

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessitekniikan laitos.
Raportti 192

Tampere University of Technology. Department of Energy and Process
Engineering. Report 192

Leena Korpinen

**Työntekijöiden altistuminen sähkö- ja
magneettikentille 110 kV sähköasemien
työtehtävissä**



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessiteknikan laitos.
Raportti 192
Tampere University of Technology. Department of Energy and Process Engineering.
Report 192

Leena Korpinen

Työntekijöiden altistuminen sähkö- ja magneettikentille 110 kV sähköasemien työtehtävissä

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessiteknikan laitos
Tampere 2011

ISBN 978-952-15-2532-2
ISSN 1459-3440

Sisällysluettelo

Esipuhe.....	5
1. Taustaa.....	6
1.1. Työperäisen kontaktivirta-altistuksen määrittäminen	7
1.2. Mittausten toteuttaminen 400 kV sähköasemilla kesällä 2004 ja 2005.....	8
1.3. Mittausten toteuttaminen 110 kV sähköasemilla Tampereen alueella kesällä 2008.....	12
2. Tutkimuksen tavoitteet	18
3. Mittausmenetelmät	19
3.1. Sähkö- ja magneettikenttämittauksiin käytetyt mittalaitteet	19
3.2. Virrantiheyksien ja kontaktivirtojen määrittäminen	19
4. Mittausten toteutus käytännössä	20
5. Mittaustulokset	22
5.1. Kulkeminen sähköasemalla tai laitteiden ohjaaminen maantasolta	25
5.2. Työskentely hoitotasolla.....	37
5.3. Työskentely nostokorista.....	42
5.4. Muut työtehtävät.....	50
5.5. Tuloksia kypärämittauksista.....	56
6. Johtopäätökset	58
6.1 Pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät työterveyden näkökulmasta	60
Kirjallisuusviitteet	61

Esipuhe

Tämä raportti on Tampereen teknillisen yliopiston Energia- ja prosessitekniikan laitoksella tehdyn tutkimusprojektin "Työntekijöiden altistuminen sähkö- ja magneettikentille 110 kV sähköasemien työtehtävissä" loppuraportti. Hankkeen rahoittajana on toiminut Sähkö-tutkimuspooli. Hankkeen johtoryhmään ovat kuuluneet asiantuntija Elina Lehtomäki (Energiateollisuus ry), vanhempi asiantuntija Harri Kuisti (Fingrid Oyj), vanhempi asiantuntija Pauli Vanhala (Helen Sähköverkko Oy) ja Leena Korpinen (Tampereen teknillinen yliopisto). Aineiston käsittelyssä asiantuntijakommentteja ovat antaneet Fingrid Oyj:stä kunnonhallintapäällikkö Timo Heiskanen ja professori Jarmo Elovaara.

Hankkeen johtajana on toiminut prof. Leena Korpinen ja diplomityöntekijänä Jussi Kattainen. Sähkö- ja magneettikenttien mittaamiseen ja raportin kommentoimiseen on osallistunut tiimpäällikkö Rauno Pääkkönen Työterveyslaitokselta. Lisäksi hankkeen mittauksissa ovat avustaneet hankkeessa mukana olleiden yritysten työntekijät.

Johtoryhmälle ja kaikille mukana olleille henkilöille parhaat kiitokset.

Tampereella 30.12.2010

Leena Korpinen

1. Taustaa

Sähkö- ja magneetikenttien mahdollisia terveysvaikutuksia on tutkittu jo pitkään. Tunnettu pientaajuisten sähkö- ja magneetikenttien akuutti vaikutus on hermo- ja lihassolujen reagointi kudoksiin syntyvän sähkövirran vaikutuksesta. Myös häiriöt näköaistimuksissa (magnetofosfenit) ovat mahdollisia. Näin suurille sähkö- ja magneetikentille ei kuitenkaan käytännössä altistuta, että näitä vaikutuksia tulisi esiin.

Tutkimustiedon perusteella kentille altistumiselle on asetettu rajoituksia. Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö (STM) antoi vuonna 2002 asetuksen (294/2002) 'ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta' /12/.

Euroopan Unionissa on 30.4.2004 annettu direktiiviehdotus (2004/40/EY) 'terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille' /3/. Direktiivissä on annettu enimmäisarvot työntekijän altistukselle pientaajuisille sähkö- ja magneetikentille. Direktiivi tulee jossakin vaiheessa osaksi kansalliseen lainsäädäntöön, kunhan sen jatkokäsittely ensin saadaan EU:n tasolla valmiiksi.

Direktiivissä työntekijöiden altistumiselle toiminta-arvot (50 Hz) ovat: sähkökentälle 10 kV/m ja magneetikentälle 500 μ T. Pientaajuisille kentille altistumisen raja-arvo on esitetty virrantiheytenä (10 mA/m²). Mikäli direktiivin toiminta-arvo ylitetään, on työnantaja velvