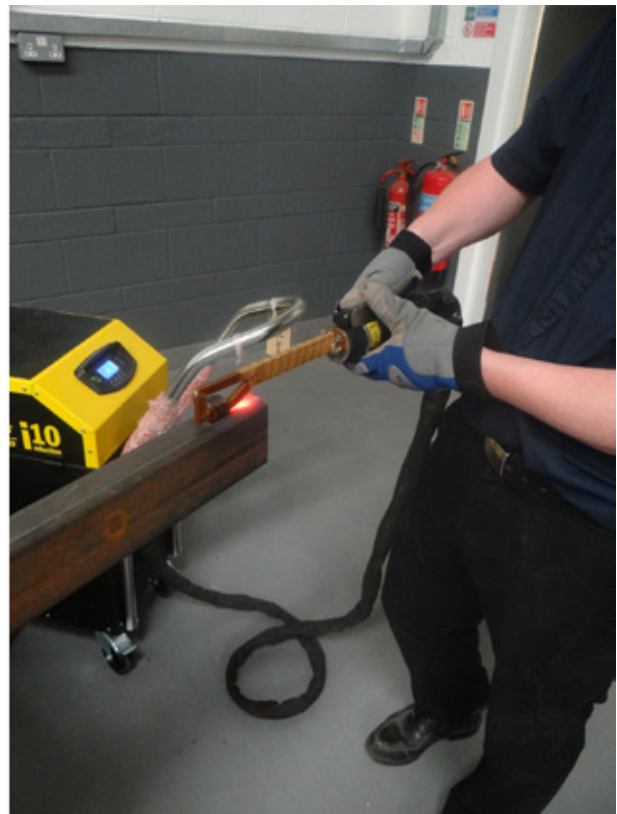
Kuva 6.5 Korjaamon X-mallin hitsauspistooli, jossa on 550 mm:n elektrodit. Pistoolin suosassa (työntekijän käsien välissä) olevan männän nipistystoiminto puristaa kaksi elektrodia kiinni toisiinsa. Myös muuntaja, joka tuottaa hitsausvirran, sijaitsee pistoolissa.



Korjaamon kolmen arvioidun induktiokuumentimen tehot olivat 1, 4 ja 10 kW. Yhden kW:n kuumennin toimi 15 kHz:n taajuudella, ja neljän ja kymmenen kW:n kuumentimen toimintataajuus oli 17–40 kHz. Neljän ja kymmenen kW:n kuumentimissa käytetty taajuus vaihtelee, koska laitteet pystyvät säätämään käytetyn virran taajuuden automaattisesti siten, että se sopii mahdollisimman hyvin lämmitettävään esineeseen.

Yhden kW:n kuumennin koostui yhdestä kädessä pidettävästä yksiköstä, joka sisälsi muuntajan ja kuumenninosan yhdessä osassa. Tässä kuumentimessa ei ollut aktiivista jäähdytystä (kuva 6.3). Neljän ja kymmenen kW:n kuumentimissa oli erillinen virtayksikkö ja kädessä pidettävä kuumenninosa, ja niissä oli aktiiviset jäähdytysjärjestelmät (kuva 6.6).

Kuva 6.6 Vasemmalla 4 kW:n ja oikealla 10 kW:n induktiokuumennin, joita käytetään korjaamossa metalliosien lämmittämiseen. Näissä malleissa muuntaja sijaitsee erillisessä virtayksikössä (kuvissa vasemmalla), ja virtayksikkö on liitetty sähkö- ja jäähdytysainekaapeleilla kuumennusosaan (jota työntekijä pitää kädessään). Kuvassa 6.3 esitetty 1 kW:n kuumennin on paljon yksinkertaisempi.



6.5 Altistumisen arviointitapa

Autoteollisuutta edustava taho oli huolissaan EMF-direktiivin vaikutuksista jäseniinsä, joista jotkin ovat sähkökäyttöisten hitsaus- ja kuumennin laitteiden valmistajia. Näiden jäsenten mukaan korjaamossa yleensä käytettävät pistehitsauslaitteet ja induktiokuumentimet saattavat altistaa työntekijät EMF-direktiivin 3 artiklan 2 kohdan mukaiset toimenpidetasot ylittävälle voimakkuuksille. Tämä johtuu siitä, että pistehitsauslaitteet ja induktiokuumentimet käyttävät voimakasta virtaa ja että työntekijät pitävät laitteita käytön aikana lähellä vartaloaan, kuten kuvista 6.1, 6.4, 6.5 ja 6.6 käy ilmi.

Sen vuoksi tämä taho tilasi palveluita asiantuntijalta, joka oli osallistunut eurooppalaiseen hankkeeseen, jonka tavoitteena oli laatia työperäistä sähkömagneettisille kentille altistumista koskevia ohjeita. Asiantuntijan kanssa sovittiin, että tämä arvioi erilaisia korjaamolaitteita autoalan oppilaitoksessa.

Asiantuntija teki mittauksia ajallisesti vaihtelevasta magneettivuon tiheydestä edellä kuvattujen hitsauslaitteiden ja kuumentimien ympärillä käyttämällä isotrooppista (kolmiakselista) anturia (kuva 6.7). Instrumentin sisäänrakennettu elektroninen suodatin antoi tuloksen prosenttiosuutena, joka oli johdettu käyttämällä aika-alueen painotettua huippuarvoa, joten tulosta voitiin verrata suoraan EMF-direktiivin mukaisiin toimenpidetasoihin. Lisäksi instrumentissa oli sisäänrakennettu spektrianalysaattori, jonka avulla voitiin analysoida aaltomuodon yliaaltosisältö.

Kuva 6.7 Korjaamon pistehitsauslaitteen ympärillä tehdyt mittaukset (laitteessa C-mallin pistooli ja 160 mm:n varsi) X-mallin pistooli näkyy taaempana



6.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

Asiantuntijan saamat mittaustulokset on esitetty jäljempänä olevissa kuvissa ja taulukossa. Kaikissa tapauksissa mittaukset tehtiin silloin, kun hitsauslaitetta tai kuumenninta käytettiin siten kuin niitä käytetään korjaamon tavanomaisissa töissä. Mittausten tarkoituksena oli määrittää kunkin hitsauspistoolin ja induktiokuumentimen ympäriltä sen alueen laajuus, jossa

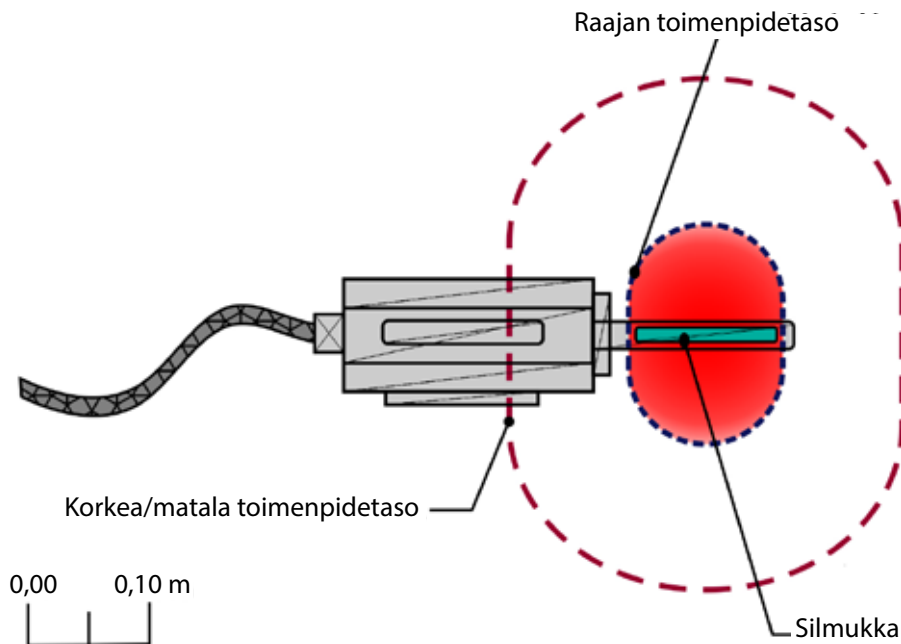
- EMF-direktiivin mukaiset toimenpidetasot ylittyivät
- riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua turvallisuuteen liittyvä ongelma. Tätä arvioitaessa vertailukohtana olivat neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (ks. oppaan osan 1 liite E).

Pistehitsauslaitteet ja induktiokuumentimet toimivat 2–36 kHz:n taajuudella. Tällä taajuusalueella EMF-direktiivin mukaiset korkeat ja matalat toimenpidetasot ovat samat. Kun magneettikentän voimakkuuden mittaustulos näytetään prosenttiosuutena toimintatasosta, se on näin ollen sekä korkeita että matalia toimenpidetasoja koskeva prosenttiosuus. Tarvittaessa mittaustulokset on esitetty myös prosenttiosuutena EMF-direktiivin mukaisesta raajan toimenpidetasosta.

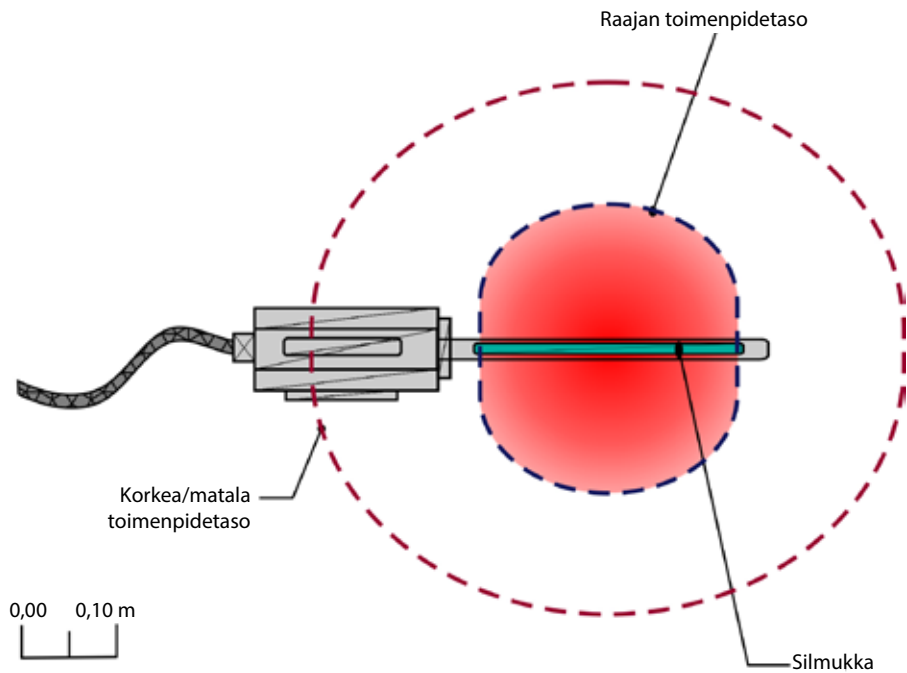
6.6.1 Korjaamon pistehitsauslaitteiden aiheuttaman altistumisen arvioinnin tulokset

Kuvissa 6.8–6.11 näkyy sen alueen laajuus kunkin hitsauspistoolin ympärillä, jolla joko EMF-direktiivin mukaiset raajan tai korkeat ja matalat toimenpidetasot tai kummatkin ylittyvät. Kuvassa 6.11 näkyy myös sen 550 mm:n elektrodeilla varustetun X-mallin pistoolia ympäröivän alueen laajuus, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot ylittyvät. Kaikissa tapauksissa pistooleja ympäröivät viivat tarkoittavat 100:aa prosenttia kyseisestä tasosta. Sininen viiva tarkoittaa raajan toimenpidetasoa, punainen viiva korkeaa ja matalaa toimenpidetasoa ja vihreä viiva neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyjä viitearvoja. Taulukossa 6.1 näkyvät lisäksi niiden alueiden laajuus, joilla asianmukaiset toimenpidetasot C-mallin hitsauspistoolin kaapelin ympärillä ylittyvät.

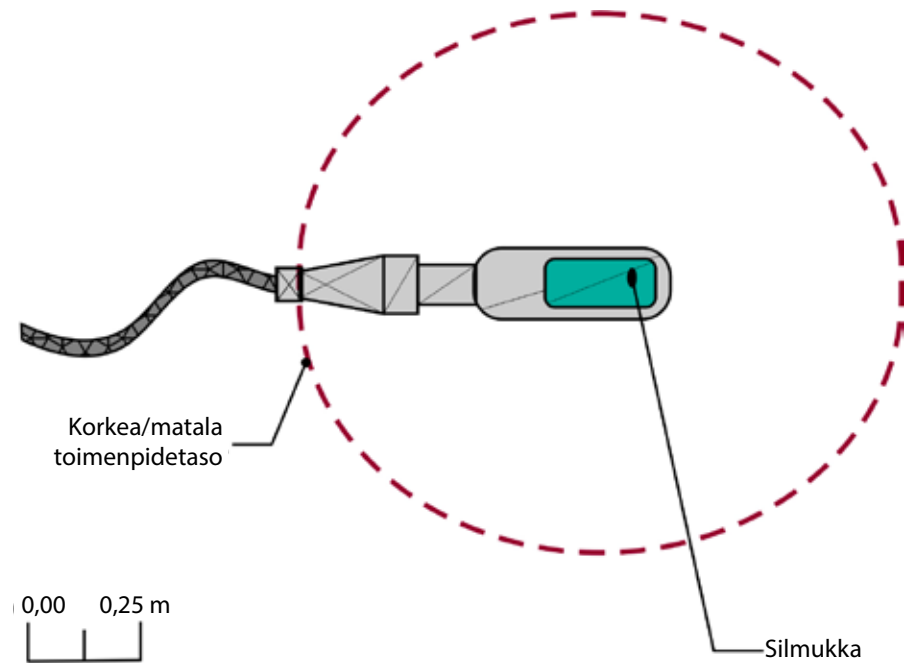
Kuva 6.8 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen) sekä korkeat/matalat toimenpidetasot (punainen) voivat ylittyä korjaamon C-mallin pistoolin ympärillä, kun siihen on kiinnitetty 160 mm:n varsi



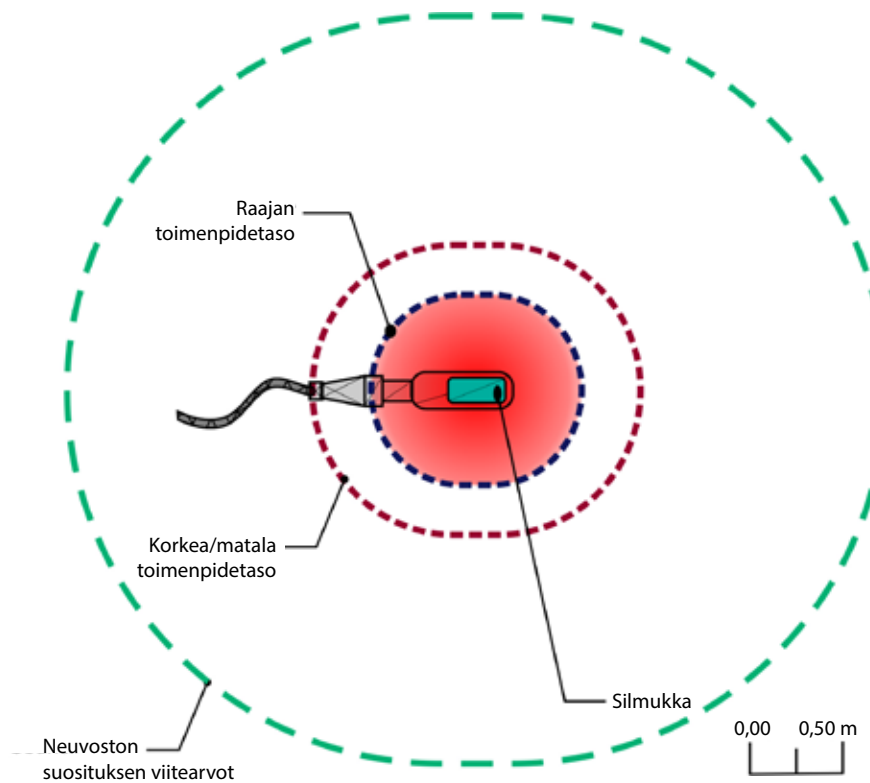
Kuva 6.9 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen) sekä korkeat/matalat toimenpidetasot (punainen) voivat ylittyä korjaamon C-mallin pistoolin ympärillä, kun siihen on kiinnitetty 550 mm:n varsi



Kuva 6.10 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä korkeat/matalat toimenpidetasot (punainen) voivat ylittyä korjaamon X-mallin pistoolin ympärillä, kun siinä on 160 mm:n elektrodit



Kuva 6.11 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen), korkeat/matalat toimenpidetasot (punainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä korjaamon X-mallin pistoolin ympärillä, kun siinä on 550 mm:n elektrodit



Taulukko 6.1 C-mallin hitsauspistoolin ja ohjausyksikön välisen kaapelin mittaustulokset

Puristintyyppi	Sähkövirta (A)	% korkeasta/matalasta toimenpidetasosta ¹ 10 cm:n etäisyydellä kaapelista	% korkeasta/matalasta toimenpidetasosta ¹ 12 cm:n etäisyydellä kaapelista	% raajan toimenpidetasosta ² 8 cm:n etäisyydellä kaapelista
160 mm C-malli	8 000	180	100	100

¹ Magneettivuon tiheys, korkeat/matalat toimenpidetasot, kun taajuus 2 kHz: 150 μ T

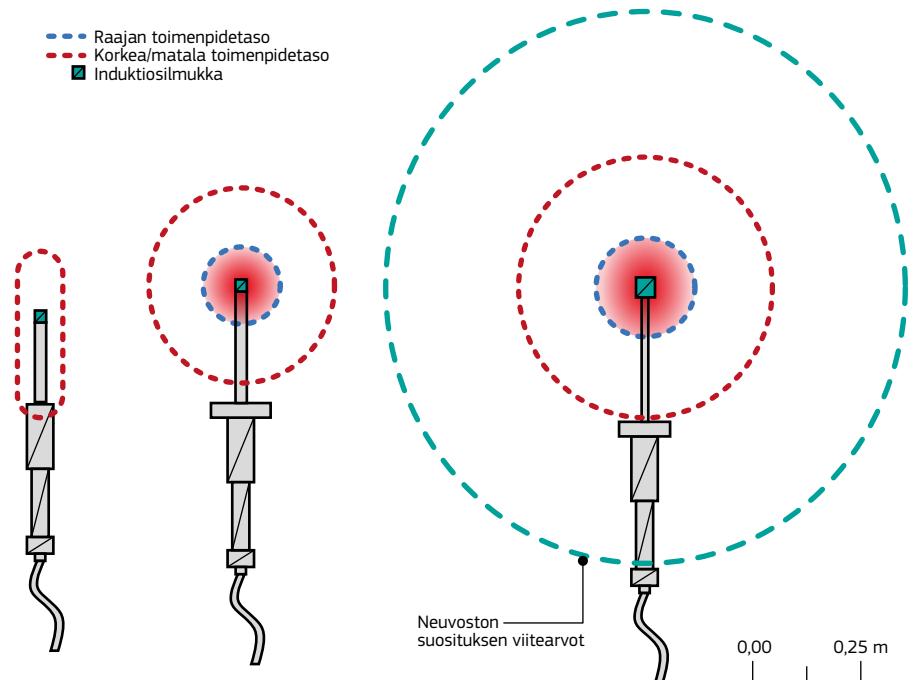
² Magneettivuon tiheys, raajan toimenpidetasot, kun taajuus 2 kHz: 450 μ T

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ± 10 %, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista.

6.6.2 Korjaamossa käytettyjä induktiokuumentimia koskevan altistumisen arvioinnin tulokset

Kuvassa 6.12 näkyvät kolmen induktiokuumentimen kuumennusosat. Vasemmalla on 1 kW:n kuumennin, keskellä on 4 kW:n kuumennin ja oikealla 10 kW:n kuumennin. Kaikissa tapauksissa kuumennusosia ympäröivät viivat tarkoittavat 100:aa prosenttia kyseisestä tasosta. Sininen viiva tarkoittaa EMF-direktiivin mukaista raajan toimenpidetasoa, punainen viiva direktiivin mukaista korkeaa ja matalaa toimenpidetasoa ja vihreä viiva neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvoja.

Kuva 6.12 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen), korkeat/matalat toimenpidetasot (punainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä korjaamon kolmen induktiokuumentimen ympärillä (1 kW:n kuumennin vasemmalla, 4 kW:n kuumennin keskellä ja 10 kW:n kuumennin oikealla).

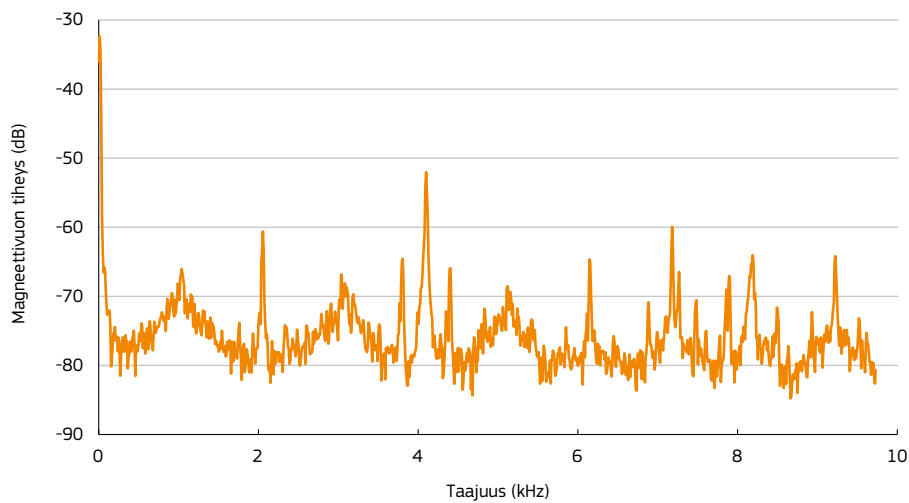


6.7 Päätelmät altistumisen arvioinneista

Pistoolin tyyppin mukaan EMF-direktiivin mukainen raajan toimenpidetaso ylittyi 10–22 cm:n päässä liittimestä, ja direktiivin mukainen korkea ja matala toimenpidetaso ylittyi 20–32 cm:n päässä puristimesta. Neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot ylittyivät muutaman metrin päässä hitsauspuristimesta, jos ne oli mitattu.

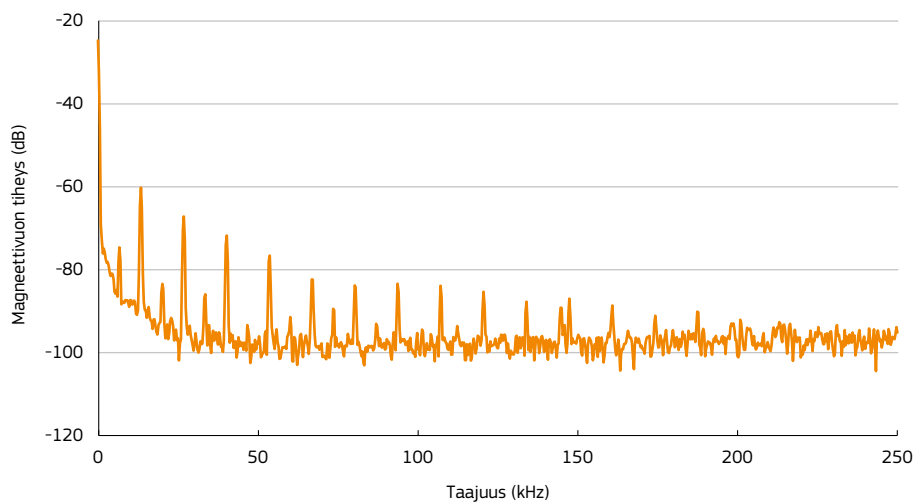
Asiantuntija totesi, että C-mallin pistoolin virtajohdot tuottivat ympärilleen niin voimakkaan magneettikentän, että raajan toimenpidetaso ja korkea ja matala toimenpidetaso ylittyivät, kun taas X-mallin pistoolin kaapeleiden osalta näin ei ollut. Raajan toimenpidetaso ylittyi 8 cm:n päässä kaapeleista, ja korkea ja matala toimenpidetaso ylittyi 12 cm:n päässä kaapeleista. Asiantuntijan mukaan tämä johtui siitä, että C-mallin pistoolissa kaapelit siirtävät hitsausvirran ohjausyksiköstä pistooliin, kun taas X-mallin pistoolissa, jonka sisällä on muuntaja, on kaapeli, jonka kautta kulkee vain 50/60 Hz:n verkkojännite.

Asiantuntija vahvisti, että korjaamon pistehitsauslaitteiden hitsausvirran perustaaajuus oli 2 kHz, joskin useat yliaallot vaikuttivat kokonaisaltistumiseen merkittävästi. Tämän havainnollistamiseksi kuvassa 6.13 on korjaamon sellaisesta hitsauslaitteesta saadun aaltomuodon spektrijakauma, jossa on C-mallin 160 mm:n pistooli.

Kuva 6.13 C-mallin 160 mm:n pistolista saadun aaltomuodon spektrijakauma

Induktiokuumentimien osalta – kuumentimen tehon mukaan – raajan toimenpidetaso ylittyi 7–11 cm:n päässä kuumennusosista työntekijän käteen päin, ja korkea ja matala toimenpidetaso ylittyi 13–18 cm:n päässä kuumennusosan keskiosasta kaikkiin suuntiin.

Kuumentimien perustaajuus vaihteli. Yhden kW:n kuumentimen perustaajuus oli 15 kHz, kun taas neljän ja kymmenen kW:n kuumentimet käyttivät 36 kHz:n taajuutta. Hitsauslaitteiden tavoin useat yliaallot vaikuttivat kaikissa tapauksissa kokonaisaltistumiseen merkittävästi. Tämän havainnollistamiseksi kuvassa 6.14 on 1 kW:n induktiokuumentimesta saadun aaltomuodon spektrijakauma.

Kuva 6.14 1 kW:n induktiokuumentimesta saadun aaltomuodon spektrijakauma.

6.8 Riskinarviointi

Asiantuntijan päätelmä mittaustuloksista oli se, että koska pistehitsauspistoolia pidetään kädessä lähellä vartaloa, työntekijöiden altistuminen magneettikentille todennäköisesti ylittää EMF-direktiivin mukaiset toimenpidetasot, mahdollisesti myös asianmukaiset altistumisen raja-arvot. C-mallin pistoolin virtakaapeleiden ympärillä tehtyjen mittausten mukaan on mahdollista, että myös ne voivat aiheuttaa asianmukaista toimenpidetasoa suuremman altistumisen.

Lisäksi asiantuntija totesi, että magneettikenttien voimakkuus ylitti neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot vielä useiden metrien päässä hitsauspistoolista. Viitearvoja voidaan käyttää laaja-alaisena osoittimena altistumisen epäsuorista vaikutuksista riskeille erityisen alttiiden henkilöiden osalta (ks. oppaan osan 1 liite E).

Induktiokuumentimien osalta asiantuntija totesi, että niitä käyttävät työntekijät eivät altistuneet toimenpidetasoja voimakkaammille kentille, koska kuumennusosia pidettiin riittävän kaukana käsistä ja vartalosta kuumennuksen aikana. Magneettikentät olivat kuitenkin niin voimakkaita, että neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot ylittyivät 0,5 m:n päässä 10 kW:n kuumentimesta. Siksi asiantuntija suositteli, että henkilöihin, jotka ovat erityisen alttiita kuumentimien tuottamille magneettikentille altistumisen epäsuorille vaikutuksille, olisi kiinnitettävä erityistä huomiota (ks. oppaan osan 1 liite E).

Näiden päätelmien perusteella konsultti luonnosteli sähkömagneettisia kenttiä koskevan riskinarvioinnin pistehitsauslaitteiden ja induktiokuumentimien käytöstä OIRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisesti. Tarkoituksena oli määrittää, mihin toimiin olisi ryhdyttävä työntekijöiden suojaamiseksi, jotta varmistetaan, etteivät he altistu toimenpidetasoja voimakkaammille magneettikentille. Sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi on esitetty taulukossa 6.2.

6.9 Jo käytössä olevat varotoimet

Ei ole.

Taulukko 6.2 Sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi korjaamon kädessä pidettävien pistehitsauslaitteiden ja induktiokuumentimien käytöstä

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
Pientaajuiset suorat vaikutukset	Ei ole. Kädet ja vartalo ovat usein lähellä hitsauspuristinta pistoolin painon kannattelemiseksi hitsauksen aikana	Korjaamon työntekijät	✓			✓	Pieni	Tehty muutoksia hitsaus-tapaan – käytetään tukia pistoolin painon kannattelemiseen, jotta työntekijät voivat pitää kädet ja vartalon kauempana hitsauselektrodeista
	Induktiokuumentimien kuumennusosia pidetään yleensä käsivarren mitan päässä		✓			✓	Pieni	Hitsaustyön vakiotoimintamenettelyt Varoituskylttejä hitsauslaitteisiin ja kuumentimiin Sähkömagneettisia vaaroja koskeva koulutus käyttäjille
		Raskaana olevat työntekijät	✓			✓	Pieni	Raskaana olevat työntekijät eivät käytä hitsauslaitteita/kuumentimia tai niitä ei käytetä heidän lähellään
Pientaajuiset epäsuorat vaikutukset (häiriöt aktiivisissa implantoituissa lääkinnällisissä laitteissa)	Ei mitään.	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille	✓			✓	Pieni	Työntekijät, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite, eivät käytä hitsauslaitteita/kuumentimia tai niitä ei käytetä heidän lähellään Sähkömagneettisia vaaroja koskeva koulutus henkilökunnalle

6.10 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Riskinarvioinnin perusteella johtaja päätti ottaa käyttöön seuraavat varotoimenpiteet:

- Mikäli mahdollista, ryhdytään toimiin sen varmistamiseksi, että työntekijät voivat pitää kädet ja vartalon kauempana pistehitsauspistoolista ja tarvittaessa kauempana myös muista johtimista ja virtakaapeleista. Johtaja hankki esimerkiksi tukia, jotka kannattelevat pistehitsauspistoolia. Tämän ansiosta työntekijöiden ei tarvinnut enää kannatella pistoolien painoa, joten he pystyvät nyt seisomaan pistoolin takana ja pitämään kiinni vain sen takaosasta, jotta se pysyy paikallaan hitsauksena aikana.
- Kiinnitetään hitsauslaitteisiin ja kuumentimiin varoituksia voimakkaista magneettikentistä ja kielletään hitsauslaitteen tai kuumentimen käyttö henkilöiltä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite tai jotka ovat erityisen alttiita riskeille, kuten raskaana olevat työntekijät. Käyttö kielletään myös näiden henkilöiden läheisyydessä. Kuvassa 6.15 on esimerkkejä korjaamon hitsauslaitteisiin kiinnitetyistä varoituskylteistä.

Kuva 6.15 Esimerkkejä voimakkaista magneettikentistä varoittavista kylteistä ja kyltistä, jossa hitsauslaitteen käyttö kielletään henkilöiltä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite (ja myös näiden henkilöiden läheisyydessä)



Varoitus – voimakas magneettikenttä
Pysytele etäällä pistoolin puristimesta hitsauksen aikana



Tämän laitteen käyttö on kielletty henkilöiltä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite, ja näiden henkilöiden läheisyydessä

- Annetaan työntekijöille tietoa myös riskinarvioinnin tuloksesta.
- Annetaan työntekijöille ohjeita siitä, miten altistuminen voidaan pitää EMF-direktiivin mukaisia toimenpidetasoja pienempänä.
- Varmistetaan esimerkiksi asianmukaisten perehdytystoimien avulla, että muut työntekijät tietävät hitsauslaitteiden ja kuumentimien aiheuttamasta sähkömagneettiseen kenttään liittyvästä vaarasta.
- Tarkistetaan riskinarviointi säännöllisesti.

6.11 Pistehitsauslaitteet autonvalmistuksessa

Vaikka kansainvälisiä autonvalmistajia ei voida pitää pk-yrityksinä, pistehitsauksella on kuitenkin niin merkittävä tehtävä tällä teollisuudenalalla, että kirjoittajat pitivät tärkeänä sisällyttää tähän julkaisuun asiantuntijan arviointi johtavien valmistajien käyttämiä pistehitsauslaitteita koskevista esimerkeistä.

6.11.1 Tehtaan pistehitsauslaitteiden arviointi

Arvioitavana oli kolme pistehitsauslaitetta: C-mallin pistooli, jossa oli 400 mm:n varsi, X-mallin pistooli, jossa oli 130 mm pitkät elektrodit, ja X-mallin pistooli, jossa oli 700 mm pitkät elektrodit. Kaksi pienempää pistoolia toimi 8 400 A:n virralla, kun taas suurin pistooli toimi 10 200 A:n virralla. Kaikkien kolmen pistoolin toimintataajuus oli 50 Hz, ja niihin syötettiin virtaa etämuuntajasta kaapeleilla, jotka oli suunniteltu minimoimaan magneettikentälle altistuminen. C-mallin 400 mm:n pistooli ja X-mallin 700 mm:n pistooli ovat kuvissa 6.16 ja 6.17.

Kuva 6.16 C-mallin 400 mm:n pistooli tehtaassa. Puristinta pidetään paikallaan käyttämällä pistoolin päällä olevia kahvoja, joista toinen näkyy kuvassa ylhäällä oikealla (kiillotettua kromia oleva osa). Tästä saa käsityksen käyttäjän sijainnista puristimiin nähden hitsauksen aikana



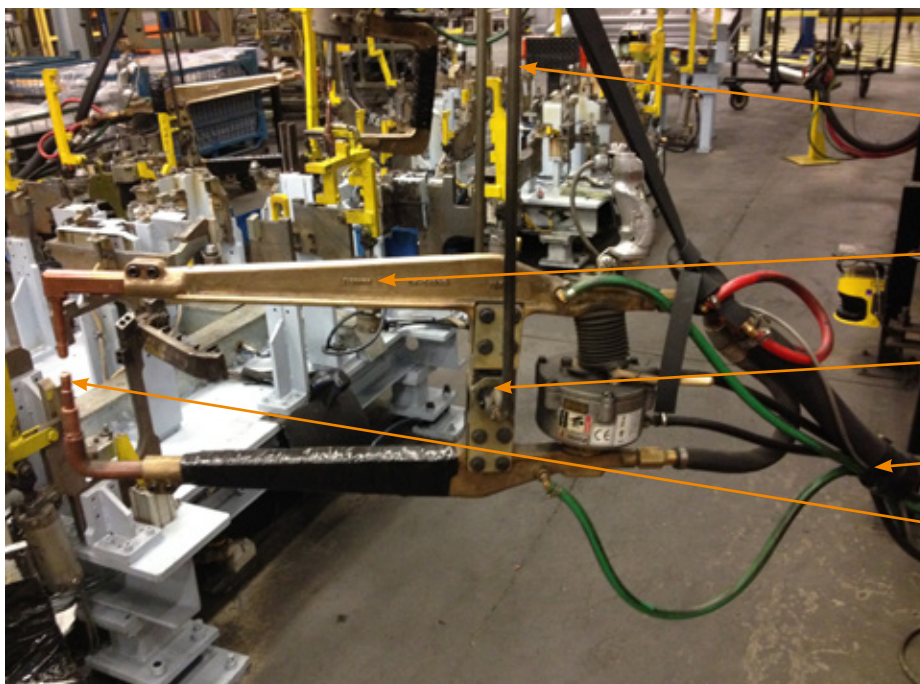
Oikean käden
kahva ja
aktivointipainike

Vasemman
käden
kahva

C-varsi

Elektrodit

Kuva 6.17 X-mallin 700 mm:n pistooli tehtaassa. Vaikka pistooli on tuen varassa, pistoolin koon vuoksi työntekijöiden on kuitenkin aina seisottava lähellä elektrodeja, jotta niitä voi ohjata ja pitää paikallaan.



Tuki

Olkavarsi

Sarana

Virtakaapeli

Elektrodit

Ajallisesti vaihtelevaa magneettivuon tiheyttä mitattiin hitsauspistoolien ympäriltä käyttämällä isotrooppista (kolmiakselista) anturia. Instrumentin sisäänrakennettu elektroninen suodatin antoi tuloksen prosenttiosuutena, joka oli johdettu käyttämällä aika-alueen painotettua huippuarvoa, joten tulosta voitiin verrata suoraan EMF-direktiivin mukaisiin toimenpidetasoihin. Lisäksi instrumentissa oli sisäänrakennettu spektrianalysaattori, jonka avulla voitiin analysoida aaltomuodon yliaaltosisältö.

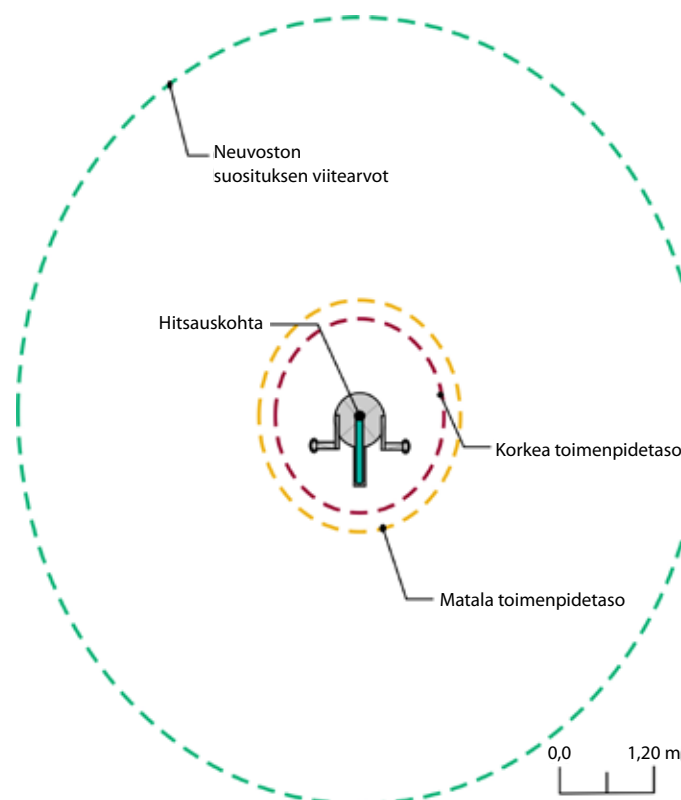
Hitsauslaitteet toimivat 50 Hz:n taajuudella. Tällä taajuusalueella EMF-direktiivin mukaiset korkeat ja matalat toimenpidetasot poikkeavat toisistaan huomattavasti. Siksi pistoolien ympärillä olevan magneettikentän voimakkuutta koskevat mittaustulokset näytetään prosenttiosuutena sekä korkeasta että matalasta toimenpidetasosta.

6.11.2 Tehtaan pistehitsauslaitetta koskevat mittaustulokset

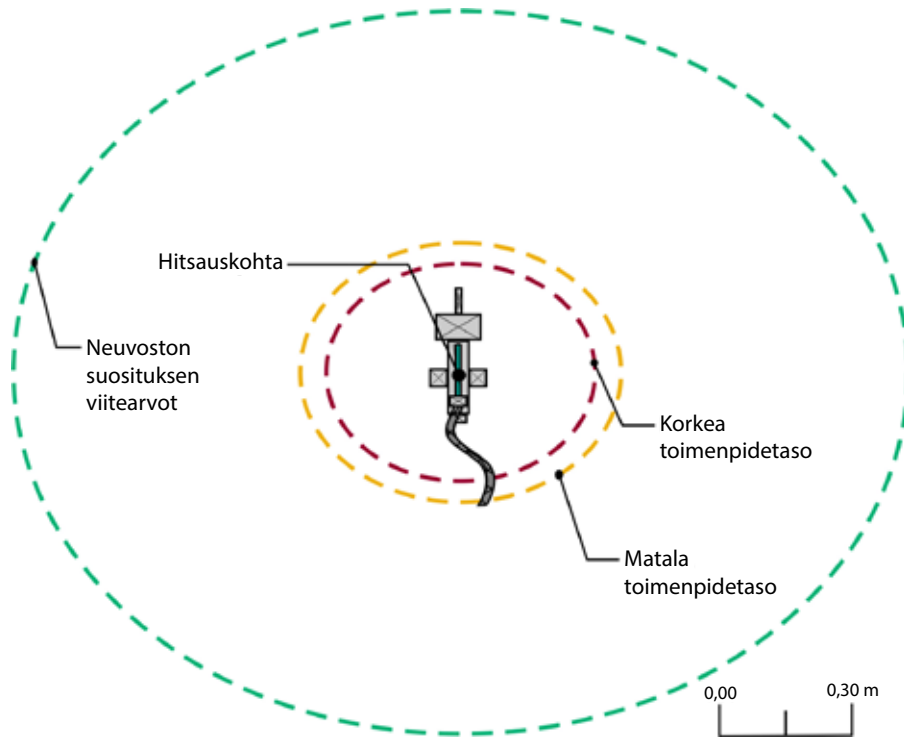
Saadut mittaustulokset on esitetty jäljempänä olevissa kuvissa ja taulukossa. Kaikissa tapauksissa mittaukset tehtiin silloin, kun hitsauslaitetta käytettiin siten kuin sitä käytetään korjaamon tavanomaisissa töissä.

Kuvissa 6.18–6.20 näytetään se alue kunkin hitsauspistoolin ympärillä, jolla EMF-direktiivin mukaiset korkeat ja matalat toimenpidetasot sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot ylittyivät. Kaikissa tapauksissa pistooleita ympäröivät viivat tarkoittavat 100:aa prosenttia kyseisestä tasosta. Keltainen viiva tarkoittaa EMF-direktiivin mukaista korkeaa toimenpidetasoa, punainen viiva matalaa toimenpidetasoa ja vihreä viiva neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyjä viitearvoja. Näiden kuvien lisäksi taulukossa 6.3 näytetään X-mallin hitsauspistoolin virtakaapelin ympärillä tehdyn mittauksen tuloksen.

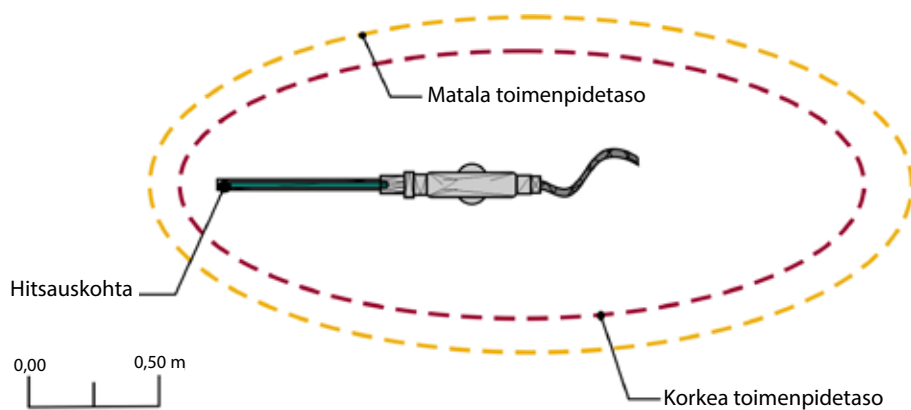
Kuva 6.18 Pohjapiirros, jonka ääri viivojen sisällä matala toimenpidetaso (keltainen), korkea toimenpidetaso (punainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä tehtaan C-mallin 400 mm:n pistehitsauspistoolin ympärillä.



Kuva 6.19 Pohjapiirros, jonka ääri viivojen sisällä matala toimenpidetaso (keltainen), korkea toimenpidetaso (punainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä tehtaan X-mallin 130 mm:n pistehitsauspistoolin ympärillä.



Kuva 6.20 Pohjapiirros, jonka ääri viivojen sisällä matala toimenpidetaso (keltainen) ja korkea toimenpidetaso (punainen) voivat ylittyä tehtaan X-mallin 700 mm:n pistehitsauspistoolin ympärillä. Tässä tapauksessa ääri viivat ulottuvat pistoolin taakse, mikä johtuu pistoolin takaosassa olevien johtimien tuottamista kentistä.



Taulukko 6.3 X-mallin hitsauspistoolin ja pään yläpuolella sijaitsevan muuntajan välisen kaapelin mittaustulokset

Puristintyyppi	Sähkövirta (A)	% matalasta toimenpidetasosta ¹ 10 cm:n etäisyydellä kaapelista
130 mm:n X-malli	8 400	12

¹ Magneettivuon tiheys, matala toimenpidetaso, taajuudet 25–300 Hz: 1 000 μ T

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ± 10 %, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasosta.

6.11.3 Tehtaan pistehitsauslaitteiden mittaustulokset toimenpidetasoihin nähden

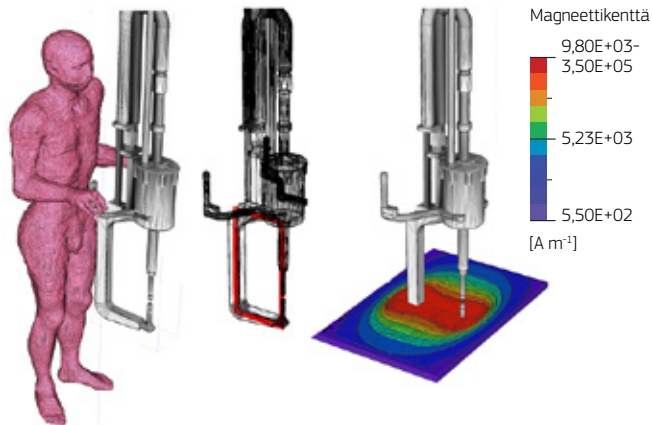
Matala toimenpidetaso ylittyi 37–147 cm:n etäisyydellä pistooleista, kun taas korkea toimenpidetaso ylittyi 27–125 cm:n etäisyydellä pistooleista. Tässä yhteydessä on kuitenkin todettava, että alueeseen, jolla toimenpidetasot ylittyvät X-mallin 700 mm:n pistoolin ympärillä (kuva 6.20), vaikuttavat elektrodien lisäksi myös pistoolin takaosassa olevat johtimet. Lisäksi magneettikenttien voimakkuus ylitti neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot useiden metrien etäisyydellä hitsauspistooleista (ks. oppaan osan 1 liite E). Pistoolin virtakaapelit oli suunniteltu minimoimaan magneettikentille altistumisen, ja näin ollen kaapelista johtuva altistuminen oli reilusti matalaa toimenpidetasoa vähäisempää, kuten taulukosta 6.3 käy ilmi.

6.11.4 Tehtaan pistehitsauslaitteiden mittaustulokset altistumisen raja-arvoihin nähden

Tulokset osoittivat, että työntekijöiden altistuminen ylitti asiaankuuluvat toimenpidetasot reilusti, kun he seisovat 10–20 cm:n päässä pistooleista. Vaikka työnantaja otti käyttöön monia tämän tapausselostuksen kohdassa 6.10 kuvatuista toimenpiteistä, työntekijöiden ei ollut aina mahdollista pysytellä toimenpidetasot ylittävien alueiden ulkopuolella. Sen vuoksi asiantuntija teki EMF-direktiivin 4 artiklan 3 kohdan mukaisesti tietokonemallinnuksen, jotta voitiin määrittää, ylittivätkö asianmukaiset altistumisen raja-arvot todella.

Asiantuntija laati C-mallin 400 mm:n pistoolista mallin mainittujen mittausten ja havaintojen perusteella. Mallin avulla laskettiin pistoolin takaisten alueiden magneettikentät, myös ne, joilla työntekijä oleskelee, ja myös työntekijä lisättiin malliin. Kuvassa 6.21 näkyvät lopulliset pistoolia ja työntekijöitä koskevat mallit; pistoolimallin vieressä näkyy virtasilmutta (merkitty punaisella), jolla simuloitiin magneettikentän tuottamista ja laskettuja magneettikentän voimakkuuksia valitulla x-y-tasolla.

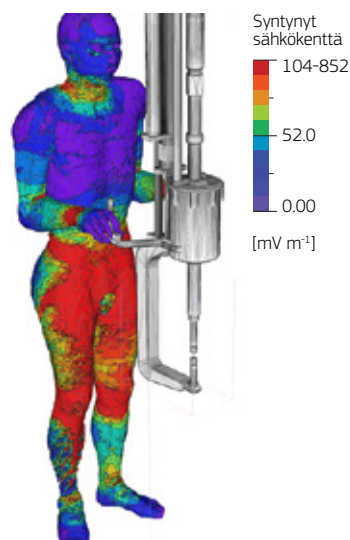
Kuva 6.21 C-mallin 400 mm:n hitsauspistoolia ja sitä käyttävää työntekijää (vasemmalla) koskevat mallit, virtasilmukka (C-varsi, merkitty punaisella), jonka vuoksi magneettikenttä (keskellä) ja pistoolin ympärillä sitä käytettäessä oleva magneettikenttä (oikealla) syntyvät



Kun pistooli ja työntekijä oli mallinnettu, tehtiin numeeriset laskelmat vartaloon kohdistuvista sisäisistä sähkökentistä. Nämä laskelmat on tehty siten, että vartalo oli 15 cm:n päässä pistoolin varresta, ja tulokset on esitetty kuvassa 6.22. Punainen tarkoittaa melko suurta sähkökenttää, kun taas violetti tarkoittaa pientä arvoa. Voidaan nähdä, että kenttä absorboituu pääasiassa käyttäjän vyötärön ja reiden yläosien alueelle, jotka ovat lähimpänä virtasilmukkaa.

Asiaankuuluvat altistumisen raja-arvot eivät ylittyneet 15 cm:n etäisyydellä, joten tehtiin lisälaskelmia niiden etäisyyksien määrittämiseksi, joilla altistumisen raja-arvot ylittyisivät. Näiden lisälaskelmien tulokset ovat taulukossa 6.4.

Kuva 6.22 Suurimpien syntyneiden sähkökenttien spatiaalinen jakauma ihmismallissa C-mallin 400 mm:n hitsauspistoolin tuottamille magneettikentille altistumisen yhteydessä



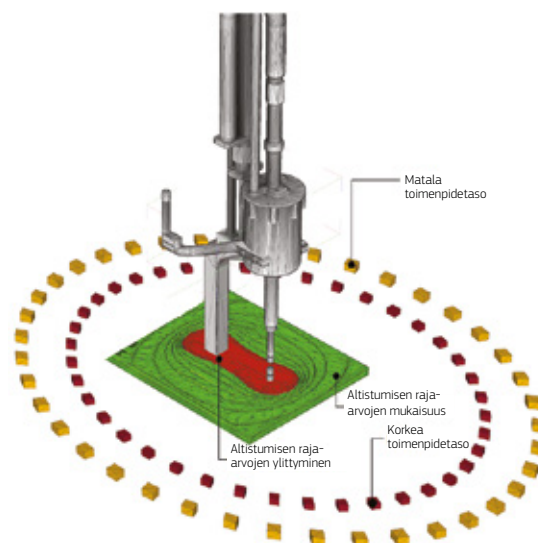
Taulukko 6.4 Suurin sisäisen magneettikentän voimakkuus prosenttiosuutena asianmukaisesta altistumisen raja-arvosta

Keskivartalon ja pistoolin välinen etäisyys (cm)	15	7	4
Voimakkain syntynyt sähkökenttä kehossa (mVm^{-1})	287	611	811
Prosenttiosuus terveysvaikutusraja-arvoista (%)¹	37	79	104
Voimakkain syntynyt sähkökenttä keskushermostossa (mVm^{-1})	52	84	92
Prosenttiosuus aistimusraja-arvoista (%)²	53	85	93

¹ Terveysvaikutusraja-arvo 50 Hz:n taajuudella on 778 mVm^{-1} (rms)

² Aistimusraja-arvo 50 Hz:n taajuudella on 99 mVm^{-1} (rms)

Taulukko 6.4 osoittaa, että kun työntekijä pitää pistoolia 15 cm:n etäisyydellä vartalostaan, suurinta syntynyttä sähkökenttää koskeva arvo on 287 mVm^{-1} , joka on 37 prosenttia terveysvaikutusraja-arvosta. Päässä olevien keskushermostokudosten osalta suurinta syntynyttä sähkökenttää koskeva arvo on 52 mVm^{-1} , joka on 53 prosenttia aistimusraja-arvosta. Tulokset osoittavat, että terveysvaikutusraja-arvo ylittyy vain, jos vartalon ja pistoolin välinen etäisyys pienenee noin neljään senttimetriin. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka työntekijät altistuvat toimenpidetasoja voimakkaammille magneettikentille, syntyneet sisäiset sähkökentät eivät kuitenkaan ylitä altistumisen raja-arvoja. Toimenpidetasot ylittävien alueiden koon ero verrattuna sen alueen kokoon, jolla työntekijä todella ylittäisi terveysvaikutusraja-arvot, on esitetty jäljempänä olevassa kuvassa 6.23.

Kuva 6.23 Visuaalinen kuvaus C-mallin 400 mm:n pistoolia ympäröivästä alueesta, jolla terveysvaikutusraja-arvot voisivat ylittyä (vihreän alueen sisällä oleva punainen alue) kuvan 6.18 mukaisten korkean ja matalan toimenpidetaso viivojen (punainen ja keltainen) vieressä

Yhteenvedon voidaan siis todeta, että toimenpidetasot ovat varovainen arvio ylialtistumisesta ja että altistumistilanne on itse asiassa EMF-direktiivin mukainen.

7. HITS AUS

7.1 Työpaikka

Tämä tapausselostus koskee metallipajaa, jossa käytetään monenlaisia vastushitsauskoneita.

7.2 Työn luonne

Työntekijät käyttävät pistehitsauslaitteita ja kiekkohitsauslaitteita lankojen ohutlevyjen hitsaukseen. Työpajassa on useita tällaisia laitteita.

7.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

Vastushitsauslaitteet koostuvat kahdesta elektrodista, jotka puristuvat yhteen hitsattavien komponenttien päällä. Virta kulkee elektrodien ja komponenttien läpi, ja hitsaukseen tarvittavan lämmön tuottaa komponenttien resistanssi eli sähköinen vastus. Laitteen asetukset valitaan hitsattavien komponenttien ominaisuuksien mukaan.

7.3.1 Pistehitsauslaitteet

Pistehitsauslaitteissa on kaksi pientä lieriömäistä elektrodia, jotka puristavat komponentit yhteen, ja pistehitsi muodostuu niiden kautta kulkevasta suuresta sähkövirrasta. Yrityksessä on kahdentyyppisiä pistehitsauslaitteita: kiinteitä pöytämallisia ja liikuteltavia laitteita.

Kiinteää pistehitsauslaitetta (kuva 7.1) käytetään yleensä ruostumattomasta teräksestä valmistettujen 1,2 mm:n trokanterivaijereiden hitsaukseen. Tämä laite on suunniteltu käytettäväksi työtasolla siten, että käyttäjä seisoo laitteen edessä. Yleensä laite toimii 19 prosentilla suurimmasta saatavilla olevasta virrasta (3 500 A) eli 665 A:n virralla, ja virtalähteen taajuus on 50 Hz. Liikuteltavaa pistehitsauslaitetta (kuva 7.2) käytetään hitsattaessa ohutlevyjä kiinni toisiinsa. Hitsauslaitteessa on elektrodivarret, jotka liikkuvat nipistävin liikkein puristaen elektrodien kärjet komponentin päälle. Se toimii yleensä 7 000 A:n virralla, ja virtalähteen taajuus on 2 kHz.

Kuva 7.1 Kiinteä pöytämallinen pistehitsauslaite**Hitsauselektrodit****Kuva 7.2 Liikuteltava pistehitsauslaite**

7.3.2 Kiekkohitsauslaite

Kiekkohitsauslaitteella hitsataan metallikappaleita yhteen. Elektrodit ovat kiekon muotoisia, ja ne pyörivät materiaalin liikkeessä niiden välissä, jolloin hitsaussauma muodostuu progressiivisesti. Laite toimii yleensä 7 000 A:n virralla, ja virtalähteen taajuus on 50 Hz (kuva 7.3).

Kuva 7.3 Kiekkohitsauslaite edestä ja sivulta



7.4 Miten laitteita käytetään?

Hitsattaessa hitsauskoneiden käyttäjät yleensä seisovat tai istuvat koneiden vieressä, ja heidän kätensä ovat lähimpänä koneita. Kiinteää pistehitsauslaitetta ja kiekkohitsauslaitetta käytettäessä käyttäjä pitää kiinni hitsattavasta materiaalista, jolloin käyttäjän kädet voivat olla vain 10 cm:n päässä hitsauselektrodeista. Liikuteltavaa pistehitsauslaitetta käytettäessä hitsattava materiaali on kiinnitetty paikoilleen ja käyttäjä seisoo lähellä hitsauslaitetta ja pitää sitä paikallaan. Kaikki hitsauslaitteet sijaitsevat työpajassa muiden metalliosien valmistamisessa käytettävien koneiden ja työkalujen kanssa.

7.5 Altistumisen arviointitapa

Yritys tutustui jokaista laitetta koskeviin valmistajan tietoihin. Joissakin käyttöohjeissa mainittiin, että laite saattaa tuottaa magneettikenttiä, joista aiheutuu vaaraa sydämentahdistimia käyttäville henkilöille. Yritys ei kuitenkaan löytänyt tarkempia tietoja tämän vaaran laajuudesta (eli siitä, miten kauas laitteesta tämä vaara ulottuu) tai magneettikentän voimakkuudesta EMF-direktiivin mukaisten toimenpidetasojen kannalta. Joistakin vanhemmista laitteista yritys ei löytänyt valmistajan tietoja lainkaan.

Hitsauslaitteet sijaitsevat työpajassa, johon useimmilla työntekijöillä on kulkuoikeus ja johon myös ulkopuoliset urakojat ja vierailijat pääsevät. Siksi yritys päätti tehdä tarkempia arviointeja riskeistä. Koska laitteiden valmistajilta ei saatu lisätietoja, yritys tilasi arvioinnin asiantuntijakonsultilta.

Tarkempaan arviointiin valittiin kolme erityyppistä vastushitsauslaitetta, koska tuloksista saataisiin tärkeää tietoa työpajan muihin samankaltaisiin laitteisiin liittyvistä vaaroista. Konsultti mittasi magneettivuon tiheyttä laitteiden ympäriltä käyttäen instrumenttia, jossa oli sisäänrakennettu elektroninen suodatin. Mittauslaite antoi tuloksen prosenttiosuutena, joka oli johdettu käyttämällä aika-alueen painotettua huippuarvoa, joten tuloksia voitiin verrata suoraan toimenpidetasoihin.

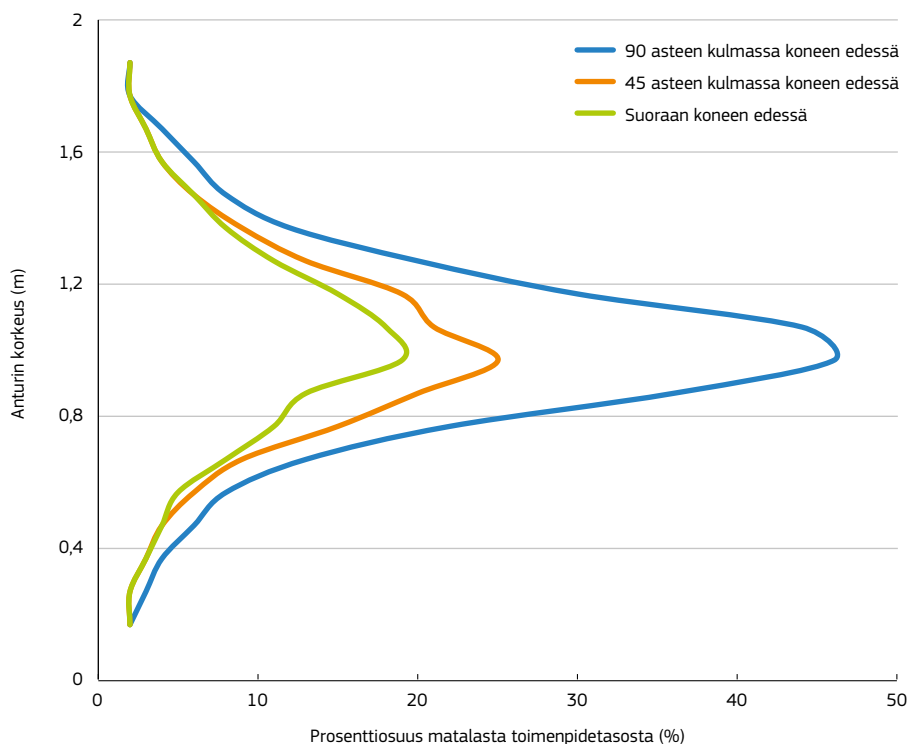
7.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

7.6.1 Kiinteä pistehitsauslaite

Konsultti havainnoi käyttäjää, kun tämä käytti kiinteää pistehitsauslaitetta. Konsultti havaitsi, että käyttäjän pää ja keskivartalo pysyivät vähintään 30 cm:n päässä elektrodeista hitsauksen aikana ja että käyttäjä saattoi seistä myös laitteen vieressä, ei siis pelkästään sen edessä. Siksi mittaukset tehtiin kolmessa kohdassa 30 cm:n päässä elektrodeista: suoraan elektrodien edessä, 45 asteen kulmassa elektrodien edessä (vasemmalla puolella) ja 90 asteen kulmassa elektrodien edessä (vasemmalla puolella). Jokaisessa kohdassa mittauksia tehtiin eri korkeuksilta.

Mittauksissa havaittiin, ettei magneettivuon tiheys ylittänyt 50:tä prosenttia matalasta toimenpidetasosta missään näistä mahdollisista käyttäjän paikoista (kuva 7.4).

Kuva 7.4 Magneettivuon tiheys prosenttiosuutena matalasta toimenpidetasosta käyttäjän paikan korkeuteen nähden (30 cm:n päässä elektrodeista)



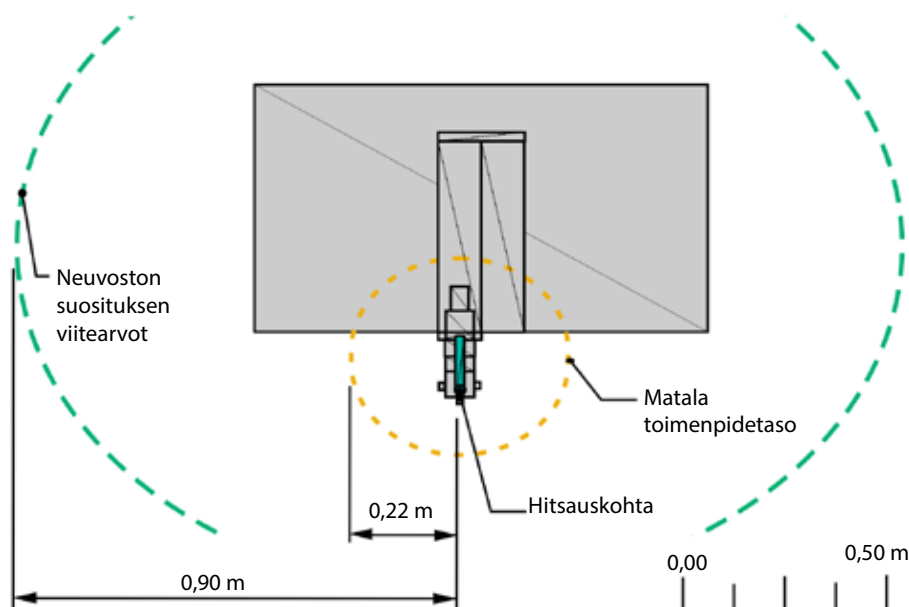
Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasosta.

Paikka, jossa magneettivuon tiheys oli yhtä suuri kuin matala toimenpidetaso, oli noin 22 cm:n päässä elektrodeista sillä korkeudella, jossa elektrodit yhtyvät. Alue, jossa matala toimenpidetaso voi ylittyä, näkyy kuvassa 7.5.

Käyttäjän käsien havaittiin olevan vähintään 10 cm:n päässä elektrodeista hitsauksen aikana. Tällä kohdalla magneettivuon tiheys oli alle kahdeksan prosenttia raajan toimenpidetasosta.

Konsultti teki mittauksia myös muissa kohdissa laitteen ympärillä ja vertasi tuloksia neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin viitearvoihin. Näitä tasoja voidaan käyttää laaja-alaisena osoittimena riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden altistumisesta (ks. oppaan osan 1 liite E). Mittauksissa todettiin, että viitearvot voivat ylittyä enintään yhden metrin päässä elektrodeista. Tämä alue näkyy kuvassa 7.5, johon se on merkitty vihreillä ääri viivoilla.

Kuva 7.5 Pohjapiirros, jonka ääri viivojen sisällä matala toimenpidetaso (keltainen) sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä kiinteän pistehitsauslaitteen ympärillä.

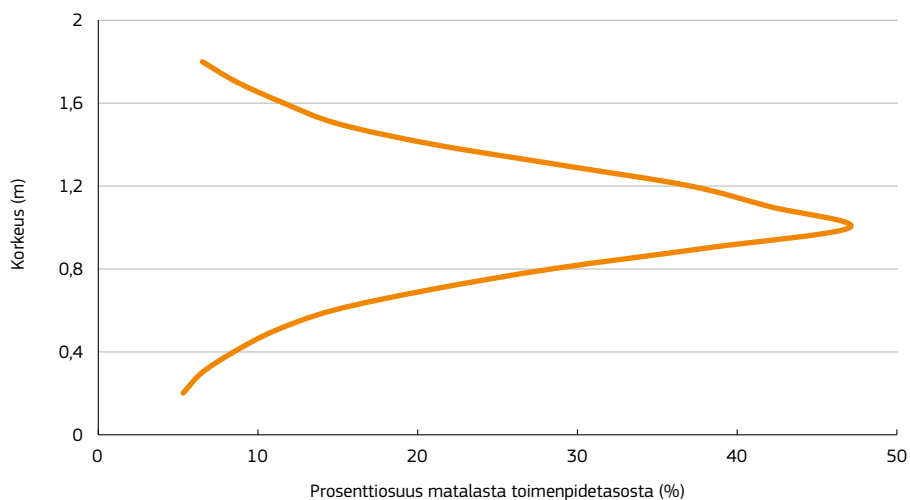


7.6.2 Liikuteltava pistehitsauslaite

Käyttäjä pitää pistehitsauslaitetta paikallaan hitsauksen aikana. Elektrodivarsien pituuden (75 cm) vuoksi käyttäjä seisoo noin yhden metrin päässä elektrodien kärjistä. Mittaukset tehtiin tästä kohdasta useilta korkeuksilta.

Suurin mittaustulos saatiin korkeudelta, jossa elektrodit yhtyvät (tässä arvioinnissa kohta oli yhden metrin korkeudella maasta). Mittauksissa havaittiin, ettei magneettivuon tiheys ylittänyt 50:tä prosenttia toimenpidetasoista käyttäjän paikassa (kuva 7.6).

Kuva 7.6 Magneettivuon tiheys prosentiosuutena korkeasta ja matalasta toimenpidetasosta käyttäjän paikan korkeuteen nähden (yhden metrin päässä elektrodien kärjistä)



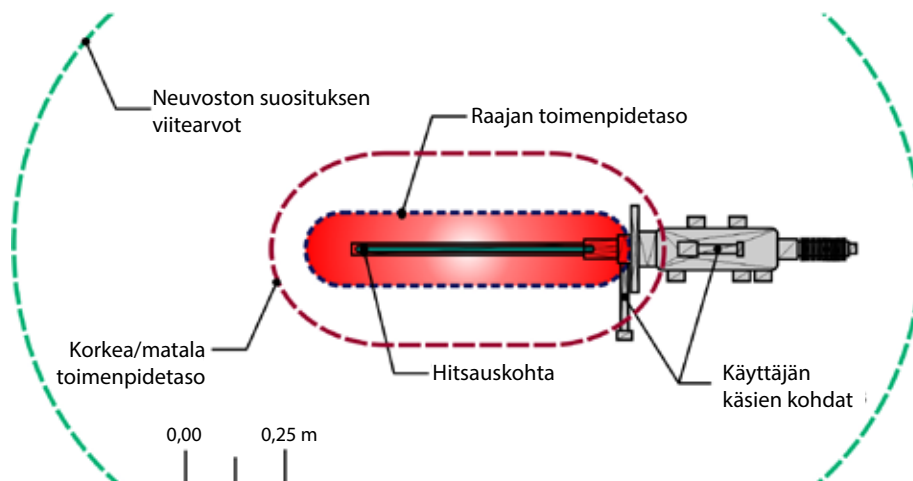
Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista.

Mittauksia tehtiin myös käyttäjän käsien kohdalta (kuva 7.2). Tässä kohdassa magneettivuon tiheys oli 88 prosenttia raajan toimenpidetasosta.

Konsultti teki mittauksia myös muissa kohdissa laitteen ympärillä ja vertasi tuloksia neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin viitearvoihin. Mittauksissa todettiin, että viitearvot voivat ylittyä enintään 1,3 m:n päässä laitteesta.

Alueet, joilla raajan toimenpidetasot, korkeat ja matalat toimenpidetasot sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä, näkyvät kuvassa 7.7, johon ne on merkitty sinisin, punaisin ja vihrein viivoin.

Kuva 7.7 Pohjapiirros, jonka äärioviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen), korkeat ja matalat toimenpidetasot (punainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä liikuteltavan pistehitsauslaitteen ympärillä.

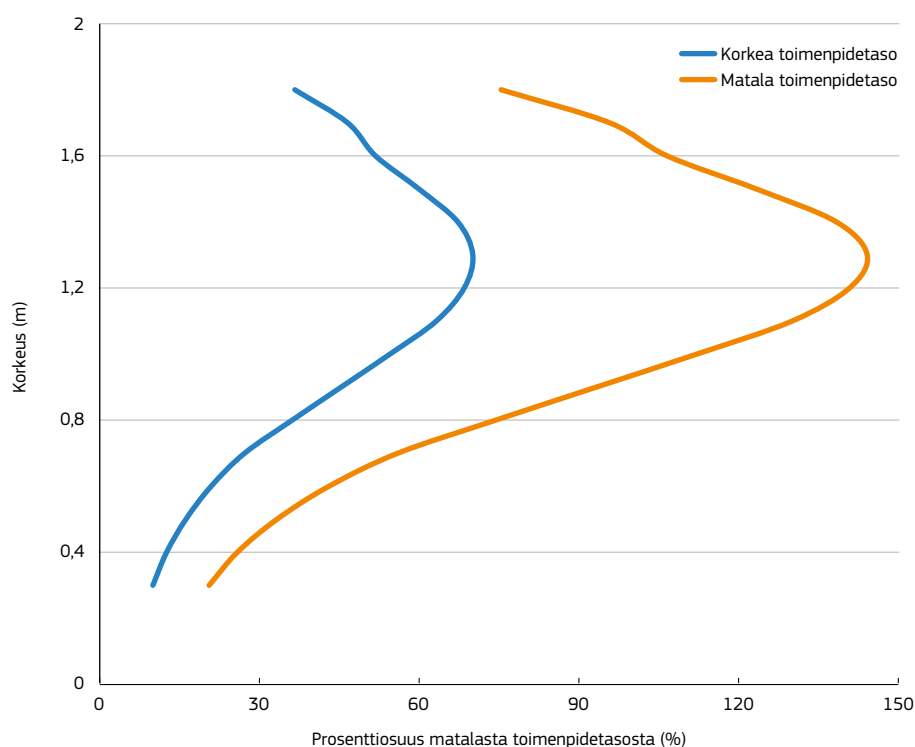


7.6.3 Kiekkohitsauslaite

Käyttäjä seisoo laitteen vierellä, ja hänen päänsä ja keskivartalonsa ovat vähintään 50 cm:n päässä elektrodien keskikohdasta hitsauksen aikana. Mittaukset tehtiin tästä kohdasta useilta korkeuksilta.

Suurin mittaustulos saatiin korkeudelta, jossa elektrodit yhtyvät (tässä arvioinnissa kohta oli 130 cm:n korkeudella maasta). Tässä kohdassa korkea toimenpidetaso ei ylittynyt, mutta magneettivuon tiheyden mitattiin olevan noin 140 prosenttia matalasta toimenpidetasosta (kuva 7.8).

Kuva 7.8 Magneettivuon tiheys prosenttiosuutena korkeasta ja matalasta toimenpidetasosta käyttäjän paikan korkeuteen nähden (50 cm:n päässä elektrodeista sivusuunnassa)



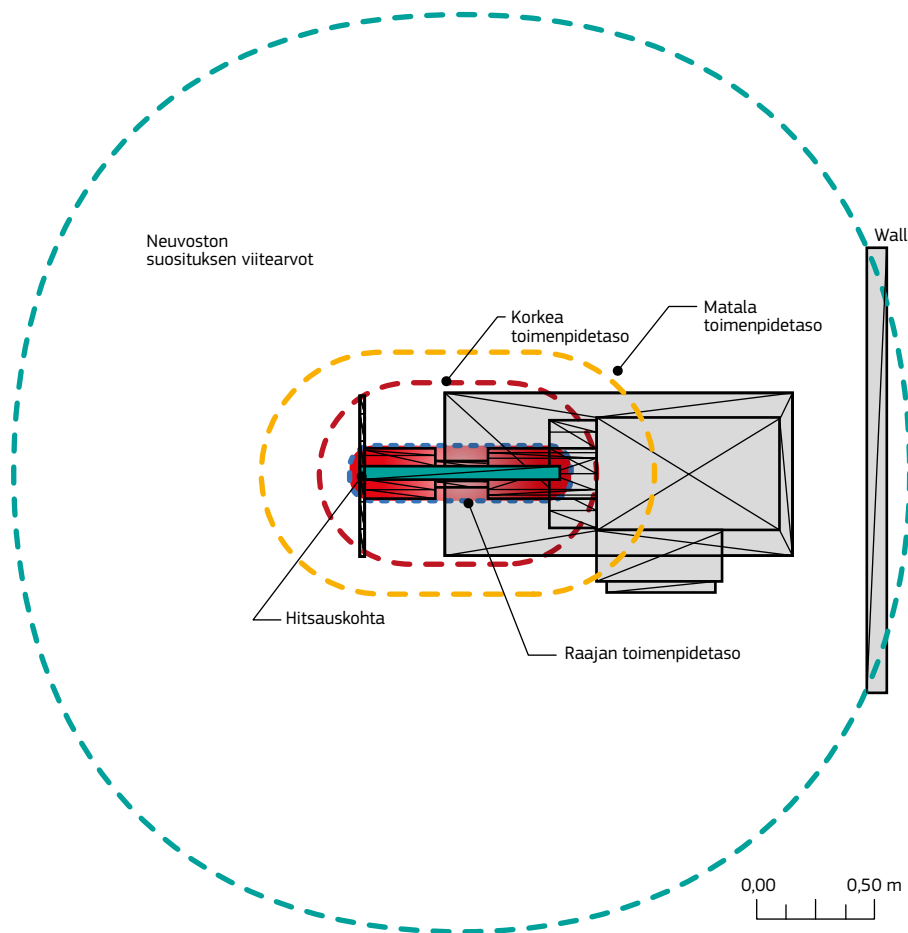
Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 10\%$, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista.

Mittauksia tehtiin myös elektrodeja lähinnä olevan käyttäjän käden kohdalta (noin 10 cm:n päässä hitsauskohdasta). Tässä kohdassa magneettivuon tiheys oli alle 67 prosenttia raajan toimenpidetasosta. Mittauksessa kuitenkin todettiin, että tämä toimenpidetaso saattaa ylittyä, jos raajat ovat hitsauselektrodien takana, eivät siis niiden vieressä.

Kuten pistehitsauslaitteenkin yhteydessä, konsultti teki mittauksia myös muissa kohdissa laitteen ympärillä ja vertasi tuloksia neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin viitearvoihin. Mittauksissa todettiin, että viitearvot voivat ylittyä enintään 2,45 metrin päässä elektrodeista.

Alueet, joilla raajan toimenpidetasot, korkeat ja matalat toimenpidetasot ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä, on esitetty kuvassa 7.9.

Kuva 7.9 Pohjapiirros, jonka ääriviivojen sisällä raajan toimenpidetaso (sininen), korkea toimenpidetaso (punainen), matala toimintataso (keltainen) ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (vihreä) saattavat ylittyä kiekkohitsauslaitteen ympärillä



7.7 Riskinarviointi

Yritys teki hitsauslaitteidensa osalta sähkömagneettisia kenttiä koskevan riskinarvioinnin, joka perustui käyttöohjeiden tarkasteluun ja konsultin tekemiin mittauksiin (taulukot 7.1, 7.2 ja 7.3). Ne tehtiin OiRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisesti. Riskinarvioinnin päätelmät olivat seuraavat:

- Korkea toimenpidetaso ja raajan toimenpidetaso eivät ylity käyttäjän tyypillisessä paikassa.
- Matala toimenpidetaso voi ylittyä käyttäjän paikassa kiekkohitsauslaitetta käytettäessä.
- Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä kaikkien hitsauskoneiden ympärillä.

Yritys laati riskinarvioinnin perusteella toimintasuunnitelman, joka dokumentoitiin.

Taulukko 7.1 Kiinteän pistehitsauslaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Todennäköisyys		
<p>Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset:</p> <p>Matala toimenpidetaso voi ylittyä 22 cm:n päässä elektrodeista</p> <p>Neuvoston suositusten 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1 m:n etäisyydellä elektrodeista</p>	<p>Käyttäjän tyypillinen paikka sijaitsee yli 30 cm:n päässä elektrodeista, eli matalan toimenpidetason ei pitäisi ylittyä käyttäjän paikassa</p>	<p>Käyttäjät</p> <p>Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)</p>	✓		✓	Pieni	<p>Käyttäjille ja muille työpajassa työskenteleville henkilöille annetaan tietoa ja koulutusta</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoituskylttejä</p> <p>Lattiaa on maalattava viivat, joilla merkitään se alue, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä</p> <p>Laitteen käyttö tai vaarallista aluetta tarkoittavien ääriivivojen ylittäminen on kiellettyä raskaana olevilta työntekijöiltä</p>
<p>Sähkömagneettisten kenttien epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset)</p> <p>Neuvoston suositusten 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1 m:n etäisyydellä elektrodeista</p>	<p>Ei mitään</p>	<p>Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille</p>	✓		✓	Pieni	<p>Kaikille työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta</p> <p>Työpaikan turvallisuustiedoissa on annettava tätä koskevia varoituksia</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoitus- ja kieltokylttejä</p> <p>Laitteen käyttö tai vaarallista aluetta tarkoittavien ääriivivojen ylittäminen, kun laite on käytössä, on kiellettyä työntekijöiltä, joilla on jokin aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite</p>

Taulukko 7.2 Liikuteltavan pistehitsauslaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
<p>Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset:</p> <p>Korkeat ja matalat toimenpidetasot voivat ylittyä 33 cm:n päässä elektrodivarista</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1,3 m:n etäisyydellä laitteesta</p>	Ei ole. Alue, jolla korkeat ja matalat toimenpidetasot ylittyvät, on paikallinen	<p>Käyttäjät</p> <p>Muut työntekijät</p> <p>Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)</p>	✓			✓	Pieni	<p>Käyttäjille ja muille työpajassa työskenteleville henkilöille on annettava tietoa ja koulutusta</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoituskylttejä</p> <p>Lattiaan on maalattava viivat, joilla merkitään se alue, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä</p> <p>Laitteen käyttö tai vaarallista aluetta tarkoittavien ääriviivojen ylittäminen on kiellettävä raskaana olevilta työntekijöiltä</p>
<p>Sähkömagneettisen kentän epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinällisiin laitteisiin kohdistuvat vaikutukset)</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 1,3 m:n etäisyydellä elektrodeista</p>	Ei mitään	<p>Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille</p>	✓			✓	Pieni	<p>Kaikille työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta</p> <p>Työpaikan turvallisuustiedoissa on annettava tätä koskevia varoituksia</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoitus- ja kieltokylttejä</p> <p>Laitteen käyttö tai vaarallista aluetta tarkoittavien ääriviivojen ylittäminen, kun laite on käytössä, on kiellettävä työntekijöiltä, joilla on jokin aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite</p>

Taulukko 7.3 Kiekkohitsauslaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
<p>Sähkömagneettisen kentän suorat vaikutukset:</p> <p>Matala toimenpidetaso ylittyy käyttäjän kohdalla</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 2,45 m:n etäisyydellä elektrodeista</p>	Ei mitään	<p>Käyttäjät</p> <p>Muut työntekijät</p> <p>Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)</p>	✓				✓	<p>Pieni</p> <p>Käyttäjille ja muille työntekijöille annetaan tietoa ja koulutusta mahdollisista aistinelimiin kohdistuvista vaikutuksista ja siitä, että jos sellaisia vaikutuksia esiintyy, siitä on ilmoitettava</p> <p>Laitteeseen kiinnitetään varoituskylttejä</p> <p>Lattiaan maalataan viivat, joilla merkitään se alue, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä</p> <p>Laitteen käyttö tai vaarallista aluetta tarkoittavien ääriviivojen ylittäminen kielletään raskaana olevilta työntekijöiltä</p>
<p>Sähkömagneettisen kentän epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoiuihin lääkinällisiin laitteisiin kohdistuvat vaikutukset)</p> <p>Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot saattavat ylittyä 2,45 m:n etäisyydellä elektrodeista</p>	Ei mitään	<p>Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille</p>	✓				✓	<p>Pieni</p> <p>Kaikille työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta</p> <p>Työpaikan turvallisuustiedoissa on annettava tätä koskevia varoituksia</p> <p>Laitteeseen on kiinnitettävä varoitus- ja kieltokylttejä</p> <p>Laitteen käyttö tai vaarallista aluetta tarkoittavien ääriviivojen ylittäminen, kun laite on käytössä, on kiellettävä työntekijöiltä, joilla on jokin aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite</p>

7.8 Jo käytössä olevat varotoimet

Ennen konsultin tekemiä arviointimittauksia käytössä ei ollut erityisiä varotoimia sähkömagneettisille kentille altistumisen rajoittamiseksi.

7.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Arviointimittauksen ja laitteeseen liittyvien vaarojen arvioinnin perusteella yrityksessä laadittiin toimintasuunnitelma ja päätettiin alkaa noudattaa seuraavia varotoimia:

- Annetaan työntekijöille tietoa hitsauslaitteisiin liittyvästä sähkömagneettisia kenttiä koskevasta vaarasta.
- Maalataan lattiaan laitteiden ympärille viivat, joilla merkitään se alue, jolla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot voivat ylittyä.
- Kielletään hitsauslaitteilla työskentely tai lattiaan merkittyjen viivojen ylittäminen raskaana olevilta työntekijöiltä tai henkilöiltä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite.
- Kiinnitetään laitteeseen varoituskyltit voimakkaista magneettikentistä sekä niitä henkilöitä koskevat kieltokyltit, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite (kuva 7.10).
- Varmistetaan asianmukaisin työpaikan perehdytystoimenpitein ja yhteistyössä urakoijien kanssa, että työpajaan tulevat henkilöt tietävät riskeistä.

Kuva 7.10: Esimerkkejä voimakkaista magneettikentistä varoittavista kylteistä ja kuva kieltosymbolista, joka koskee henkilöitä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite



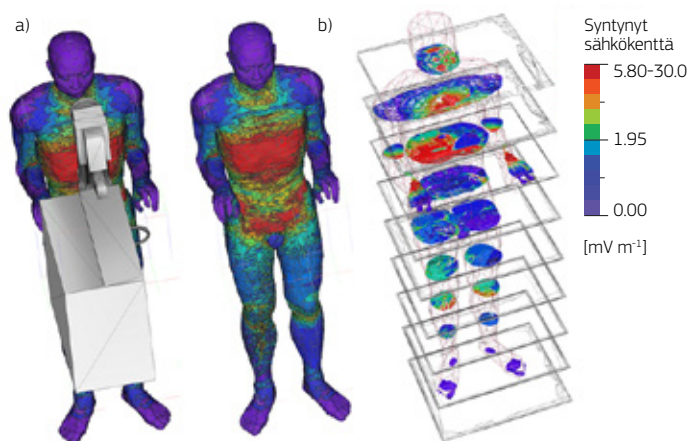
7.10 Lisätiedon lähteitä

Kaikkien kolmen hitsauskoneen ympärillä tehtyjen mittausten tuloksiin perustuva tietokonemallinnus osoittaa, että syntyneet sähkökentät olivat altistumisen raja-arvojen sisällä.

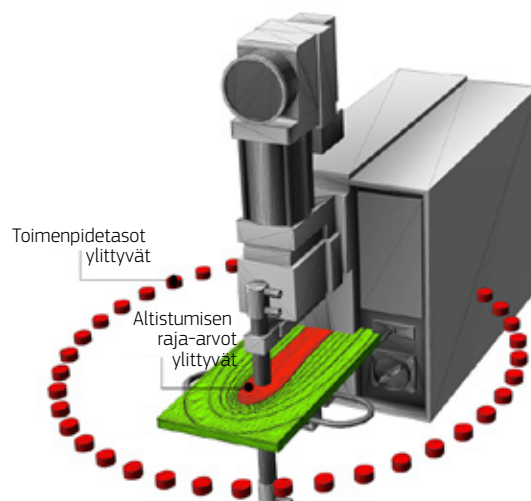
7.10.1 Kiinteä pistehitsauslaite

Kiinteän pistehitsauslaitteen osalta todettiin, että käyttäjän altistuminen on alle yksi prosentti altistumisen raja-arvosta (kuva 7.11). Altistumisen raja-arvo ylittyisi vain, jos vartalo sijaitisi elektrodien ja hitsauslaitteen rungon välissä tai yhtä senttimetriä lähempänä elektrodeja, kun laite on käynnissä (kuva 7.12).

Kuva 7.11 Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa, kun vartalo on 20 cm:n päässä elektrodeista ja kun käsien etäisyys on noin 8 cm. Kuvassa näkyy myös pistehitsauslaitteelle altistumisesta syntyneen suurimman sisäisen sähkökentän jakauma käyttäjässä a) vartalon pinnassa ja b) erilaisissa vaakasuuntaisissa leikkeissä vartalon sisässä.



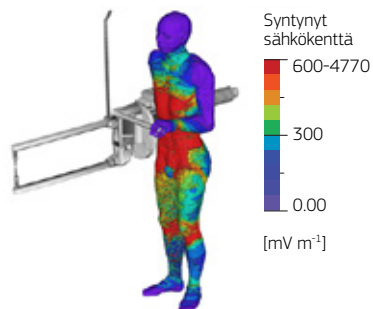
Kuva 7.12 Kiinteän pistehitsauslaitteen ympärillä olevat viivat osoittavat ne alueet, joilla terveysvaikutusraja-arvot saattavat ylittyä (punainen alue). Kuvassa näkyvät myös ne alueet, joilla terveysvaikutusraja-arvot eivät ylitä (vihreä alue ja sen takana oleva alue), ja se alue, jolla matala toimenpidetaso voi ylittyä (punaiset ympyrät).



7.10.2 Liikuteltava pistehitsauslaite

Liikuteltavan pistehitsauslaitteen osalta todettiin, etteivät toimenpidetasot ylittyneet käyttäjän paikassa. Syntyneen sähkökentän jakauma näkyy kuvassa 7.13.

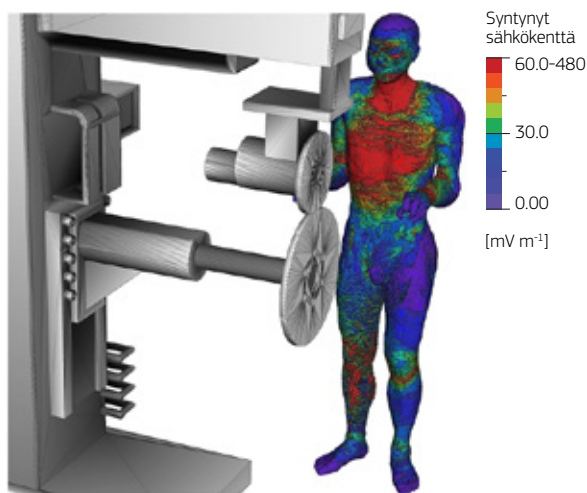
Kuva 7.13 Liikuteltavalle pistehitsauslaitteelle altistumisesta syntyneiden suurimpien sähkökenttien spatiaalinen jakauma ihmismallissa



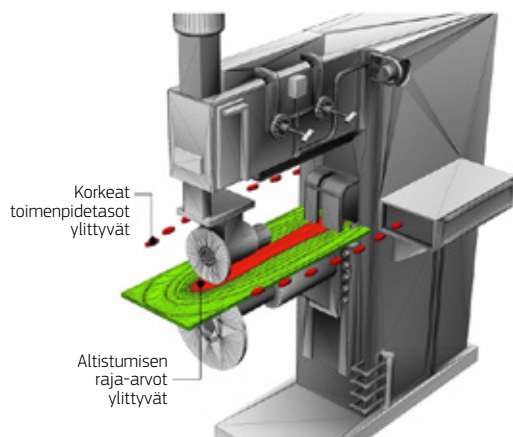
7.10.3 Kiekkohitsauslaite

Matala toimenpidetaso ylittyi käyttäjän kohdalla. Tietokonemallinnus kuitenkin osoittaa, että altistuminen on käyttäjän paikassa alle 50 prosenttia altistumisen raja-arvosta. Syntyneen sähkökentän jakauma näkyy kuvassa 7.14. Mittauksissa havaittiin, että altistumisen raja-arvot ylittyisivät vain, jos vartalo sijaitisi elektrodien ja hitsauslaitteen rungon välissä tai viittä senttimetriä lähempänä kiekkoelektrodeja, kun laite on käynnissä. Tämä alue näkyy punaisella merkittynä kuvassa 7.15.

Kuva 7.14 Kiekkohitsauslaitteelle altistumisesta syntyneiden suurimpien sisäisten sähkökenttien spatiaalinen jakauma ihmismallissa



Kuva 7.15 Kiekkohitsauslaitteen ympärillä olevat viivat osoittavat ne alueet, joilla terveysvaikutusraja-arvot saattavat ylittyä (punainen alue). Kuvassa näkyvät myös ne alueet, joilla terveysvaikutusraja-arvot eivät ylitä (vihreä alue ja sen takana oleva alue), ja se alue, jolla matala toimenpidetaso voi ylittyä (punaiset viivat).



8. METALLINVALMISTUS

Tässä tapausselostuksessa sähkömagneettisen kentän lähteitä ovat seuraavat:

- induktiouunit
- valokaariuunit
- hiili- ja rikkianalysointilaitteet, jotka sisältävät pienen uunin.

8.1 Työpaikka

Sähkömagneettisten kenttien lähteitä käytettiin tehtaassa useissa eri työpisteissä. Tehtaassa valmistettiin erikoismetalleja ja metalliseoksia monille teollisuudenaloille. Riskinarvioinnin kannalta oleelliset työpaikat ovat

- tuotantomäärältään pieni metalliseosten tuotantolaitos
- ferrotitaanin tuotantolaitos
- suuri sähköllä toimiva sulatto
- valokaariuunilaitos
- analyysipalveluja tuottava laboratorio.

8.2 Työn luonne

Metalleja ja metalliseoksia valmistettiin raaka-aineista useissa paikoissa ympäri tehdasta, ja yritys teki analyttisen testauksen myös laboratoriossa.

Suurin osa tämän tapausselosteen mukaisista töistä sisälsi uunien täyttämistä käsin, ja kulloisenkin laitteen mukaan se oli usein tehtävä silloin, kun uuni oli toiminnassa.

Laitteiston huolto- ja korjaustyöt tehtiin vain silloin, kun laitteisto oli sammutettu, esimerkiksi sähköiskun, palovammojen, koneiden liikuttamisesta aiheutuvien iskujen jne. kaltaisten riskien vuoksi.

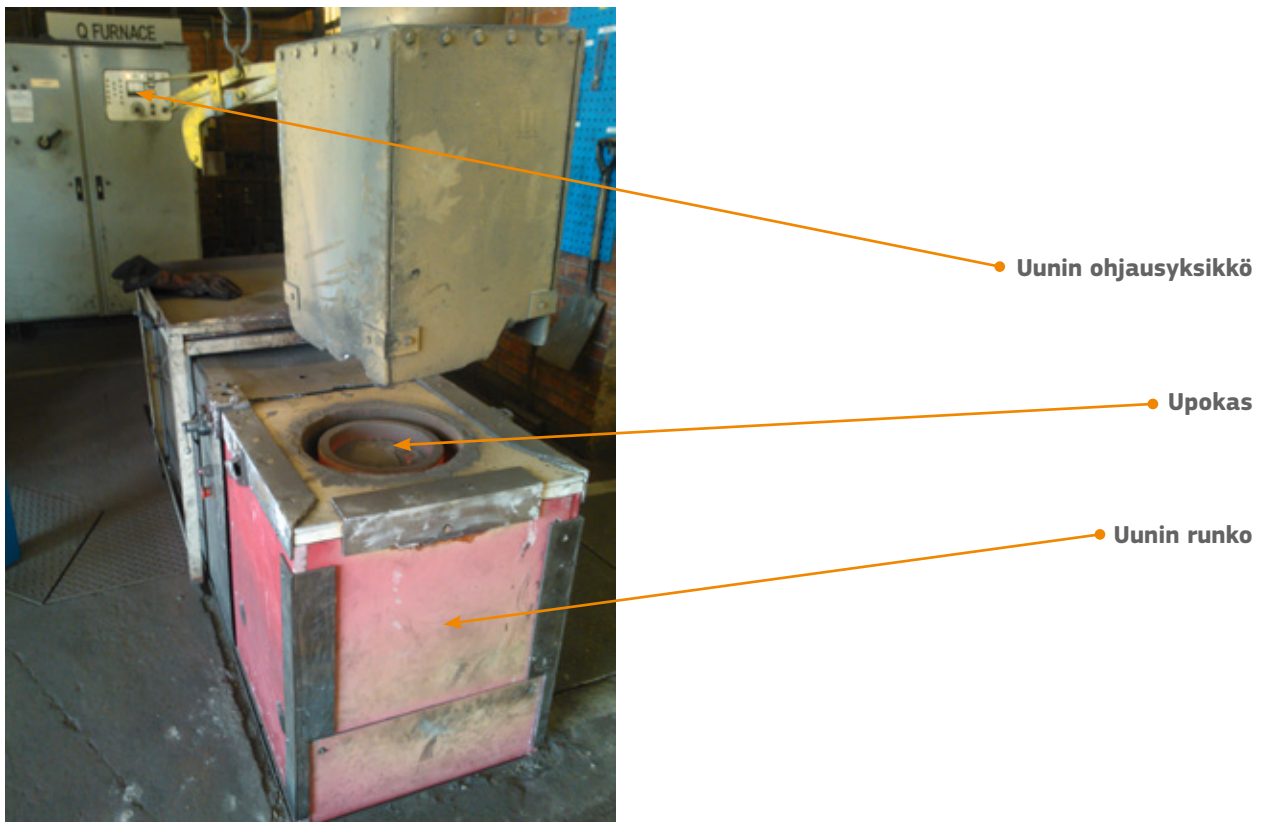
8.3 Tietoa sähkömagneettisia kenttiä tuottavista laitteista ja niiden käytöstä

8.3.1 Tuotantomäärältään pieni metalliseosten tuotantolaitos

Tässä laitoksessa tuotetaan metalliseoksia, jotka valmistetaan pienessä induktiouunissa (halkaisija noin 30 cm). Induktiouuni toimii 2,4–2,6 kHz:n taajuudella ja 60–160 kW:n teholla. Uuni näkyy kuvassa 8.1, ja sen toimintatapa on kuvattu alla:

- Uuniin laitettiin upokas, joka sisälsi 45 kg raaka-ainetta.
- Käyttäjä valitsi tehoksi 60 kW ja kytki uunin päälle; uunin toimintataajuus oli 2,42 kHz.
- Teho lisäytyi automaattisesti 160 kW:iin noin 25 minuutin kuluessa.
- Myös taajuus suureni 2,6 kHz:iin tänä aikana.
- Noin 25 minuutin kuluttua käyttäjä pienensi tehoa 80 kW:iin.
- Viiden minuutin kuluttua käyttäjä sammutti uunin ja otti upokkaan ulos.

Kuva 8.1 Induktiouuni tuotantomäärältään pienessä metalliseoksen tuotantolaitoksessa



8.3.2 Ferrotitaanin tuotantolaitos

Tässä laitoksessa oli kaksi kapasiteetiltaan 1,5 tonnin induktiouunia, joiden virtalähteenä oli vaihtelevaan induktiovirtaan (VIP) perustuva ohjausyksikkö. Uunit toimivat 217–232 Hz:n taajuudella ja 600 kW:n teholla. Upokkaat laitettiin uuniin käsin, yleensä uunien ollessa toiminnassa.

8.3.3 Suuri sähköllä toimiva sulatto

Tässä laitoksessa oli 10 induktiouunia. Jokaisen uunin kapasiteetti oli 1,5 tonnia, ja ne toimivat 50 Hz:n taajuudella. Induktiokelat olivat kiinteä osa upokkaita, jotta ne pystyivät antamaan virtaa ja pitämään metallin sulana sitä valettaessa.

Upokkaat asetettiin korotetulle alustalle siten, että niiden yläpinta oli alustan tasolla, ja yleensä käyttäjät laittoivat upokkaat uuniin alustalta sulatusprosessin aikana. Sulatusprosessin lopussa upokkaita kallistettiin ja sula metalli kaadettiin muotteihin.

Uunit toimivat 70–1 300 kW:n teholla. Uunien teho vaihteli sulatusprosessin aikana; se pieneni prosessin loppuvaiheessa, sillä tehon pitää olla pienempi, jotta metalli pysyisi sulana, kun se on sulanut kokonaan.

Uuneihin syötettiin virtaa muuntajista, jotka sijaitsivat kellareissa uunien alla. Muuntajat ja virtakiskot olivat häkeissä, ja kulkua niihin oli rajoitettu ura-avainjärjestelmällä. VIP-ohjausyksiköt sijaitsivat uunikorokkeella olevissa ohjaamoissa.

8.3.4 Valokaariuunilaitos

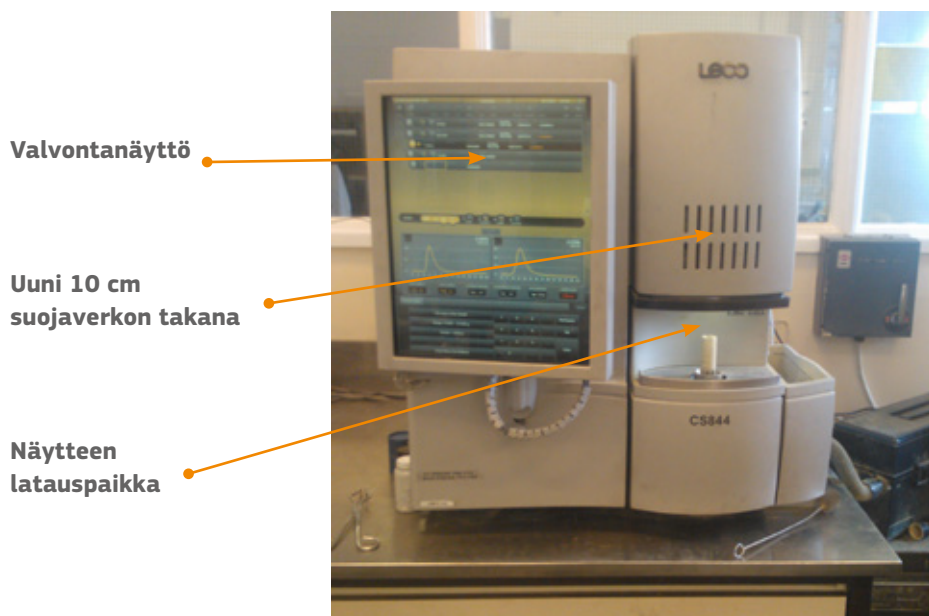
Tässä laitoksessa oli kaksi valokaariuunia, joissa valmistettiin nikkelibooria ja kromibooria, ja ne toimivat 50 Hz:n taajuudella. Uunit olivat jatkuvatoimisia eräsyöttöuuneja, jotka tuottivat noin yhden tonnin valmista tuotetta yhdessä erässä. Nämä uunit täytettiin käsin, ja niitä käytettiin ohjaamoista.

Uunit toimivat 500–1 000 kW:n teholla. Uuneihin virtaa syöttävät muuntajat ja virtakiskot olivat häkeissä, ja kulkua niihin oli rajoitettu ura-avainjärjestelmällä.

8.3.5 Analyysipalveluja tuottava laboratorio

Tässä laboratoriossa käytettiin pöytämallista hiili- ja rikkianalyysiaattoria. Analyysiaattorissa oli pieni 2,2 kW:n uuni, joka toimi 18 MHz:n taajuudella. Käyttäjän laitteeseen lataamat näytteet nostettiin keskelle uunin käämiä, joka sijaitsi analyysiaattorissa noin 10 cm:n päässä rungosta. Sen jälkeen uuniin kytkettiin virta päälle noin minuutiksi, jonka aikana näyte analysoidiin. Sitten näyte laskettiin alas ja käyttäjä otti sen pois uunista. Koko prosessi, näytteen lataamisesta sen poisottamiseen, oli automaattinen, eikä käyttäjän tarvinnut seistä lähellä analyysiaattoria, kun se oli käynnissä. Analyysiaattori on kuvassa 8.2.

Kuva 8.2 Analyysipalveluja tuottavan laboratorion hiili- ja rikkianalyysiaattori



8.4 Altistumisen arviointitapa

Altistumismittaukset teki asiantuntijakonsultti erikoisvälineillä. Koska laitos on suuri ja koska siellä on paljon sellaisia työpisteitä, joilla sähkömagneettisia kenttiä voi syntyä, tehtiin alustava tutkimus sellaisten alueiden määrittämiseksi, joilla toimenpidetasot voivat ylittyä. Nämä alueet tarkastettiin ja niillä tehtiin tarkempia mittauksia, jotta voitiin laatia toimintasuunnitelma. Kaikki mittaukset tehtiin paikoissa, joille työntekijät pääsivät laitteiston ollessa käynnissä.

Mittauksissa keskityttiin laitteiston synnyttämiin magneettikenttiin, koska ne todennäköisesti vaikuttivat työntekijöiden altistumiseen eniten.

Kun arvioidaan riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden altistumista, vertailukohtana olivat neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (ks. oppaan osan 1 liite E).

8.4.1 Tuotantomäärältään pieni metalliseosten tuotantolaitos

Mittauksia tehtiin eri paikoissa ympäri laitosta sulatusprosessin aikana. Mittauspaikat olivat

- lähellä uunia
- lähellä ohjausyksikköä
- lähellä ohjausyksikön virtakaapeleita
- lähellä ohjausyksiköstä uuniin johtavia virtakaapeleita
- käyttäjän ohjaamo.

8.4.2 Ferrotitaanin tuotantolaitos

Mittauksia tehtiin eri paikoissa ympäri laitosta sulatusprosessin aikana. Mittauspaikat olivat

- lähellä uunia
- lähellä VIP-ohjausyksikköä
- lähellä ohjausyksikön virtakaapeleita
- lähellä ohjausyksiköstä uuniin johtavia virtakaapeleita
- käyttäjän pöytätaso.

8.4.3 Suuri sähköllä toimiva sulatto

Mittauksia tehtiin eri paikoissa ympäri laitosta uunien ollessa käynnissä. Mittauspaikat olivat

- paikat, joissa käyttäjä seiso i täyttäessään uuneja korokkeelta
- paikat, joissa käyttäjä seiso i käyttäessään upokkaan kallistusmekanismeja
- lähellä upokasta kallistuksen aikana
- ohjaamot
- lähellä VIP-ohjausyksikköjä
- lähellä ohjausyksiköiden virtakaapeleita
- lähellä ohjausyksiköistä uuneihin johtavia virtakaapeleita

- häkkien ulkopuolella muuntajakellareissa
- lähimmät kulkupaikat virtakiskojen alla.

8.4.4 Valokaariuunilaitos

Mittauksia tehtiin eri paikoissa ympäri laitosta uunien ollessa käynnissä. Mittauspaikat olivat

- paikat, joissa käyttäjä seiso i uuneja täyttäessään
- ohjaamot
- lähellä ohjausyksiköitä
- lähimmät kulkupaikat uunien perustusten ympärillä
- lähimmät kulkupaikat virtakiskojen alla
- muuntajahäkkien ympärillä
- kulkutiet uunien ympärillä.

8.4.5 Analyysipalveluja tuottava laboratorio

Mittauksia tehtiin eri paikoissa analysaattorin ympärillä uunin ollessa käynnissä. Erityistä huomiota kiinnitettiin uunia ympäröivään alueeseen ja siihen alueeseen, jolla käyttäjä seiso i analyysin aikana.

8.5 Altistumisen arvioinnin tulokset

8.5.1 Alustava altistumisen arviointi

Altistusmittauksen tuloksia verrattiin korkeisiin ja mataliin toimenpidetasoihin sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyihin raja-arvoihin. Jos tulosten havaittiin ylittävän toimenpidetasot jollakin työskentelyalueella, tehtiin lisämittauksia, jotta saatiin määritettyä etäisyys, jolla magneettivuon tiheys oli 100 prosenttia toimenpidetasosta. Näin voitiin päättää, tehdäänkö vielä tarkempi arviointi sen mukaan, miten todennäköistä oli oleskelu sillä alueella, jolla toimenpidetaso ylittyi. Yhteenveto alustavan altistumisen arvioinnin tärkeimmistä tuloksista on taulukossa 8.1.

Taulukko 8.1 Yhteenvedo alustavan altistumisen arvioinnin tärkeimmistä tuloksista

Työskentely alue	Laitteisto	Suurimman altistumisen alueet ja toimenpidetason rajan sijainti (jos tarpeen)	Altistumisen fraktio (prosenttia)		
			Matala toimenpidetaso	Korkea toimenpidetaso	Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo
Tuotantomäärältään pieni metalliseosten tuotantolaitos	Induktiouuni (2,42–2,6 kHz)	50 cm uunin rungon reunasta	190 % ¹	190 % ¹	3 500 % ²
		80 cm uunin rungon reunasta	100 % ¹	100 % ¹	1 800 % ²
Ferrotitaanin tuotantolaitos	Kaksi induktiouunia (217–232 Hz)	Keskivartalon paikka seisottaessa lähellä VIP-ohjausyksikköä	7,8 % ³	6,0 % ⁴	360 % ⁵
Suuri sähköllä toimiva sulatto	10 induktiouunia (50 Hz)	30 cm:n päässä kaapeleista upokkaan kallistuksen aikana	40 % ³	6,7 % ⁶	400 % ⁷
Valokaariuunilaitos	Kaksi valokaariuunia (50 Hz)	Keskivartalon paikka seisottaessa lähimmässä uunin perustuksille johtavassa kulkupaikassa	70 % ³	12 % ⁶	700 % ⁷
Analyysipalveluja tuottava laboratorio	Hiili- ja rikkianalyysiaattori, jossa RF-uuni (18 MHz)	20 cm:n päässä analysaattorin rungosta	110 % ⁸		230 % ⁹
		22 cm:n päässä analysaattorin rungosta	100 % ⁸		220 % ⁹

¹ Magneettivuon tiheys, korkeat/matalat toimenpidetasot, kun taajuus 2,6 kHz: 115 μ T

² Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 2,6 kHz:n taajuudelle: 6,25 μ T

³ Magneettivuon tiheys, matala toimenpidetaso, taajuudet 25–300 Hz: 1 000 μ T

⁴ Magneettivuon tiheys, korkea/matala toimenpidetaso, kun taajuus 230 Hz: 1 300 μ T

⁵ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 230 Hz:n taajuudelle: 21,7 μ T

⁶ Magneettivuon tiheys, korkea toimenpidetaso, kun taajuus 50 Hz: 6 000 μ T

⁷ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 50 Hz:n taajuudelle: 100 μ T

⁸ Magneettivuon tiheys, toimenpidetason taajuudet 10–400 MHz: 0,2 μ T

⁹ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot taajuuksille 10–400 MHz: 0,092 μ T

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ± 10 %, ja jaettava riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista.

Yritys sai alustavasta altistumisen arvioinnista seuraavat tiedot:

- Tuotantomäärältään pienessä metalliseosten tuotantolaitoksessa korkeat ja matalat toimenpidetasot ylittyivät 80 cm:n päässä induktiouunista, ja työntekijät pääsivät tälle alueelle helposti sulatusprosessin aikana.
- Analyysipalveluja tarjoavassa laboratoriossa toimenpidetaso ylittyi 22 cm:n päässä hiili- ja rikkianalyysiaattorista, joskaan mikään osa työntekijöiden kehosta ei ollut tällä alueella, kun uuni oli käynnissä.
- Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot ylittyivät kaikilla arvioituilla työskentelyalueilla paikoissa, joihin työntekijät pääsivät.

Hiili- ja rikkianalyysiaattoria koskevassa esimerkissä alue, jolla toimenpidetaso ylittyi, oli pieni, joten analysaattorin toimintatapa osaltaan varmisti sen, etteivät työntekijät todennäköisesti altistu sähkö- ja magneettikentille, joiden voimakkuus ylittää toimenpidetasot.

Alustavan altistumisen arvioinnin perusteella konsultti teki tarkemman arvioinnin tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen induktiouunista.

8.5.2 Tarkempi altistumisen arviointi tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen induktiouunista

Konsultti teki altistumisen arvioinnin, jossa havainnoitiin myös uunin toimintaa. Näin ongelmaan voitiin löytää toimiva ratkaisu.

Magneettivuon tiheydestä tehtiin useita mittauksia eri paikoissa uunin ympärillä. Näiden mittausten tulosten perusteella voitiin määrittää toimenpidetasoja ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyjä viitearvoja koskevat ääriiviivat. Myös lattiaan tehtiin merkinnät, jotka osoittavat sen alueen laajuuden, jolla toimenpidetasot ylittyivät (kuva 8.3). Yhteenveto tarkemman altistumisen arvioinnin tärkeimmistä tuloksista on taulukossa 8.2. Kuvassa 8.4 on luonnospiirustus uunista. Piirustuksessa näkyvät toimenpidetasoja ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määriteltyjä viitearvoja koskevat ääriiviivat.

Taulukko 8.2 Yhteenveto tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen induktiouunin tarkemman altistumisen arvioinnin tärkeimmistä tuloksista

Mittauspaikka	Altistumisen fraktio (prosenttia)		
	Korkeat ja matalat toimenpidetasot ¹	Raajan toimenpidetaso ²	Neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot ³
45 cm:n päässä uunin rungon reunasta (etäisyys raajan toimenpidetasoon)	300 %	100 %	5 500 %
80 cm:n päässä uunin rungon reunasta (etäisyys raajan toimenpidetasoon)	100 %	33 %	1 800 %
300 cm:n päässä uunin rungon reunasta (etäisyys suosituksen 1999/519/EY mukaiseen viitearvoon)	5,4 %	1,8 %	100 %
Keskivartalon paikka seisottaessa ohjausyksikön äärellä	3,5 %	1,2 %	64 %
450 cm:n päässä uunin rungon reunasta (keskivartalon paikka seisottaessa ohjaamossa)	2,0 %	0,67 %	37 %

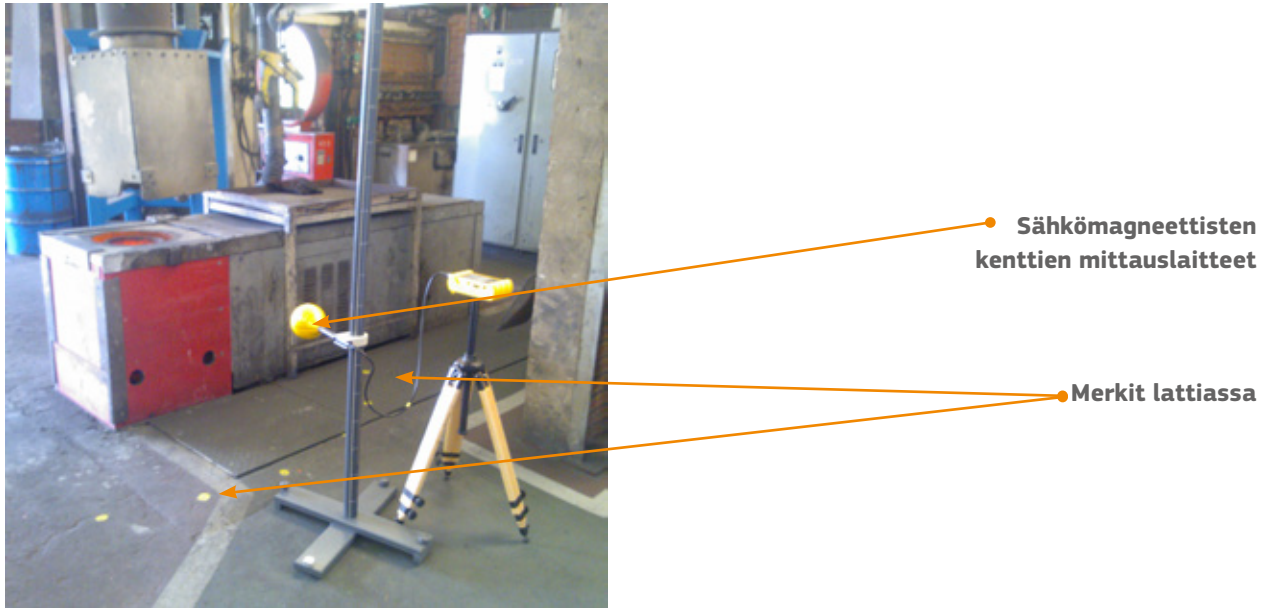
¹ Magneettivuon tiheys, korkeat/matalat toimenpidetasot, kun taajuus 2,6 kHz: 115 µT

² Magneettivuon tiheys, raajan toimenpidetaso, kun taajuus 2,6 kHz: 346 µT

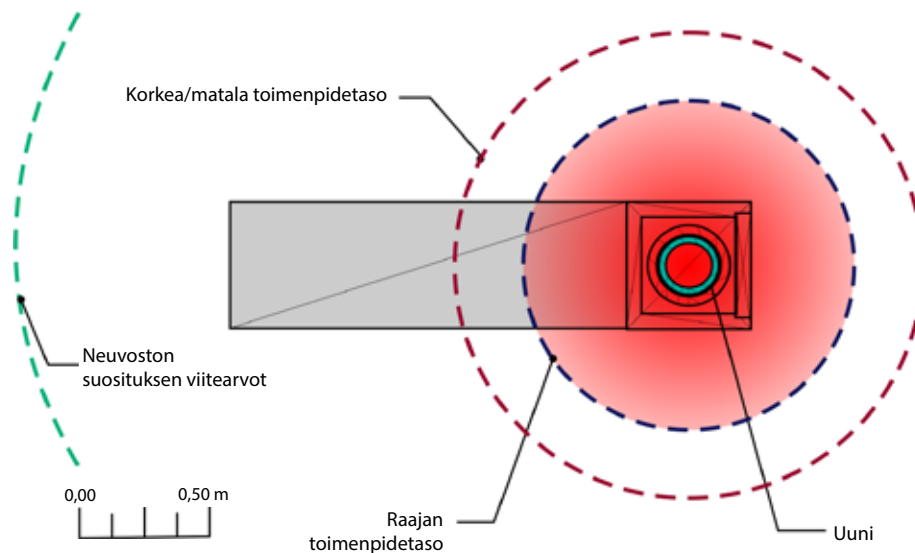
³ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo 2,6 kHz:n taajuudelle 6,25 µT

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ±10 %, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tulokset määritettiin suorina prosenttiosuuksina toimenpidetasoista.

Kuva 8.3 Lattiassa olevat merkit, jotka osoittavat sen alueen laajuuden, jolla korkeat ja matalat toimenpidetasot ylittyivät



Kuva 8.4 Pohjapiirros, jonka äärioviivojen sisällä toimenpidetasot sekä neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot saattavat ylittyä tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen induktiouunin ympärillä



Kuvassa 8.4 olevat ääriviivat ovat ympyröitä, joiden keskikohta sijaitsee uunin keskellä. Mittauksissa todettiin, ettei käyttäjän tarvinnut mennä korkeaa ja matalaa toimenpidetasoa kuvaavien viivojen sisäpuolelle, kun uuni oli käynnissä, koska kaikki tehtävät, jotka edellyttivät tälle alueelle menemistä (upokkaan laittaminen uuniin ennen sulatusprosessia ja sen ottaminen pois uunista prosessin jälkeen), tehtiin ennen kuin uuni kytkettiin päälle (kuva 8.5). Näin ollen altistumista voimakkailla magneettikentille voitiin rajoittaa parhaiten kieltämällä alueelle meneminen. Tältä osin kuitenkin havaittiin, ettei aitojen asentaminen uunin ympärille ollut käytännöllistä, koska ne muodostaisivat esteen ja lisäisivät upokkaiden käsittelyyn liittyvää vakavampien onnettomuuksien riskiä.

Kuva 8.5 Tehtävät, jotka edellyttävät uunin lähelle menemistä, tehtiin uunin ollessa kytkettynä pois päältä



8.6 Riskinarviointi

Konsultin toteuttaman altistumisen arvioinnin perusteella yritys teki paikalla sähkömagneettisia kenttiä koskevan riskinarvioinnin. Se tehtiin OiRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisesti. Riskinarvioinnin päätelmät olivat seuraavat:

- Riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa kaikissa tehtaan työpisteissä.
- Työntekijät, myös ne, joilla on erityinen riski, pääsivät rajoituksetta alueelle, jolla toimenpidetasot ylittyivät tuotantomäärältään pienessä metalliseosten tuotantolaitoksessa.

Yritys laati riskinarvioinnin perusteella toimintasuunnitelman, joka dokumentoitiin.

Taulukossa 8.3 on esimerkki laitoksen sähkömagneettisia kenttiä koskevasta riskinarvioinnista.

Taulukko 8.3: Metallinvalmistuslaitoksen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen	Mahdollinen		
Magneettikentästä johtuvat suorat vaikutukset	Ei mitään	Tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen työntekijät	✓				✓	Keskikokoiset	Kielletään pääsy alueelle, jolla toimenpidetasot ylittyvät Kiinnitetään asianmukaiset varoituskyltit työskentelyalueelle, jolla toimenpidetasot ylittyvät
		Muiden arviointien alueiden työntekijät	✓			✓		Pieni	Annetaan asiaa koskevia erityisvaroituksia työntekijöiden turvallisuuskoulutuksessa
		Vierailijat	✓				✓	Pieni	Kiinnitetään asianmukaiset varoituskyltit, jotka koskevat henkilöitä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinällinen laite, muiden työskentelyalueiden kulkualueille
		Riskeille erityisen alttiit työntekijät (myös raskeana olevat työntekijät)		✓				✓	Keskisuuri
Magneettikentän epäsuorat vaikutukset (lääkinällisiin implanteihin kohdistuvat häiriöt)	Ei mitään	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille		✓			✓	Keskisuuri	Katso edellä

8.7 Jo käytössä olevat varotoimet

Pääsyä laitteistoon kuuluvien muuntajien ja virtakiskojen luo oli jo rajoitettu sähköiskun riskin takia. Näin ollen joutumista mahdollisten voimakkaiden magneettikenttien alueelle oli periaatteessa myös rajoitettu, mutta ennen kuin konsultti teki altistumisen arvioinnin, käytössä ei ollut nimenomaan sähkömagneettisille kentille altistumiseen liittyviä varotoimia.

Yksi merkille pantava havainto oli se, etteivät toimenpidetasot ylittyneet niissä paikoissa, joissa työntekijät normaalisti kulkivat suurten tuotantouunien tai niiden ohjausyksiköiden ympärillä, siitä huolimatta, että niitä käytettiin huomattavan suurilla tehoilla. Tämä johtui todennäköisesti laitteiston fyysisestä koosta, jonka vuoksi mahdollisten voimakkaiden magneettikenttien alueelle joutuminen ei ollut mahdollista. Alueiden, joilla toimenpidetasot ylittyivät, todettiin olevan pienempien laitteistojen ympärillä, ja tämä johtui yksinkertaisesti siitä, että niitä pääsi lähemmäksi kuin isompaa laitteistoa.

8.8 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Altistumisen arvioinnin tulosten perusteella yrityksessä voitiin ottaa käyttöön suojaus- ja ehkäisytoimia, joilla varmistettiin, etteivät työntekijät, mukaan luettuina ne, joilla on erityinen riski, altistu niin voimakkaille sähkömagneettisille kentille, että se voisi olla haitallista. Joitakin muita varotoimenpiteitä otettiin käyttöön välittömästi alustavan altistumisen arvioinnin jälkeen. Näitä toimenpiteitä ovat seuraavat:

- Henkilöiltä, joilla on lääkinällisiä implantteja, kiellettiin pääsy työskentelyalueille.
- Yrityksen työterveyttä ja -turvallisuutta esittelevä video päivitettiin siten, että siihen lisättiin varoitus yrityksessä syntyvistä voimakkaista magneettikentistä kuten myös niitä henkilöitä koskeva varoitus, joilla on jokin lääkinällinen implanti.
- Asiaankuuluvien työskentelyalueiden kulkuteille kiinnitettiin varoituskylttejä, joissa oli "magneettikenttä"- ja "ei lääkinällisiä implantteja" -kuvat ja asianmukainen teksti (kuva 8.6).

Tarkemman altistumisen arvioinnin jälkeen käyttöön otettiin myös muita suojaus- ja ehkäisytoimenpiteitä:

- Tuotantomäärältään pienen metalliseosten tuotantolaitoksen induktiouunin ympärille maalattiin merkinnät, joilla osoitetaan se alue, jolla toimenpidetasot ylittyvät (kuva 8.7), ja työntekijöitä ohjeistettiin olemaan menemättä alueelle, kun uuni oli käynnissä.
- Induktiouunin lähelle kiinnitettiin varoituskylttejä, joissa oli "voimakas magneettikenttä" -teksti ja kieltoa osoittava kuva (kuva 8.7).

Kuva 8.6 Esimerkki varoituskyltistä työskentelyalueiden kulkualueilla



Varoitus
Voimakkaita magneettikenttiä



Pääsy kielletty henkilöiltä,
joilla on aktiivinen implantoitu
lääkinnällinen laite

Kuva 8.7 Lattiaan maalatut merkinnät ja niihin liittyvä varoituskyltti, joilla merkitään alue, jolla toimenpidetasot voivat ylittyä



Voimakkaita
magneettikenttiä



Älä mene viivojen
sisäpuoliselle alueelle,
kun uuni on käynnissä

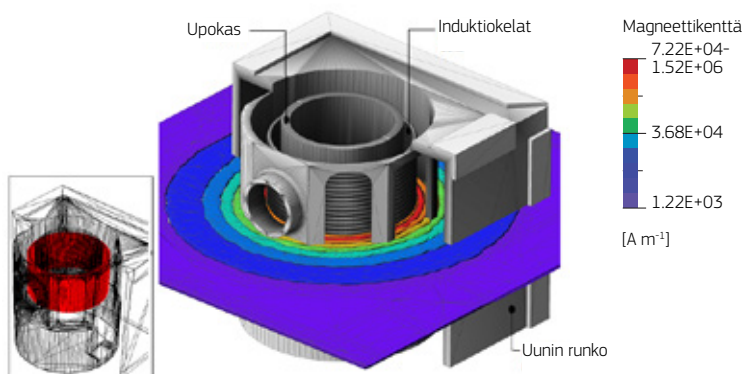
8.9 Lisätiedon lähteitä

Kattavuuden vuoksi yritys pyysi asiantuntijaa tekemään tietokonemallinnuksen mahdollisesta altistumisesta (altistumisen raja-arvojen kannalta) työntekijästä, joka seisoo viivojen sisäpuolisella alueella, kun pieni metalliseosten tuotantouuni oli käynnissä.

Tietokonemallinnus tehtiin, jotta oli mahdollista arvioida sisäiset sähkökentät, jotka käyttäjän kehoon muodostuva käynnissä olevan uunin lähellä. Mallinnuksen parametrit asetettiin tiettyihin arvoihin, jotta malli tuottaisi samankaltaiset arvot magneettikentän voimakkuudesta kuin ne, jotka saatiin altistumisen arvioinnin mittausvaiheessa.

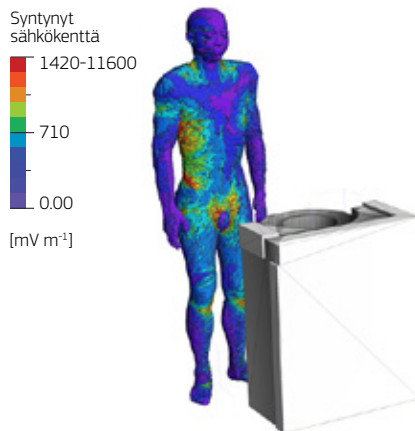
Mallinnuksen tuottama magneettikentän spatiaalinen jakauma x - y -tasolla induktiuunin ympärillä on kuvassa 8.8. Nämä lasketut kenttäarvot sopivat hyvin altistumisen arvioinnin aikana mitattuihin arvoihin, ja lisäksi ne osoittivat, että vaikka magneettikentät ovat melko voimakkaita uunin induktiokelan lähellä, ne pienenevät hyvin nopeasti kauempana uunista.

Kuva 8.8 Mallinnuksen tuottama magneettikentän spatiaalinen jakauma x-y-tasolla induktiouunin ympärillä (leikkauskuva) Induktiokela on merkitty kuvaan punaisella (sisäosa)



Kehossa syntyneitä sisäisiä sähkökenttiä koskevat laskelmat tehtiin työntekijästä, joka seisoi 65 cm:n päässä induktiouunin keskikohdasta. Syntyneen sähkökentän jakauma ihmismallissa on esitetty kuvassa 8.9. Tässä altistumistilanteessa suurin kehossa syntyneen sähkökentän arvo oli $916\ mV\ m^{-1}$ (luukudoksessa). Tämä oli 83 prosenttia terveysvaikutusraja-arvosta 2,43 kHz:n taajuudella.

Kuva 8.9 Induktiouunille altistumisesta syntyneiden suurimpien sisäisten sähkökenttien spatiaalinen jakauma ihmismallissa

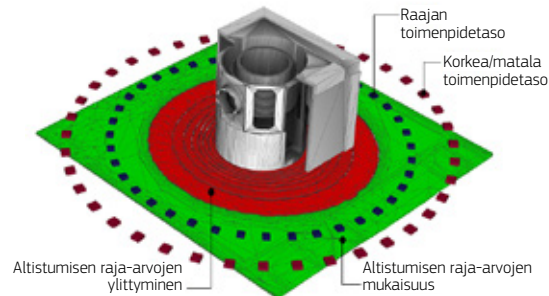


Alue, jolla terveysvaikutusraja-arvot voivat ylittyä induktiouunille altistumisen vuoksi, voidaan määrittää tekemällä altistumissimulaatioita eri etäisyyksillä uunista ihmismallia käyttäen.

Altistumisen raja-arvon havaittiin ylittyvän vain, jos keho oli noin 60 cm:n säteellä käynnissä olevan uunin keskikohdasta. Tämä alue on hahmoteltu punaisella kuvassa 8.10. Kuvassa näkyvät myös alueet, joilla toimenpidetasot voivat ylittyä (kuva 8.4).

Uuni oli asennettu runkoon, jonka koko oli noin 63 x 63 cm (eli se ulottui noin 31,5 cm:n päähän uunin keskikohdasta). Jotta raja-arvot ylittyisivät, työntekijän kehon pitäisi olla niin lähellä uunin runkoa, että sitä pidettiin epätodennäköisenä altistumisskenaariona. Tämä vakuutti yrityksen edustajat siitä, että lattiaan maalatut merkinnät olivat riittävä ehkäisytoimi.

Kuva 8.10 Induktiouunin ympärillä olevat viivat osoittavat ne alueet, joilla terveysvaikutusraja-arvot saattavat ylittyä (punainen alue). Kuvassa näkyvät myös ne alueet, joilla terveysvaikutusraja-arvot eivät ylitä (vihreä alue ja sen takana oleva alue), ja alueet, joilla toimenpidetasot voivat ylittyä (siniset ja punaiset neliöt).



9. RADIOTAAJUUKSIA (RF) HYÖDYNTÄVÄT PLASMALAITTEET

Radiotaajuuksia hyödyntäviä plasmalaitteita käytetään yleensä puolijohdekomponenttien eli integroitujen piirien valmistuksessa. Niitä käytetään myös muilla teollisuudenaloilla esimerkiksi optisten komponenttien puhdistamisessa, spektroskooppisissa sovelluksissa ja tutkimuksessa. Tässä tapausselostuksessa käsitellään radiotaajuutta hyödyntäviä plasmalaitteita, joita käytetään puhtastilassa tapahtuvassa piikiekkujen valmistusprosessissa. Työntekijä oli huolissaan mahdollisesta vaarasta, joka kohdistuisi töihin palaavaan työntekijään, jolla oli sydämentahdistin. Tahdistimen valmistaja toimitti työnantajalle tarkat tiedot tahdistimen altistumista sähkömagneettisille kentille koskevista turvarajoista.

9.1 Työn luonne

Tahdistimen käyttäjän työtehtäviin kuuluu laittaa piikiekot RF-plasmalaitteisiin ja käyttää näitä laitteita (kuva 9.1).

Kuva 9.1 Piikiekkujen lastausalue



Kuva 9.2 Reaktiokammiot huoltoalueella



9.2 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

Tämän työpaikan RF-plasmalaitteet koostuvat yleensä radiotaajuuslähteestä ja tyhjiössä olevasta reaktiokammioista (kuva 9.2). Joissakin työpaikan laitteista on useita RF-lähteitä ja/tai useita reaktiokammioita. RF-kenttä tuotetaan plasmapurkauksen synnyttämiseksi ja ylläpitämiseksi, ja sitä käytetään erilaisiin prosesseihin, kuten piikiekon etsaukseen, höyryttämiseen ja kuorimiseen kammion sisässä. Tuotetut RF-taajuudet voivat vaihdella muutamasta sadasta kilohertsistä muutamaani gigahertzeihin. Yleisimmät käytetyt taajuudet ovat 400 kHz, 13,56 MHz ja 2,45 GHz.

Tämäntyyppisessä laitteessa RF-kenttä on yleensä laitteen kotelon ja metallisen reaktiokammion suojaama. RF-vuoto on mahdollinen, jos laitteen kotelossa on aukkoja, kuten epätiiviyttä/väärin suunnattuja tai virheellisesti asennettuja paneeleja, puuttuvia ruuveja, viallisia kaapeliliittimiä ja vaurioituneita joustavia aaltoputkia. Mahdolliset aukot reaktiokammiossa tai aaltoputkissa todennäköisesti havaitaan tyhjiön häviämisenä. Joissakin kammioiden tarkkailuikkunat ja suojaavat (Faradayn) häkit. Puuttuvat tai vaurioituneet häkit voivat aiheuttaa RF-vuotoa.

Joissakin laitteissa on myös voimakkaita magneetteja, jotka tuottavat staattisia magneettikenttiä.

9.3 Miten laitteita käytetään?

Tahdistimen käyttäjä oleskelee yleensä puhdastilan tuotantoalueella, jossa laitetta käytetään ja kiekot laitetaan laitteeseen. Kuhunkin laitteeseen kuuluvat reaktiokammiot ja RF-generaattorit sijaitsevat huoltoalueella. Tämä työntekijä voi käydä huoltoalueella muttei osallistu laitteen huoltoon tai kunnossapitoon.

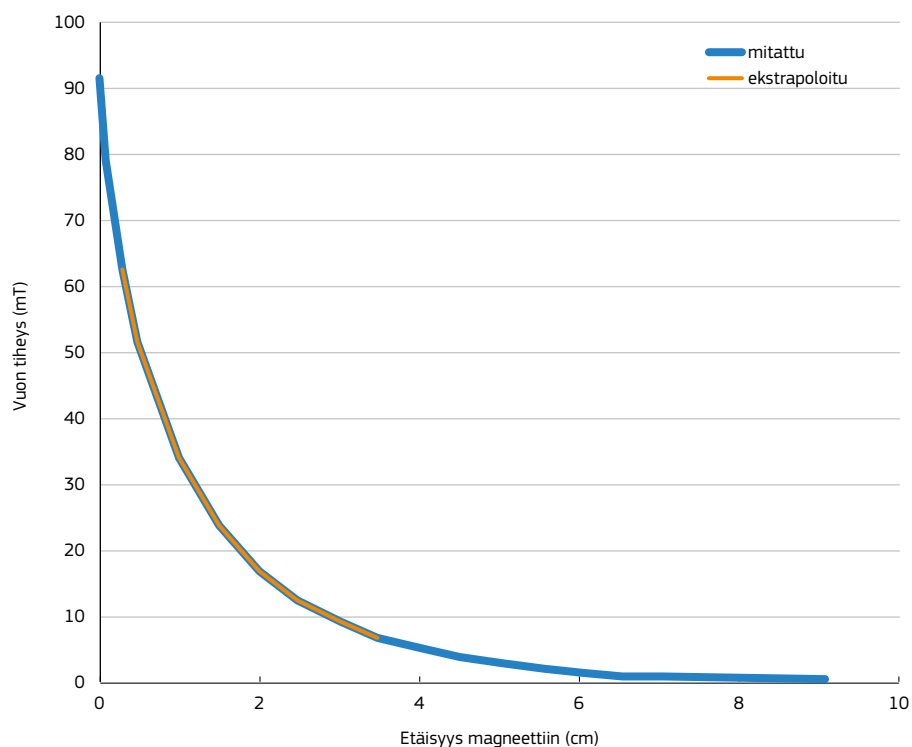
9.4 Altistumisen arviointitapa

Tämän laitteen ympärillä olevia sähkömagneettisia kenttiä olisi mahdollista mitata. Se edellyttäisi kuitenkin erikoisvälineitä käyttävän asiantuntijakonsultin palveluksia. Käytettävien eri taajuuksien vuoksi tarvittaisiin monia mittauslaitteita. Lisäksi välitaajuusalueita (esimerkiksi 400 kHz ja 13,56 MHz) koskevat mittaukset olisi tehtävä "lähikentässä". Sähkökentät ja magneettikentät olisi mitattava erikseen. Suurempien taajuuksien (2,45 GHz) mittaukset tehdään yleensä "kaukokentässä". Tässä tilanteessa sähkökentät ja magneettikentät kulkevat sähkömagneettisena aaltona, joten on tavallisempaa mitata vain sähkökenttä. Magneettikenttä voidaan määrittää päättelemällä, koska nämä kaksi kenttää liittyvät toisiinsa.

Altistumisen arviointi alkoi siten, että työnantaja otti yhteyttä RF-plasmalaitteiden valmistajiin ja pyysi niiltä tietoa laitteesta mahdollisesti vuotavista RF-kentistä ja siitä etäisyydestä, jolla siitä voisi aiheutua vaaraa.

Yksi valmistaja toimitti kaavion (kuva 9.3), joka havainnollistaa, miten staattisen magneettikentän voimakkuus vähenee, kun etäisyys laitteisiin asennetuista voimakkaista magneeteista kasvaa, ja ilmoitti työnantajalle, että 10 cm:n päässä magneeteista magneettivuon tiheys pienenee alle 0,5 mT:hen.

Kuva 9.3 Kaavio, joka osoittaa magneettivuon tiheyden pienentyvän etäisyyden kasvaessa



Tahdistimen valmistaja toimitti sähkömagneettisten häiriöiden eri lähteitä koskevat turvarajat (taulukko 9.1). Työnantaja totesi, että staattisten magneettikenttien arvot oli ilmoitettu gausseina, ja EMF-direktiivin mukaan ne piti muuntaa millitesloiksi.

Taulukko 9.1 Tahdistimen valmistajan toimittamat turvarajat (rajat koskevat nimenomaan työntekijän käyttämää tahdistinta)

Sähkömagneettisten häiriöiden lähde	Sähkömagneettisen kentän voimakkuuden raja (tehollisarvo, RMS)
Virran taajuus (50/60 Hz)	10 000 V/m (6 000 V/m; nimellisarvon ulkopuolella)
Suurtaajuus (alkaen 150 kHz)	141 V/m
Staattiset magneettikentät (DC)	10 gaussia
Moduloidut magneettikentät	80 A/m 10 kHz:iin ja 1 A/m, kun taajuus yli 10 kHz

Työnantaja ei saanut valmistajilta tietoa RF-kentistä, joten se päätti tilata konsultin tekemään mittauksia muutamien RF-plasmalaitteiden ympärillä.

9.5 Altistumisen arvioinnin tulokset

Työnantaja muunsi tahdistimen valmistajan toimittamat raja-arvot (taulukko 9.1) samoiksi yksiköiksi, joita käytetään EMF-direktiivissä (taulukko 9.2). Mittaustulosten vertailu näihin arvoihin osoittaa, että tahdistimen raja-arvot eivät ylittyneet RF-plasmaetsauslaitteen ympärillä.

Taulukko 9.2 Tahdistimen raja-arvot (tahdistimen valmistajan toimittamat)

Taajuus	Raja
Sähkökentät alkaen 150 kHz:stä	141 Vm ⁻¹
Staattiset magneettikentät (DC)	1 mT
Magneettikentät, yli 10 kHz	1.25 µT

Saadut mittaustulokset on esitetty jäljempänä olevissa taulukoissa. Taulukossa 9.3 on 400 kHz:n taajuudella toimivan RF-plasmaetsauslaitteen ympärillä tehtyjen mittausten tulokset. Mittaukset tehtiin koko laitteen ympärillä, mutta voimakkaimmat sähkö- ja magneettikentät mitattiin RF-generaattoria ympäröivän kotelon liitosten ympäriltä. Mittaustulokset osoittavat, etteivät EMF-direktiivin mukaiset toimenpidetasot ylittyneet.

Taulukko 9.3 RF-plasmaetsauslaitteen ympärillä tehtyjen mittausten tulokset

Paikka	Toteuttamis- tiheys	Magneettivuon tiheys (µT)	Toimenpidetaso (µT)	Sähkökentän voimakkuus (Vm ⁻¹)	Toimenpidetaso (Vm ⁻¹)
RF-generaattori- kaappi	400 kHz	0,05	5	0,06	610

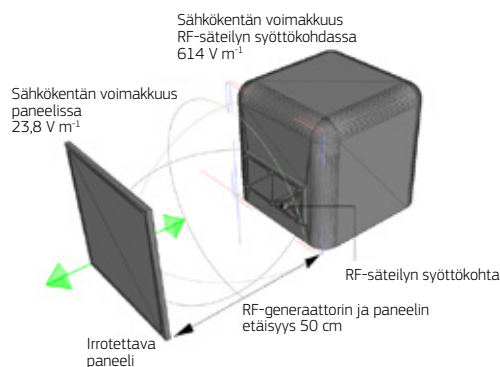
Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ±2,7 dB, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin.

Taulukossa 9.4 on tulokset 13,56 MHz:n taajuudella toimivan fysikaalisen höyrypäälystys (PVD) -laitteen ympärillä tehdyistä mittauksista. Mittaustulokset osoittavat, että EMF-direktiivin mukaiset toimenpidetasot sekä taulukossa 9.2 esitetyt tahdistimen raja-arvot ylittyivät lähellä kohtaa, jossa RF-säteily syötetään reaktiokammioon. Kaksi jälkimmäistä mittauskohdasta on näytetty kuvassa 9.4.

Taulukko 9.4 PVD-laitteen ympärillä tehtyjen mittausten tulokset

Paikka	Generaattorin taajuus	Magneettivuon tiheys (μT)	Toimenpidetaso (μT)	Sähkökentän voimakkuus (V m^{-1})	Toimenpidetaso (V m^{-1})
Kammion yläpinta	13,56 MHz	0,04	0.2	10	61
Kammion alapuolella, lähellä kohtaa, josta RF-säteily syötetään kammioon	13,56 MHz	2	0.2	614	61
Irrotettavan paneelin sijainti, 0,5 m:n päässä RF-säteilyn syöttökohdasta	13,56 MHz	0,08	0.2	24	61

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin $\pm 2,7$ dB, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin..

Kuva 9.4 Mittauskohdat lähellä RF-säteilyn syöttökohtaa PVD-laitteeseen

9.6 Riskinarviointi

Magneettien ympärillä olevista staattisista magneetikentistä todettiin, että 0,5 mT:n toimenpidetaso, joka koskee aktiivisten implantoitujen lääkinnällisten laitteiden käyttäjien altistumista, voivat ylittyä 10 cm:n etäisyydellä magneeteista. Tahdistimen valmistaja oli kuitenkin ilmoittanut työnantajalle vähemmän rajoittavan arvon 1 mT (taulukko 9.2), joka koski nimenomaan työntekijällä olevaa tahdistinta. Näin ollen työnantaja käytti tätä raja-arvoa riskinarvioinnissa. Laitteen valmistajan toimittaman kaavion (kuva 9.3) mukaan tahdistimen raja-arvo 1 mT voi ylittyä alle 10 cm:n etäisyydellä magneeteista (arviolta noin 6 cm:n päässä siitä).

Radiotaajuisten sähkömagneettisten kenttien osalta havaittiin, että tahdistimen valmistajan määrittämät rajat sekä toimenpidetasot voivat ylittyä kohdassa, jossa radiotaajuussäteilyä syötetään PVD-laitteen kammioon. Puolen metrin päässä tästä kohdasta voimakkuus pienei tahdistimen raja-arvojen ja toimenpidetasojen alle.

Sekä staattisten magneetikenttien että RF-kenttien osalta kentän voimakkuus pienei tahdistimen raja-arvojen ja toimenpidetasojen alle jo lyhyellä etäisyydellä.

Näiden tietojen pohjalta työnantaja teki sähkömagneettisia kenttiä koskevan riskinarvioinnin (taulukko 9.5) sekä tahdistimen käyttäjään että muihin työntekijöihin kohdistuvien riskien määrittämiseksi. Arvioinnissa käytettiin OiRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositeltua menetelmää.

Tämän riskinarvioinnin perusteella työnantaja päätti, ettei tahdistimen käyttäjän työtehtäviin ollut tarpeen tehdä muutoksia; työntekijä ei osallistunut laitteen huoltoon, joten hänellä ei ollut syytä oleskella alueilla (hyvin lähellä laitetta), joilla tahdistimen raja-arvot saattaisivat ylittyä. Lisäksi päätettiin, ettei työntekijän pääsyä huoltoalueella tarvinnut kieltää, koska voimakkaat kentät ovat hyvin paikallisia. Riskinarvioinnin perusteella on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota muihin työntekijöihin (esimerkiksi huoltoinsinööreihin) ja urakoijiin, joilla voi olla aktiivisia implantoituja lääkinnällisiä laitteita.

9.7 Jo käytössä olevat varotoimet

Työnantaja tarkasti laitteet ja yrityksen menettelytavat ja totesi, että seuraavat varotoimet olivat jo käytössä:

- Kohdissa, joissa RF-säteilyä syötettiin kammioon, oli suojukset, joilla estettiin pääsy näille alueille (suojukset poistettiin PVD-laitteen mittausta varten).
- Yritys varmistaa, että kaikki ostettavat laitteet on suunniteltu hyvin. Esimerkiksi tarkkailuikkunoiden on oltava asianmukaisesti suojattuja RF-kentälle altistumisen rajoittamiseksi.

Taulukko 9.5 Radiotaajuuksia hyödyntävien plasmalaitteiden sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Todennäköisyys		
Sähkömagneettisten kenttien suorat vaikutukset: Toimenpidetaso voi ylittyä RF-säteilyn syöttökohdassa huoltoalueella	PVD-laitteeseen on asennettu paneeli, joka estää pääsyn alueelle, jolla toimenpidetaso ylittyy	Käyttäjät Huoltoinsinöörit	✓		✓	Pieni	Huoltoinsinööreille ja käyttäjille annetaan tietoa ja koulutusta Laitteeseen kiinnitetään asianmukaiset varoituskyltit
Sähkömagneettisten kenttien epäsuorat vaikutukset (aktiivisiin implantoituihin lääkinnällisiin laitteisiin kohdistuvat epäsuorat vaikutukset)	PVD-laitteeseen on asennettu paneeli, joka estää pääsyn alueelle, jolla toimenpidetaso ylittyy Tahdistimen raja-arvoja voimakkaammat kentät staattisten magneettien ympärillä ovat hyvin paikallisia	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille	✓		✓	Pieni	Kaikille työntekijöille on annettava tietoa tästä vaarasta Työpaikan turvallisuustiedoissa on annettava tätä koskevia varoituksia
Tahdistimen raja-arvot voivat ylittyä lähellä staattisia magneetteja ja RF-säteilyn syöttökohdassa huoltoalueella.							Laitteeseen on kiinnitettävä asianmukaiset varoitus- ja kieltokyltit

9.8 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Riskinarvioinnin perusteella työnantaja päätti ottaa käyttöön myös seuraavat varotoimenpiteet:

- Kiinnitetään varoitukset voimakkaista magneettikentistä / voimakkaista RF-kentistä (tarpeen mukaan) sekä aktiivisten implantoitujen lääkinnällisten laitteiden käyttäjiä koskevat kieltokyltit laitteisiin, jotka sisältävät voimakkaita magneetteja, ja irrotettaviin paneeleihin, jotka sijaitsevat kohdissa, joissa RF-säteily on mahdollisesti hyvin voimakasta (kuva 9.5).

Kuva 9.5 Esimerkkejä voimakkaista magneettikentistä ja voimakkaista RF-kentistä varoittavista kyltistä ja kuva kieltosymbolista, joka koskee henkilöitä, joilla on aktiivinen implantoitu lääkinnällinen laite



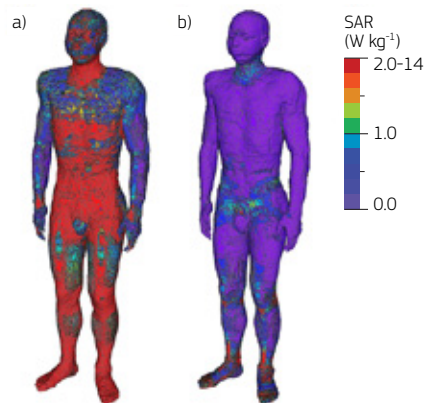
- Annetaan tietoa, myös riskinarvioinnin tuloksista, tahdistimen käyttäjälle ja yrityksen työterveyspalvelujen tuottajalle.
- Varmistetaan asianmukaisin työpaikan perehdytystoimenpitein ja yhteistyössä urakojien kanssa, että muut työntekijät ja vierailijat tietävät riskeistä.
- Varmistetaan, että työntekijät tietävät, ettei laitetta saa käyttää, jos paneelit on irrotettu, ja että kaikista laitteen kotelossa, aaltoputkissa tai suojatuissa ikkunoissa havaituista vaurioista on ilmoitettava esimiehelle.

9.9 Lisätietoja

Mittaustuloksia käytettiin pohjana tietokonemallinnukselle, joka koski työntekijöiden altistumista EMF-direktiivissä määriteltyihin altistumisen raja-arvoihin nähden (kuva 9.5). Mallinnus osoittaa, että altistumisen raja-arvot voivat ylittyä lähellä RF-säteilyn syöttökohtaa; koko kehon keskimääräinen SAR-arvo oli 211 prosenttia koko kehoon kohdistuvaan lämpörasitukseen liittyvästä altistumisen raja-arvosta, ja paikallinen keskimääräinen SAR-huippuarvo 10 gramman yhtenäistä kudossmassaa kohti raajoissa oli 147 prosenttia raajojen lämpörasitukseen liittyvän altistumisen raja-arvosta. Pään ja keskivartalon paikalliseen lämpörasitukseen liittyvä altistumisen raja-arvo ei ylittynyt; pään ja vartalon keskimääräinen paikallinen keskimääräinen SAR-huippuarvo 10 gramman yhtenäistä kudossmassaa kohti oli 89 prosenttia pään ja keskivartalon paikalliseen lämpörasitukseen liittyvän altistumisen raja-arvosta.

Puolen metrin päässä RF-säteilyn syöttökohdasta mitatun sähkökentän voimakkuuden havaittiin olevan toimenpidetasoa pienempi, joten mallinnus osoitti odotusten mukaisesti, että koko kehon ja paikalliset SAR-arvot olivat paljon pienemmät kuin altistumisen raja-arvot (alle 0,5 prosenttia niistä).

Kuva 9.6 SAR-jakauma työntekijässä a) RF-säteilyn syöttökohdan ympärillä ja b) irrotettavan paneelin ympärillä 50 cm:n päässä RF-generaattorista



10. KATTOANTENNIT

10.1 Työpaikka

Rakennusten katot ovat suosittuja asennuspaikkoja erilaisille televiestintäantenneille, jotka toimivat paremmin, kun ne ovat korkealla tai esteettömässä ympäristössä. Tässä tapauselostuksessa käsitellään tällaista rakennusta (kuva 10.1), jonka omistaja oli juuri vaihtunut. Uusi omistaja halusi täyttää lakisääteiset velvollisuutensa ja arvioida kaikki katolla työskenteleeseen työntekijöihin kohdistuvat riskit.

Kuva 10.1 Matkapuhelinverkon antennit ja mikroaalloantenni hissikopin katolla



10.2 Työn luonne

Työntekijöiden on päästävä katolle tekemään erilaisia rakennuksen tarkastukseen ja huoltoon liittyviä tehtäviä. Tällaisia työntekijöitä ovat esimerkiksi ikkunanpesijät, kattourakojat, ilmastointi-insinöörit, vakuutustarkastajat ja antennien asentajat. Jälkimmäiset ryhmät ovat voineet saada kattavaa koulutusta radiotaajuussäteilyyn liittyvästä turvallisuudesta ja niillä voi olla henkilökohtaista altistumista mittaavat hälyttimet, kun taas edelliset ryhmät eivät todennäköisesti ole saaneet minkäänlaista koulutusta, joten ne tietävät tähän liittyvistä ongelmista vain vähän.

Hyvää käytäntöä olisi se, että operaattorit asentaisivat antennit ”turvallisesti sijoitettu” -periaatteen mukaisesti. Se tarkoittaa, että antennit on sijoitettu siten, etteivät työntekijät voi vahingossa joutua antennin vaara-alueelle, kun he seisovat katon normaalilla seisomistasolla. Antennin vaara-alue on se antennia lähellä oleva alue, jolla altistuminen voi ylittää neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot.

Antennin vaara-alueella saavat liikkua vain työntekijät, joilla on esimerkiksi tikapuiden tai telineiden tapaisia apuvälineitä käytössään. Jos työntekijöiden on päästävä vaara-alueelle, antenni on mahdollisesti sammutettava. Jos antennin vaara-alue on ulotettava myös katon seisoma-alueelle, tämä alue on merkittävä selvästi.

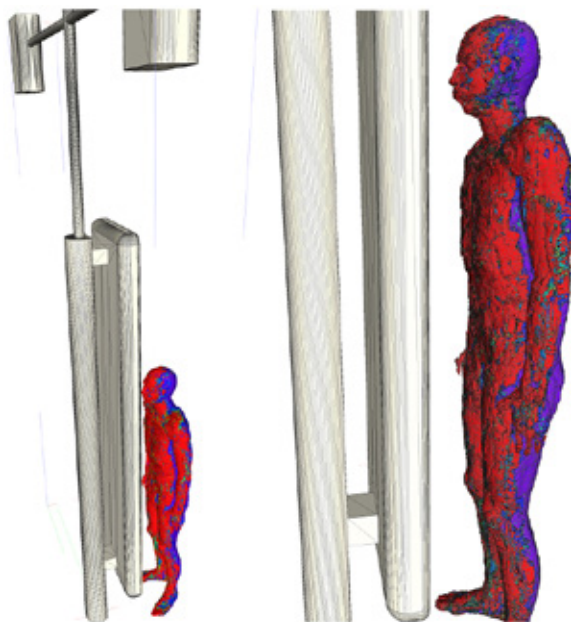
10.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

Katolle asennettuja antenneja käytettiin yleensä mobiilien televiestintäjärjestelmien, myös matkapuhelinten tukiasemien ja hakulaitejärjestelmien, yhteydessä. Sektoriantennien lisäksi matkapuhelintukiasemassa oli myös kahden laitteen välinen tiedonsiirtolinkki. Omistaja tiesi, että erityyppiset antennit aiheuttavat erityyppisiä vaaroja, jotka voidaan luokitella seuraavasti:

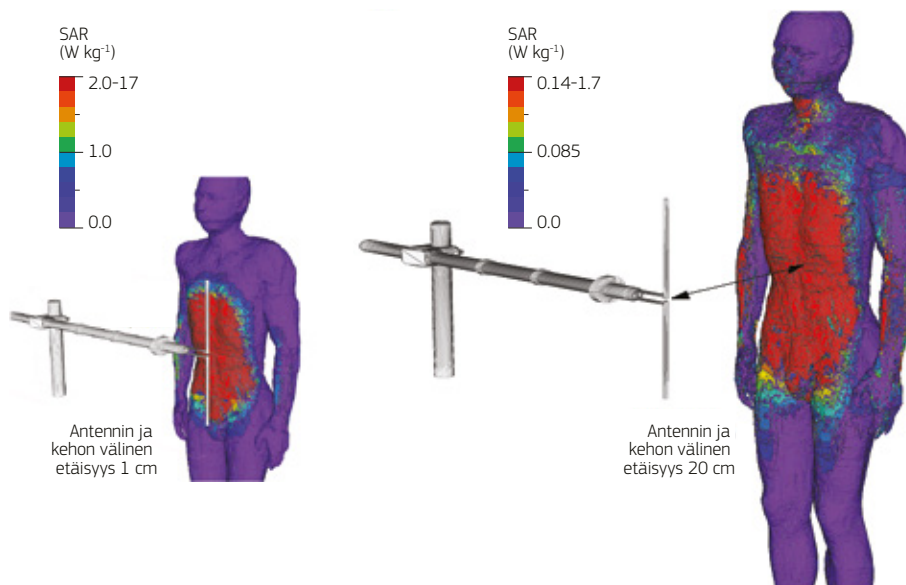
- Matkapuhelinverkon antennit (800–2 600 MHz) voivat aiheuttaa vaaraa suoraan eteenpäin olevalla alueella muutaman metrin päähän, jonkin verran myös sivuilla ja takana olevilla alueilla (kuva 10.2).
- Matkapuhelinten tukiasemiin liittyvät mikroaaltoantennit (10–30 GHz) eivät vaikuta aiheuttavan kovin suurta vaaraa.
- Dipoliantennit ja kollineaariset antennit (piiska-antennit) (80–400 MHz) voivat aiheuttaa vaaraa noin parin metrin suuruisella alueella antennin ympärillä.

Tätä kohtaa havainnollistetaan 400 MHz:n taajuudella toimivasta puolialtodipoliantennista tehdyllä tietokonemallinnuksella (kuva 10.3). Taulukko 10.1 osoittaa, että kun säteilyn teho kasvaa 25 wattiin, 100 wattiin ja vielä 400 wattiin, terveysvaikutusraja-arvot ylittyvät sitä mukaa kuin etäisyys antenniin lisääntyy.

Kuva 10.2 Ominaisabsorption (SAR) jakauma matkapuhelinverkon lähetyksiantennin vieressä olevassa työntekijässä



Kuva 10.3 Ominaisabsorption (SAR) jakauma ihmismallissa, joka koskee altistumista 25 W:n puoliaaltodipoliantennille 20 cm:n päässä keskivartalosta
Etäisyys: 1 cm keskivartalosta Kummassakin tapauksessa lasketut SAR-arvot ovat pienempiä kuin vastaavat terveysvaikutusraja-arvot



Taulukko 10.1 Tietokonemallinnetut arvot koko kehon ominaisabsorptiosta (WBSAR) ja paikalliset keskimääräiset SAR-huippuarvot 10 gramman yhtenäistä massaa kohti (SAR_{10g cont}) 5 W:n, 25 W:n, 100 W:n ja 400 W:n puoliaaltodipoliantennin yhteydessä Vastaavat terveysvaikutusraja-arvot ylittävät SAR-arvot on merkitty punaisella

Etäisyys (cm)	Mallinnettu SAR (Wkg ⁻¹)							
	5 W:n antenni		25 W:n antenni		100 W:n antenni		400 W:n antenni	
	WBSAR	SAR _{10g cont}	WBSAR	SAR _{10g cont}	WBSAR	SAR _{10g cont}	WBSAR	SAR _{10g cont}
0,1	0,0225	1,61	0,113	8,05	0,450	32,2	1,80	129
1	0,0194	1,28	0,0968	6,38	0,387	25,5	1,55	102
2	0,0168	1,04	0,0840	5,18	0,336	20,7	1,34	82,8
4	0,0133	0,715	0,0663	3,58	0,265	14,3	1,06	57,2
6	0,0110	0,525	0,0548	2,63	0,219	10,5	0,876	42,0
8	0,00945	0,406	0,0473	2,03	0,189	8,12	0,756	32,5
10	0,00845	0,332	0,0423	1,66	0,169	6,63	0,676	26,5
12	0,00770	0,272	0,0385	1,36	0,154	5,44	0,616	21,8
14	0,00725	0,234	0,0363	1,17	0,145	4,68	0,580	18,7
16	0,00690	0,208	0,0345	1,04	0,138	4,16	0,552	16,6
18	0,00670	0,163	0,0335	0,815	0,134	3,26	0,536	13,0
20	0,00660	0,177	0,0330	0,883	0,132	3,53	0,528	14,1

Koko kehon keskimääräiseen SAR-arvoon liittyvät terveysvaikutusraja-arvot taajuusvälillä 100 kHz–6 GHz: 0,4 Wkg⁻¹ sekä pään ja keskivartalon paikalliset keskimääräiset SAR-arvot 10 gramman yhtenäistä kudosmassaa kohti: 10 Wkg⁻¹

10.4 Miten laitteita käytetään?

Laitteisto on automaattinen, ja operaattorit kauko-ohjaavat sitä. Matkapuhelintukiasema mukauttaa antotehoa puhelinliikenteen vilkkauksen mukaan, ja enimmäisteho on yksilöity toimiluvan ehtoissa. Sen vuoksi vuokraisännän on vaikea ennakoida todellista tehoa jollakin tietyllä hetkellä. Myös lähtötaajuudet on yksilöity toimiluvan ehtoissa.

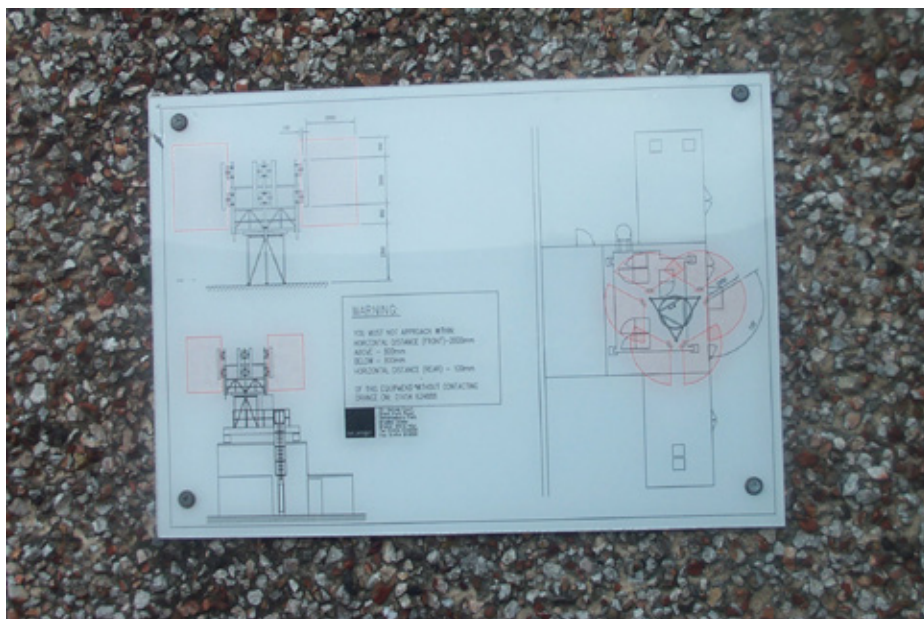
Asennuksen muutoksia ja tilapäisiä kunnossapitotöitä tekevät operaattorien nimeämät alihankkijat.

10.5 Altistumisen arviointitapa

Yksityiskohtaiseen teoreettiseen altistumisen arviointiin tarvittaisiin tietoa monista tekijöistä, esimerkiksi antennin tyypistä, emission ominaisuuksista (taajuus, säteilyteho, signaaliparametrit, toimintasuhde, lähetettyjen kanavien lukumäärä), työntekijän sijainnista säteilykentässä, altistumisen kestosta ja muiden lähteiden vaikutuksista.

Olisi mahdollista tehdä mittauksia myös katolla altistumisista, mutta se edellyttäisi erikoisvälineitä käyttävän asiantuntijakonsultin palveluita. Omistaja tiesi, että internetistä voisi vuokrata tai ostaa edullisen laitteen, mutta se ei välttämättä antaisi luotettavaa tulosta, ja se voisi olla myös herkkä muille kuin varsinaisesti mitattaville signaaleille. Omistaja tiesi myös, että konsultin palveluiden käyttäminen olisi kallista, ja tulos olisi vain kuva altistumistilanteesta mittaushetkellä.

Niinpä omistaja teki silmämääräisen perustutkimuksen katolla antennien ja niiden operaattoreiden yksilöimiseksi ja merkitsi antennit kattopiiirustukseen. Sen jälkeen operaattoreihin otettiin yhteyttä ja niitä pyydettiin tulemaan paikan päälle tunnistamaan omat antenninsa ja antamaan niihin liittyviä turvallisuustietoja. Lisäksi omistaja selvitti vieraskirjasta, ketkä olivat käyneet katolla, ja yritti määrittää, minkätyyppistä työtä vierailijat olivat tehneet katolla. Näiden tietojen perusteella määritettiin paikat, joissa työntekijät saattaisivat joutua vaarallisille kenttäalueille tai vaara-alueille (kuva 10.4). Hyvän käytännön mukaisesti työntekijöiden ei tule mennä lähelle säteileviä antenneja, jolloin he saattaisivat altistua toimenpidetasot ylittävälle säteilyvoimakkuuksille, eikä heidän tulisi missään nimessä pystyä koskettamaan säteileviä antenneja.

Kuva 10.4 Piirustus, joka osoittaa katon vaara-alueiden laajuuden

10.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

Silmämääräisen tutkimuksen ja operaattoreihin yhteydenoton perusteella omistaja kokosi oleelliset turvallisuustiedot sisältävän kansion, joka asetettiin katolla työskentelevien työntekijöiden saataville. Kansiossa oli yksityiskohtainen antenniluettelo, joka sisälsi seuraavat tiedot: antennin tyyppi (ts. sektoriantenni, mikroaaltoantenni, taitettu dipoli), operaattori, sijainti (paikka, korkeus, suunta), toimintaparametrit, mahdollisen vaara-alueen laajuus ja asennuspäivämäärä (taulukko 10.2).

Taulukko 10.2 Omistajan laatima luettelo kattoantenneista

Antennin tyyppi	Operaattori	Sijainti katolla	Toimintaparametrit	Vaara-alue	Asennuspäivämäärä
Matkapuhelinverkon sektoriantennit (6 pois päältä)	Vodafone	Hissitornin katolla oleva osa 6 m:n taso 0°, 120°, 240°	Taajuus 2 110–2 170 MHz Teho 56 dBm signaalia kohti Keilan leveys 85° Vahvistus 17 dBi	2,5 m edessä 0,25 m takana 0,3 m yllä ja alla	Kesäkuu 2006
0,3 m:n mikroaaltoantenni	Vodafone	Hissitornin katolla oleva asennustanko 5,5 m:n taso 220°	Taajuus 26 GHz Teho 3 mW Keilan leveys 1° Vahvistus 44,5 dBm	Ei mitään	Kesäkuu 2006
Taitettu dipoli	Pager Telecom	Lähellä katon sisäänkäynnin kulketietä 2 m:n taso	Taajuus 138 MHz Teho 100 W Ympärisäteilevä Vahvistus 2,15 dBi	2,5 m kaikkialla antennin ympärillä	Tuntematon

10.7 Riskinarviointi

Omistaja oli tietoinen vaatimuksesta, että kaikki katolle pääsevien työntekijöiden riskit oli arvioitava (niitä voivat olla myös yleiset riskit, kuten liukastumiset, kompastumiset ja kaatumiset, savupiipuista ja ilmanpoistokanavista tulevat savut ja höyryt sekä sähkömagneettiset kentät). Prosessin jäsentämisessä käytettiin OIRAssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositeltua menetelmää. Arvioinnin valmistelussa käytettiin kaikkia antennien operaattorilta tai valmistajalta saatavia tietoja. Antennin sähkökentän voimakkuutta koskevien määrällisten tietojen ja vaara-alueiden laajuutta osoittavien kaavakuvien perusteella omistaja pystyi arvioimaan riskin suuruuden. Joidenkin työntekijöiden ulottuvilla olleiden kenttien voimakkuus ylitti toimenpidetasot. Tältä osin oli laadittava ja toteutettava toimintasuunnitelma riskien pienentämiseksi.

Taulukossa 10.3 on esimerkki sähkömagneettisia kenttiä koskevasta riskinarvioinnista.

Taulukko 10.3 Kattoantennien sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen	Mahdollinen		
Radiotaajuuskentstä johtuvat suorat vaikutukset	Katolle johtava ovi on lukossa, kulkua valvotaan avaimilla	Ikkunanpesijät	✓				✓	Pieni	Siirretään hakulaitejärjestelmän antenni (taitettu dipoli) pois kulkutieltä
	Varoitus- ja kieltokyltit	Kattourakojijat	✓				✓	Pieni	Asennetaan mekaaninen pysäytin sen varmistamiseksi, ettei ikkunanpesijöiden kelkkaa voi nostaa sektoriantennien eteen
	Pääsy on estetty hissitornin ylemmille tasoille asennettujen sektoriantennien luo ja niihin liittyville vaara-alueille	Ilmastointi-insinöörit	✓				✓	Pieni	Laaditaan kirjalliset turvallisuusmenettelyohjeet, jotka kaikkien työntekijöiden pitää lukea (ja vahvistaa allekirjoituksellaan), ennen kuin he saavat luvan mennä katolle.
	Hissitornin katolle johtavat tikkaat on lukittu	Vakuutus-tarkastajat	✓				✓	Pieni	
	Pääsy on estetty korkealle tankoihin ja palkkeihin asennettujen lautasantennien luo	Antennien asentajat	✓				✓	Pieni	
		Riskeille erityisen alttiit työntekijät (raskaana olevat työntekijät)	✓				✓	Pieni	
Radiotaajuuskentstä johtuvat epäsuorat vaikutukset (lääkinnällisiin elektroniikkalaitteisiin liittyvät häiriöt)	Katso edellä	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille		✓		✓		Pieni	Ks. edellä. Lääkinnällisiä elektronisia laitteita käytäviä työntekijöitä koskeva varoitus turvallisuusmenettelydokumentaatiossa

10.8 Jo käytössä olevat varoimet

Omistajan tekemän katon silmämääräisen tarkastuksen tulokset olivat seuraavat:

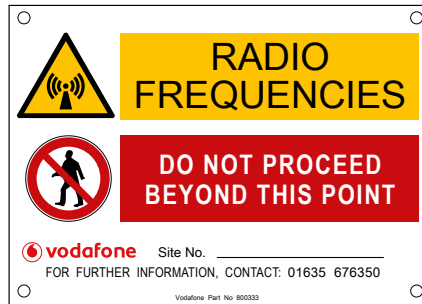
- Katolle johtava ovi oli lukossa, ja avaimen käyttöä valvoi rakennuksen turvallisuuspäällikkö. Oven sisäpuolelle kiinnitettiin varoitus radiotaajuudella toimivista antenneista (kuva 10.5a).
- Matkapuhelinverkon antennit asennettiin hissitornin ylemmille tasoille ja pääsy niiden vaara-alueille estettiin. Asennustankoihin (kuva 10.5b) ja antennien runkoihin kiinnitettiin varoituskylttejä (kuva 10.5c).
- Hissitornin katolle johtavat tikkaat oli lukittu ja niihin oli kiinnitetty varoituskyltti (kuva 10.5d).
- Mikroaaltolautasantennit asennettiin korkealle tankoihin ja pääsy niiden muodostamien keilojen alueelle oli estetty. (Omistajalla oli myös kirjallinen todistus operaattorilta, ettei vaara-alueita ole.)

Kuva 10.5 Varoituskyltit

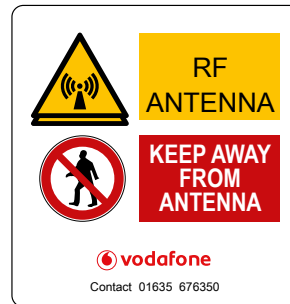
a) katolle johtavassa ovenssa



b) antennin asennustangossa



c) antennin rungossa



d) hissitornin katolle johtavissa tikkaisissa



10.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Omistaja ei ollut tyytyväinen joihinkin seikkoihin siinä, miten kattoasennuksia tehtiin, ja päätti ottaa käyttöön muutamia muita varotoimia, esimerkiksi seuraavat:

- Kehotetaan hakulaitejärjestelmän operaattoria siirtämään taitettu dipoliantenni pois kulkutieltä (kuva 10.6a) ja kiinnittämään siihen varoituskyltti (kuva 10.6b).
- Asennetaan mekaaninen pysäytin sen varmistamiseksi, ettei ikkunanpesijöiden kelkkaa voi nostaa sektoriantennien eteen (kuva 10.6c).
- Laaditaan kirjalliset turvallisuusmenettelyohjeet, jotka kaikkien työntekijöiden pitää lukea (ja vahvistaa allekirjoituksellaan), ennen kuin he saavat luvan mennä katolle. Tähän sisältyy myös kohtuudella ennakoitavia onnettomuuksia ja tapaturmia koskeva valmiussuunnitelma.

Kuva 10.6

a) hakulaitejärjestelmän antenni liian lähellä kulkutietä



b) uusi varoituskyltti



c) ikkunanpesukelkkaa ei voi enää nostaa antennien eteen



11. KANNETTAVAT RADIOPUHELIMET

11.1 Työpaikka

Tämä tapauselostus koskee pientä rakennusyhtiötä, jonka työntekijät työskentelevät eri työmailla. Työmaan työnjohtaja oli kuullut EMF-direktiivistä, ja häntä askarrutti, pitäisikö työntekijöiden noudattaa varotoimia käyttäessään radiopuhelimia.

11.2 Työn luonne

Työntekijät pitävät työmaalla yhteyttä toisiinsa radiopuhelimilla. Ne toimivat erillisradioverkossa (PMR) (kuva 11.1), jonka käyttöön ei tarvita toimilupaa. Kaikki työmaan työntekijät saavat käyttää näitä laitteita.

Kuva 11.1 Työmaan työntekijä käyttämässä radiopuhelinta



Valmistajan ohjeiden perusteella työnjohtaja totesi, että kädessä pidettävät laitteet toimivat noin 446 MHz:n taajuudella. Ohjeissa tai EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa (kuva 11.2) ei kuitenkaan ollut tietoa efektiivisestä säteilytehosta (ERP:stä) tai asianmukaisista käyttötavoista.

Internethaun avulla työnjohtaja löysi tietoa palvelun valvojalta, jonka mukaan "PMR 446 -radiolaitteiden on oltava kädessä pidettäviä, niissä on oltava sisäänrakennettu antenni, niiden efektiivinen säteilyteho saa olla enintään 500 mW, ja niiden on oltava ETS 300 296 -standardin mukaisia".

Kuva 11.2 Laitteen mukana toimitettu EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus

EC Declaration of Conformity

We the manufacturer / Importer

Declare under our sole responsibility that the following product

Type of equipment: Private Mobile RadioModel Name: _____Country of Origin: _____Brand:

complies with the essential protection requirements of R&TTE Directive 1999/5/EC on the approximation of the laws of the Council Directive 2004/108/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to *electromagnetic compatibility (EMC)* and the European Community Directive 2006/95/EC relating to *Electrical Safety*.

Assessment of compliance of the product with the requirements relating to the essential requirements according to Article 3 R&TTE was based on Annex III of the Directive 1999/105/EC and the following standards:

EMC&RF:

EN 301-489-5 V1.3.1:(2002-08)**EN 301-489-1 V1.8.1:(2008-04)****EN 300-296-1 V1.1.1:(2001-03)****EN 300-296-2 V1.1.1:(2001-03)****EN 300-341-1 V1.3.1(200012)****EN 300-341-2 V1.1.1(200012)**

Electrical Safety:

EN 60950-1:2006

Waste electrical products must not be disposed of with household waste. This equipment should be taken to your local recycling centre for safe treatment.

The product is labelled with the European Approval Marking CE as show. Any Unauthorized modification of the product voids this Declaration.

Manufacturer / Importer
(signature of authorized person)



Signature: (_____) _____ London,

Signature: _____ Place & Date: 8th Aug, 2010

11.3 Miten laitteita käytetään?

Työntekijöille ei ollut annettu minkäänlaista koulutusta laitteen käyttöön. Työnjohtaja teki epävirallisen kyselyn radiopuhelinten käyttötavoista, ja kyselyn mukaan niitä pidettiin joko kasvojen edessä tai vieressä. Työntekijöiden välisen viestinnän ilmoitettiin olevan lyhytkestoista; yksi lähetyskerta kesti yleensä korkeintaan joitakin kymmeniä sekunteja.

11.4 Altistumisen arviointitapa

Kun arvioidaan altistumista lähellä vartaloa oleville lähettimille, altistumisen raja-arvojen mukaisuus on määritettävä tietokonemallinnuksella. Ihannetapauksessa sen tekee valmistaja. Jos näitä tietoja ei kuitenkaan ole saatavilla, arviointi on mahdollista tehdä tutkimalla samankaltaisista laitteista julkaistuja tietoja. (Kannattaa tutustua myös oppaan osan 1 luvussa 3 olevaan taulukkoon 3.2, josta käy ilmi, onko laitteen katsottu olevan suoralta kädeltä EMF-direktiivin mukainen.)

11.5 Altistumisen arvioinnin tulokset

Valtionhallinnon virastoihin tekemänsä soittokierroksen ansiosta työnjohtaja sai tietää, että oli olemassa julkaistuja tietoja tietokonemallinnuksesta, joka oli tehty samoilla taajuuksilla toimivasta samanlaisesta laitteesta (Dimbylow ja muut). Nämä tiedot osoittivat, että enimmäisominaisabsorptio (SAR) 10 gramman yhtenäistä kudospainoa kohti oli $3,9 \text{ Wkg}^{-1}$ yhden watin antotehoa kohti kaikissa mahdollisissa käyttöasennoissa kasvojen lähellä.

Jotta voidaan arvioida terveysvaikutusraja-arvo pään paikallisen altistumisen osalta tällä taajuudella (10 Wkg^{-1}), altistuminen on määritettävä keskiarvona kuuden minuutin ajalta. Koska radiopuhelinkeskustelut ovat kaksisuuntaisia, työnjohtaja oletti, että lähetyksen enimmäistoimintasuhde on 50 prosenttia. Mallinnustietojen perusteella työnjohtaja päätteli, että tarvittaisiin laite, jonka efektiivinen säteilyteho olisi yli viisi wattia, jotta altistumisen raja-arvo ylittyisi.

Radiopuhelinten efektiivisestä säteilytehosta ei ollut saatavana tietoja valmistajalta, mutta sääntelyviranomaisen oli jo täsmentänyt, ettei laitteiden antoteho saa olla yli 0,5 wattia. Näin ollen työnjohtaja pystyi päättämään, että laitteiden aiheuttama altistuminen ei ylittäisi EMF-direktiivin mukaisia terveysvaikutusraja-arvoja.

11.6 Riskinarviointi

Altistumisen arvioinnin tulokset osoittavat, ettei radiopuhelinten käyttö ylitä EMF-direktiivin mukaisia terveysvaikutusraja-arvoja. On kuitenkin mahdollista, että radiopuhelimet voivat aiheuttaa häiriötä työntekijöillä oleviin lääkinnällisiin laitteisiin. Sen vuoksi työntekijöille, joilla on lääkinnällisiä laitteita, on tehtävä yksilöllinen riskinarviointi, jotta mahdolliset lääketieteellisen asiantuntijan suosittelemat varotoimet voidaan määrittää ja toteuttaa.

11.7 Jo käytössä olevat varotoimet

Jo käytössä olevia varotoimia ei ollut.

11.8 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

Työnjohtaja päätti toteuttaa seuraavat yksinkertaiset toimet:

- Työntekijöille annettiin ohjeet siitä, milloin ja miten radiopuhelinta käytetään ja miten niitä suositellaan pidettäväksi kädessä.
- Nykyisiä työntekijöitä pyydettiin ilmoittamaan, jos he olivat erityisen alttiita riskeille, kuten siinä tapauksessa, jos heillä oli sydämentahdistin.
- Kaikki uudet työntekijät seulotaan erityisen riskin varalta.

12. LENTOASEMAT

Tässä tapausselostuksessa sähkömagneettisen kentän lähteitä ovat seuraavat:

- lentoaseman valvontatutka
- suuntaamaton radiomajakka
- etäisyydenmittauslaite.

12.1 Työpaikka

Tutkaa, suuntaamatonta radiomajakkaa ja etäisyydenmittauslaitetta käytettiin kansainvälisellä lentoasemalla, joka toimi matkustaja- ja rahtiliikenteessä. Riskinarvioinnin kannalta oleelliset työpisteet lentoasemalla ovat

- tutkalaitetila, jossa oli radiotaajuusgeneraattori
- teräsristikotorni, johon tutka-antenni oli asennettu
- lennonjohtotorni
- suuntaamattoman radiomajakan laitetila, jossa oli radiotaajuusgeneraattori
- aidattu alue, jossa radiomajakan antenni sijaitsi
- lentoaseman paloasema, joka sijaitsi lähellä etäisyydenmittauslaitetta
- etäisyydenmittauslaitetila, jossa oli radiotaajuusgeneraattori
- etäisyydenmittauslaitetilaa ympäröivä alue, johon antenni oli asennettu.

12.2 Työn luonne

12.2.1 Tutka

Valtaosan tutkaan kohdistuvista töistä tekivät ilmailuinsinöörit laitetilassa. Näiden työntekijöiden täytyi toisinaan tehdä myös antenniin kohdistuvia töitä. Myös muut 80 metrin päässä tutkasta sen korkeudella sijaitsevan lennonjohtotornin työntekijät ovat voineet altistua antennin lähettämälle radiotaajuussäteilylle, ja he olivat ilmaisseet olevansa tästä jonkin verran huolissaan.

12.2.2 Suuntaamaton radiomajakka

Valtaosan radiomajakkaan kohdistuvista töistä tekivät insinöörit laitetilassa. Näiden työntekijöiden täytyi silloin tällöin mennä myös majakan aidatulle alueelle säätämään laitetta sen varmistamiseksi, että se oli asianmukaisten tehomääritysten mukainen. Tämä säätötyö tehtiin kopissa, joka sijaitsi muutaman metrin päässä antennista. Myös lentoaseman paloaseman läheisyys radiomajakkaan huolestutti lentoaseman palomiehiä.

12.2.3 Etäisyydenmittauslaite

Valtaosan etäisyydenmittauslaitteeseen kohdistuvista töistä tekivät insinöörit laitetilassa. Näiden työntekijöiden täytyi tehdä varsinaiseen antenniin kohdistuvia töitä harvoin, mutta muut lentoaseman työntekijät olivat ilmaisseet huolensa siitä, että antenni sijaitsi vain 2,5 m:n korkeudella maanpinnasta, eikä kulkurajoituksia ollut.

12.3 Tietoa sähkömagneettisen kentän muodostavasta laitteesta

12.3.1 Tutka

Tutka koostui radiotaajuusgeneraattorista, joka tuottaa radiotaajuussäteilyä pulsseina, ja pyörivästä antennista. Radiotaajuusgeneraattori oli asennettu laitekoppiin, ja antenni oli asennettu teräsristikotornin päälle. Radiotaajuusgeneraattorin signaali siirrettiin antenniin suorakulmaisen aaltoputken kautta. Esimerkki lentoaseman valvontatutkasta on kuvassa 12.1, ja tutkan tekninen eritelmä on taulukossa 12.1.

Kuva 12.1 Esimerkki lentoaseman valvontatutkasta



Taulukko 12.1 Lentoaseman valvontatutkan tekninen eritelmä

Toimintaparametrit	Arvo
Nimellislähetystaajuus	3 GHz
Nimellishuippuantoteho	480–580 kW
Keskimääräinen nimellisantoteho	430 W
Pulssin pituus	0,75–0,9 μs
Pulssin toistotaajuus	995 Hz
Antennin pyörimisnopeus	15 r/min

12.3.2 Suuntaamaton radiomajakka

Suuntaamattomassa radiomajakassa oli radiotaajuusgeneraattori, joka tuottaa 343 kHz:n amplitudimoduloitua radiotaajuussignaalia. Majakan enimmäisteho on 100 W, ja siinä on myös vapaasti seisova lähetin 15-metrinen ristikkomaston päässä. Antenni oli asennettu aidatulle alueelle, jolla sijaitsi myös säätölaitteet sisältävä koppi. Radiotaajuusgeneraattori oli asennettu laitekoppiin antennialueen ulkopuolelle.

12.3.3 Etäisyydenmittauslaite

Etäisyydenmittauslaite koostui radiotaajuusgeneraattorista ja antennista, joka oli asennettu laitekopin päälle. Etäisyydenmittauslaite lähettää radiotaajuisia pulsseja vastauksena lentoasemaa lähestyvän lentokoneen lähettämille signaaleille. Radiotaajuussignaalin lähetystaajuus on 978–1 213 MHz, ja pulssin pituus on 3,5 µs. Pulssien väli on 12–36 µs.

12.4 Miten laitteita käytetään?

Tutka, suuntaamaton radiomajakka ja etäisyydenmittauslaite ovat automaattisia ja kauko-ohjattavia. Insinöörit tekevät muutoksia laitteisiin ja satunnaisia huoltotöitä, ja heidän täytyy silloin tällöin mennä myös antennien luo. Kummassakin tapauksessa radiotaajuusgeneraattori kytketään pois päältä, jos antennien lähelle pitää mennä.

12.5 Altistumisen arviointitapa

Altistusmittaukset teki asiantuntijakonsultti erikoisvälineillä (torviantennia vastaanottoantennina, joka oli liitetty spektrianalysointilaiteeseen, jolla saatiin yksityiskohtainen arvio tutkan pulssisignaaleista tietyissä paikoissa, ja kolmiakselista radiotaajuussäteilyä aiheuttavaa vaaraa mittaavaa anturia). Kaikki mittaukset tehtiin paikoissa, joille työntekijät pääsivät laitteiston ollessa lähetystilassa.

12.5.1 Tutka

Tutkasignaalin lähetystavan (radiotaajuussignaali muodostuu lyhyistä pulsseista ja antenni pyörii) vuoksi altistuminen ei ole missään paikassa jatkuvaa, joten seuraavan kahden suureen osalta oli tarpeen tehdä yksityiskohtainen altistumisen arviointi:

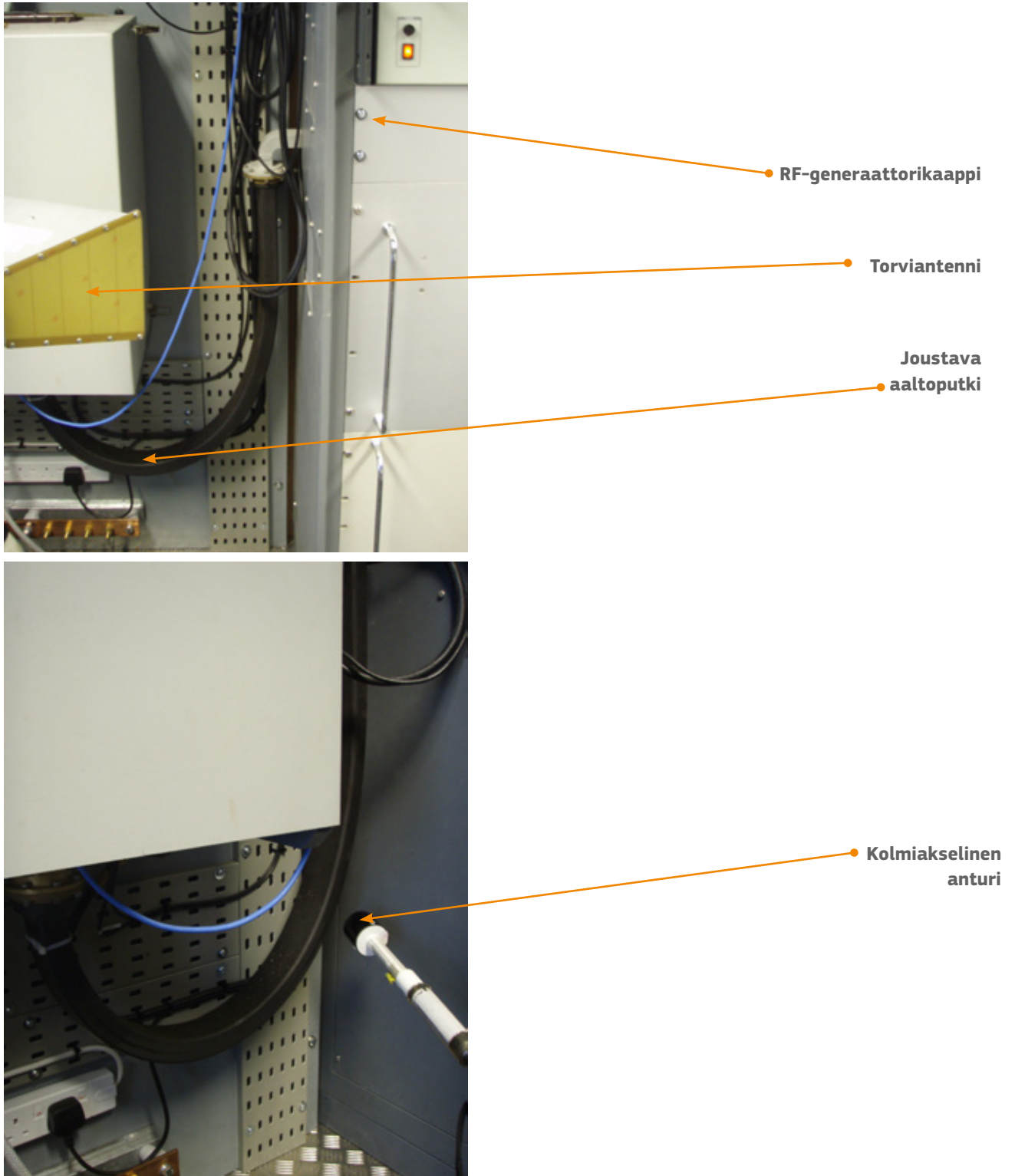
- Huipputehon tiheys: sillä mitataan altistusta, jonka työntekijä voi saada jokaisesta yksittäisestä radiotaajuussignaalin pulssista.
- Keskimääräinen tehon tiheys: se lasketaan huipputehon tiheydestä, ja sillä mitataan keskimääräistä altistusta useiden minuuttien ajan, kun otetaan huomioon tutkasignaalin pulssimaisuus ja antennin pyöriäisaika.

Tehon tiheyden mittaukset tehtiin lennonjohtotornissa neljässä paikassa torviantennilla ja spektrianalysointilaiteella.

Myös sähkökentän voimakkuus mitattiin useissa paikassa radiotaajuussäteilyä aiheuttavaa vaaraa mittaavalla anturilla.

Mittaukset tehtiin laitekopissa, antennitornissa, aaltoputken lähellä (erityistä huomiota kiinnitettiin liitoslaippoihin ja joustavan aaltoputken eri osiin (kuva 12.2)), lennonjohtotornissa ja muilla tutkaa ympäröivillä alueilla, joilla työntekijät kulkivat, myös ne, jotka ovat erityisen alttiita riskeille.

Kuva 12.2 Mittauksia tehdään tutkan laitekopin joustavan aalloputken ympärillä



12.5.2 Suuntaamaton radiomajakka

Sähkökentän voimakkuuden mittaukset tehtiin käyttämällä radiotaajuussäteilyn aiheuttaman vaaran mittaukseen tarkoitettua anturia paikoissa, joihin työntekijät pääsevät radiomajakan ympärillä. Erityistä huomiota kiinnitettiin alueisiin, joilla ilmailuinsinöörit ja lentoaseman palomiehet kulkevat.

12.5.3 Etäisyydenmittauslaite

Sähkökentän voimakkuuden mittaukset tehtiin käyttämällä radiotaajuussäteilyn aiheuttaman vaaran mittaukseen tarkoitettua anturia laitekopin sisällä ja kopin ulkopuolella siinä kohdassa, joka oli lähimpänä paikkaa, josta antennia saattoi koskettaa (siis se paikka, josta työntekijä kurkotti kädellään antennia kohti maassa seisossaan).

12.6 Altistumisen arvioinnin tulokset

Mittaustuloksia verrattiin asiaankuuluviin toimenpidetasoihin, ja altistumisen arvioinnin tärkeimmät löydökset on esitetty taulukoissa 12.2, 12.3 ja 12.4. Kun arvioidaan riskeille erityisen alttiiden työntekijöiden altistumista, vertailukohtana olivat neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritellyt viitearvot (ks. oppaan osan 1 liite E).

Taulukko 12.2 Tutkaa koskevat tulokset altistumisen arvioinnista

Paikka	Mitattu määrä	Tulos	Altistumisen fraktio (prosenttia)	
			Asiaankuuluva toimenpide-taso ^{1,2}	Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo ³
Lennonjohtotornin katto	Huipputehon tiheys	33 000 Wm ⁻²	66 %	330 %
	Keskimääräinen tehon tiheys	0,012 Wm ⁻²	0,024 %	0,12 %
Laitekoppi	Sähkökentän enimmäisvoimakkuus	< 0,1 Vm ⁻¹	< 0,1 %	< 0,2 %
10 cm:n päässä joustavasta aaltoputkesta laitekopin ulkopuolella		29 Vm ⁻¹	21 %	48 %
Keskivartalon sijainti lähimpänä antennia antennitornissa		31 Vm ⁻¹	22 %	51 %

¹ EMF-direktiivissä ei ollut annettu toimenpidetasoja radiotaajuussäteilyn tehon tiheydelle, kun taajuudet olivat alle 6 GHz. Tämä on radiotaajuisten pulssisignaalien yhteydessä erityisen olennaista, joten EMF-direktiivin 15 kohdan mukaisesti konsultti sovelsi tutkan lähettämälle pulssimaiselle radiotaajuussäteilylle altistumista koskevissa ICNIRP:n ohjeissa määritetyjä arvoja seuraavasti:

Työperäisen altistumisen viitearvot pulssimaisen radiotaajuussäteilyn huipputehon tiheydelle 2–300 GHz:n taajuuksilla: 50 000 Wm⁻²

Työperäisen altistumisen viitearvot keskimääräiselle tehon tiheydelle 2–300 GHz:n taajuuksilla: 50 Wm⁻²

² Sähkökentän voimakkuuden toimenpide-taso, kun taajuudet ovat 2–6 GHz: 140 Vm⁻¹

³ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot:

Pulssimaisen radiotaajuussäteilyn huipputehon tiheys 2–300 GHz:n taajuuksilla: 10 000 Wm⁻²,

Keskimääräinen tehon tiheys 2–300 GHz:n taajuuksilla: 10 Wm⁻²,

Sähkökentän voimakkuus, kun taajuudet ovat 2–300 GHz: 61 Vm⁻¹.

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ±2,7 dB, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin/viitearvoihin.

Taulukko 12.3 Suuntaamatonta radiomajakkaa koskevat tulokset altistumisen arvioinnista

Paikka	Sähkökentän enimmäisvoimakkuus (V _m ⁻¹)	Altistumisen fraktio (prosenttia)		Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainenviitearvo ³
		Matala toi- menpidetaso ¹	Korkea toimenpidetaso ²	
Laitekoppi	100	59 %	17 %	120 %
Paloaseman miehistön huone	< 0,1	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,2 %
Suuntaamattoman radiomajakakan alueen raja-aita	270	160 %	45 %	310 %

¹ Sähkökentän voimakkuus, matala toimenpidetaso, kun taajuudet ovat 3 kHz–10 MHz: 170 V_m⁻¹

² Sähkökentän voimakkuus, korkea toimenpidetaso, kun taajuudet ovat 3 kHz–10 MHz: 610 V_m⁻¹

³ Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukaiset viitearvot sähkökentän voimakkuudelle, kun taajuudet ovat 150 kHz–1 MHz: 87 V_m⁻¹

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ±2,7 dB, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin/viitearvoihin.

Taulukko 12.4 Etäisyydenmittauslaitetta koskevat tulokset altistumisen arvioinnista

Toimipaikka	Sähkökentän enimmäisvoimakkuus (V _m ⁻¹)	Altistumisen fraktio (prosenttia)	
		Toimenpidetaso ¹	Neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo ²
Laitekoppi	< 0,1	< 0,2 %	< 0,3 %
2,5 m maantasosta, 0,6 m antennista	14	15 %	33 %

¹ Tiikin sähkömagneettisen kentän voimakkuuteen liittyvä toimenpidetaso etäisyydenmittauslaitteen lähetystaajuuksilla 978–1 213 MHz: 94 V_m⁻¹

² Tiikin neuvoston suosituksen 1999/519/EY mukainen viitearvo sähkökentän voimakkuudelle etäisyydenmittauslaitteen lähetystaajuuksilla 978–1 213 MHz: 43 V_m⁻¹

Huom. Mittausten epävarmuudeksi arvioitiin ±2,7 dB, ja jaettua riskiä koskevan toimintatavan (ks. oppaan osan 1 liite D5) mukaisesti tuloksia verrattiin suoraan toimenpidetasoihin/viitearvoihin.

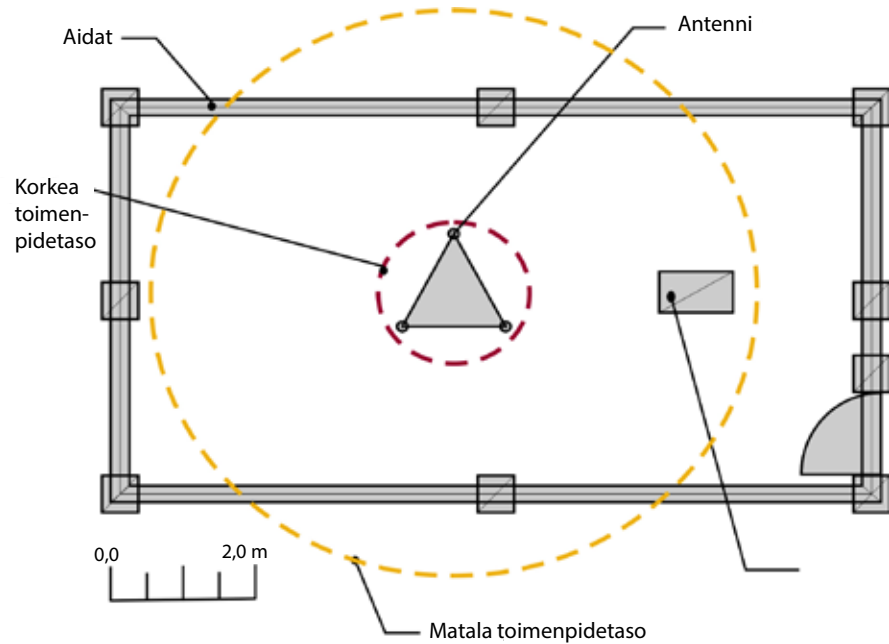
12.6.1 Tutka

Altistumisen arvioinnin tulokset osoittivat, että tutkan aiheuttamalle radiotaajuussäteilylle altistuminen oli kaikkia EMF-direktiivin mukaisia toimenpidetasoja vähäisempää. Arvioinnissa kävi kuitenkin ilmi joitakin alueita, joilla neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritetyt viitearvot ylittyivät, joskaan riskeille erityisen alttiit työntekijät eivät todennäköisesti joudu menemään näille alueille.

12.6.2 Suuntaamaton radiomajakka

Altistumisen arvioinnin tulokset osoittivat, että suuntaamattoman radiomajakakan aiheuttamalle radiotaajuussäteilylle altistuminen ylitti sähkökenttää koskevan matalan toimenpidetaso ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritetyt viitearvot radiomajakkaa ympäröivän aidan ulkopuolisilla alueilla. Työntekijät, myös ne, jotka ovat erityisen alttiita riskeille, voivat kulkea näillä alueilla.

Kuva 12.3 Piirros, jossa näkyvät niiden alueiden ääri viivat, joilla toimenpidetasot saattavat ylittyä suuntaamattoman radiomajakan ympärillä



12.6.3 Etäisyydenmittauslaite

Altistumisen arvioinnin tulokset osoittivat, että etäisyydenmittauslaitteen aiheuttamalle radiotaajuussäteilylle altistuminen allitti toimenpidetason ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritetyt viitearvot kaikilla etäisyydenmittauslaitetta ympäröivillä alueilla, joilla työntekijät pääsivät liikkumaan.

12.7 Riskinarviointi

Lentoaseman pitäjä teki tutkaa, suuntaamatonta radiomajakkaa ja etäisyydenmittauslaitetta koskevat riskinarvioinnit konsultin tekemän altistumisen arvioinnin perusteella. Se tehtiin OIRA:ssa (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston sähköisessä vuorovaikutteisessa riskinarviointivälineessä) suositellun menetelmän mukaisesti.

Riskinarvioinnin päätelmät olivat seuraavat:

- Riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa tutkasta lennonjohtotornin katolla.
- Työntekijöiden, myöskään niiden, jotka olivat erityisen alttiita riskeille, pääsy ei ollut rajoitettu niille suuntaamatonta radiomajakkaa ympäröiville alueille, joilla aistinelimiin kohdistuvia vaikutuksia koskeva matala toimenpidetaso ylittyi, koska raja-aita oli asennettu liian lähelle lähetintä.
- Työntekijöille ei todennäköisesti aiheudu vaaraa etäisyydenmittauslaitteesta.

Lentoaseman pitäjä laati riskinarviointien perusteella toimintasuunnitelman, joka dokumentoitiin.

Taulukoissa 12.5, 12.6 ja 12.7 on esimerkkejä tutkan, suuntaamattoman radiomajakan ja etäisyydenmittauslaitteen sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien riskien arvioinnista.

Taulukko 12.6 Suuntaamattoman radiomajakan sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys			Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen	Mahdollinen		
Radiotaajuussäteilyä johtuvat suorat vaikutukset	Aidatulle lähetaluudelle pääsy estetty fyysisesti muilta kuin valtuutetuilta henkilöiltä	Insinöörit	✓				✓	Pieni	Siirretään raja-aitaa siten, että se kattaa koko alueen, jolla sähkökentän voimakkuus ylittää matalan toimenpidetason
	Yksinkertainen menettely, jolla varmistetaan, että lähetin kytketään pois päältä, jos antennin lähelle on tarpeen mennä.	Lentoaseman työntekijät	✓				✓	Pieni	Annetaan asiaa koskevia erityisvaroituksia lentoaseman turvallisuusohjeissa
	Ainoastaan varoituskyltit sähköiskun riskistä	Riskeille erityisen alttiit työntekijät (myös rakana olevat työntekijät)	✓				✓	Pieni	Kiinnitetään asianmukaiset varoituskyltit radiotaajuussäteilyn aiheuttamasta vaarasta kohtiin, joista aidatulle radiomajakka-alueelle pääsee Kehitetään menettely radiomajakan säätämistä varten Annetaan radiotaajuussäteilyyn liittyvää turvallisuuskoulutusta insinööreille, jotka säätävät radiomajakan signaalia
Radiotaajuussäteilyn epäsuorat vaikutukset (lääkinnällisiin implantteihin kohdistuvat häiriöt)	Ainoastaan varoituskyltit sähköiskun riskistä Kaikkia työntekijöitä ohjeistetaan ilmoittamaan lentoaseman pitäjälle, jos heillä on lääkinällinen implantti	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille		✓		✓		Keski-kokoiset	Katso edellä

Taulukko 12.7 Etäisyydenmittauslaitteen sähkömagneettisia kenttiä koskeva riskinarviointi

Vaarat	Käytössä olevat ehkäisy- ja varotoimet	Riskialttiit henkilöt	Vakavuus		Todennäköisyys		Arvioitu riski	Uudet ehkäisy- ja varotoimet
			Vähäinen	Vakava	Kuolemaan johtava	Epätodennäköinen		
Radiotaajuussäteilyä johtuvat suorat vaikutukset	Yksinkertainen menettely, jolla varmistetaan, että lähetin kytketään pois päältä, jos antennin lähelle on tarpeen mennä.	Insinöörit	✓		✓		Pieni	Ei mitään.
		Lentoaseman työntekijät	✓		✓		Pieni	
		Riskeille erityisen alttiit työntekijät (myös raskaana olevat työntekijät)	✓		✓		Pieni	
Radiotaajuussäteilyn epäsuorat vaikutukset (lääkinnällisiin implantteihin kohdistuvat häiriöt)	Kaikkia työntekijöitä ohjeistetaan ilmoittamaan lentoaseman pitäjälle, jos heillä on lääkinällinen implantti	Työntekijät, jotka ovat erityisen alttiita riskeille		✓	✓		Pieni	Ei mitään.

12.8 Jo käytössä olevat varotoimet

12.8.1 Tutka

Tutkan yhteydessä oli jo toteutettu monenlaisia suojaus- ja ehkäisutoimia, esimerkiksi seuraavat:

- Laitekoppi ja antennitorni sijaitsivat alueella, jonka ympärillä oli tukeva aita.
- Laitekopin ovi ja aidatun alueen portti olivat lukossa aina, kun koppiin tai alueelle ei tarvinnut mennä, ja avaimet annettiin vain valtuutetuille työntekijöille.
- Antennitorniin johtavat portaat oli lukittu alueella olevan erillisen portin taakse.
- Tutka-alueen portille ja antennitorniin johtavien portaiden portille oli kiinnitetty varoituskylttejä (kuva 12.4).
- Laitekopissa oleva radiotaajuusgeneraattorikaappi oli lukittu.
- Käytössä oli yksinkertainen menettely, jolla varmistetaan, että radiotaajuusgeneraattori kytketään pois päältä, jos antennitorniin on tarpeen mennä.
- Käytössä oli myös suojatoimi sen varmistamiseksi, että radiotaajuusgeneraattori kytketään pois päältä, jos tutka lakkaa pyörimästä
- Kaikkia työntekijöitä oli ohjeistettu ilmoittamaan lentoaseman pitäjälle, jos heillä on lääkinällinen implantti.

Kuva 12.4 Varoituskyttilt tutka-alueen portilla (vasemmalla) ja antennitornin portilla (oikealla)



12.8.2 Suuntaamaton radiomajakka

Ennen konsultin tekemää altistumisen arviointia käytössä oli niukalti suojaus- ja ehkäisytoimia. Niitä olivat vain seuraavat:

- raja-aita lähettimen ympärillä
- varoituskyttilt sähköiskun riskistä radiomajakkaa ympäröivässä aidassa
- yksinkertainen menettely, jolla varmistetaan, että radiotaajuusgeneraattori kytketään pois päältä, jos antennitorniin on tarpeen mennä.
- ohje, jonka mukaan kaikkien työntekijöiden pitää ilmoittaa lentoaseman pitäjälle, jos heillä on lääkinällinen implanti.

12.8.3 Etäisyydenmittauslaite

Ennen altistumisen arviointia käytössä oli yksinkertainen menettely, jolla varmistetaan, että radiotaajuusgeneraattori kytketään pois päältä, kun antennin lähelle on tarpeen mennä.

12.9 Arviointitulokseen perustuvat muut varotoimet

12.9.1 Tutka

Nykyisillä suojaus- ja ehkäisytoimilla varmistettiin, että lentoaseman työntekijöiden altistuminen oli yleensä asiaankuuluvia toimenpidetasoja ja neuvoston suosituksessa 1999/519/EY määritettyjä viitearvoja vähäisempää niillä alueilla, joilla mittaukset tehtiin. Ainoa poikkeus oli lennonjohtotornin katto, jossa riskeille erityisen alttiille työntekijöille voi aiheutua vaaraa tutkan lähettämälle radiotaajuussäteilylle altistumisesta, joskin katsottiin olevan epätodennäköistä, että näiden työntekijöiden tarvitsisi mennä tälle alueelle.

Altistumisen arvioinnin perusteella lentoaseman pitäjä toteutti joitakin pieniä suosituksia konsultin neuvosta:

- Lennonjohtotornin katolle johtavaan oveen kiinnitettiin varoituskyttiltejä, joihin sisältyi myös kuva säteilevästä antennista ja sanat "Huomio: ionisoimatonta säteilyä".
- Lentoaseman työntekijöitä muistutettiin siitä, että on tärkeää ilmoittaa lentoaseman pitäjälle, jos heillä on jokin lääkinällinen implanti.

- Lentoaseman turvallisuusohjeisiin lisättiin varoituksia, jotka liittyivät nimenomaan tutkan ionisoimattoman säteilyn aiheuttamiin vaaroihin.

Tässä yhteydessä on syytä todeta, että jos altistumisen arvioinnissa havaitaan, että tutkan radiotaajuussäteily aiheuttaa huomattavan riskin, voidaan harkita sektorin tyhjentäminen -nimistä lisäsuojaustoimea, jossa tutkan lähetin toimii pienemmällä teholla ennalta määritetyllä alueella. Tätä toimea ei nyt toteutettu tässä tapauksessa. Tämä edellyttäisi, että tutka ohjelmoidaan pienentämään radiotaajuussäteilyn tehoa tai kytkemään sen pois päältä pyörähdysliikkeen aikana silloin, kun antenni on suunnattu kohti kyseistä aluetta. Sektorin tyhjentämisen käyttöä on kuitenkin harkittava huolellisesti, ja sen hyötyjä on verrattava valvontatietojen puuttumiseen liittyviin riskeihin, kun tutka toimii tietyllä alueella pienemmällä teholla.

12.9.2 Suuntaamaton radiomajakka

Nykyisten suojaus- ja ehkäisytöimien todettiin olevan epäasianmukaisia, ja useita uusia toimia otettiin käyttöön.

Altistumisen arvioinnin perusteella lentoaseman pitjä toteutti lukuisia pieniä suosituksia konsultin neuvosta:

- Radiomajakkaa ympäröivää raja-aitaa siirrettiin kauemmaksi lähettimestä alueelle, jossa sähkökentän voimakkuus ylitti matalan toimenpidetason. Raja-aidan siirtämisen vaihtoehto olisi ollut antaa koulutusta työntekijöille, joiden on joskus päästävä alueelle, mutta aidan siirtäminen oli yksinkertaisempi ja tehokkaampi ratkaisu.
- Radiomajakan aidatulle alueelle johtavaan porttiin kiinnitettiin varoituskylttejä, joihin sisältyi myös kuva säteilevästä antennista ja sanat "Huomio: ionisoimatonta säteilyä".
- Suuntaamattoman radiomajakan signaalin säätämistä varten kehitettiin menettely.
- Insinööreille, joiden on säädettävä suuntaamatonta radiomajakkaa aidatun alueen sisäpuolella, annettiin koulutusta radiotaajuussäteilyyn liittyvistä vaaroista.
- Lentoaseman työntekijöitä muistutettiin siitä, että on tärkeää ilmoittaa lentoaseman pitäjälle, jos heillä on jokin lääkinällinen implantti.
- Lentoaseman turvallisuusohjeisiin lisättiin varoituksia, jotka liittyivät nimenomaan suuntaamattoman radiomajakan ionisoimattoman säteilyn aiheuttamiin vaaroihin.

12.9.3 Etäisyydenmittauslaite

- Koska nykyisten toimien todettiin olevan riittäviä, muita suojaus- ja ehkäisytöimiä ei toteutettu.

Direktiivissä 2013/53/EU (nk. EMF-direktiivi) säädetään turvallisuutta koskevat vähimmäisvaatimukset työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta sähkömagneettisista kentistä aiheutuville riskeille. Tämä käytännön opas on laadittu avuksi työnantajille, varsinkin pk-yrityksille, jotta ne tietävät, mitä niiden on tehtävä täyttääkseen direktiivin vaatimukset. Oppaasta saattaa olla hyötyä myös EU-maiden työntekijöille, työntekijöiden edustajille ja sääntelyviranomaisille. Oppaassa on kaksi osaa ja erityinen pk-yrityksille tarkoitettu opas.

Käytännön oppaan osassa 1 annetaan ohjeita riskinarvioinnin tekemisestä ja lisäohjeita käytettävissä olevista vaihtoehdoista, kun työnantajien on toteutettava muita suojaus- tai ehkäisytoimenpiteitä.

Osassa 2 esitetään 12 tapauselostusta, joista työnantajat saavat opastusta siihen, miten arvioinnit voi toteuttaa. Lisäksi oppaassa kuvataan muutamia ehkäiseviä ja suojaavia toimenpiteitä, jotka työnantajat voivat valita toteutettaviksi. Tapauselostukset ovat yleistettävissä moniin työpaikkoihin, mutta ne on laadittu todellisten työtilanteiden pohjalta.

Pk-yrityksille tarkoitettu oppaassa annetaan ohjeita sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien riskien alustavaan arvioimiseen työpaikalla. Sen avulla on arvioinnin pohjalta helpompi päättää, edellyttääkö EMF-direktiivi jatkotoimia.

Tämä julkaisu on saatavilla sähköisessä muodossa kaikilla EU:n virallisilla kielillä.

Voit ladata EU:n julkaisuja tai rekisteröityä tilaajaksi maksutta osoitteessa

<http://ec.europa.eu/social/publications>

Jos haluat saada säännöllisesti tietoa työllisyys-, sosiaali- ja osallisuusasioiden pääosaston toiminnasta, rekisteröidy maksutta sähköisen Social Europe -tietolehtisen tilaajaksi osoitteessa <http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>



<https://www.facebook.com/socialeurope>



https://twitter.com/EU_Social

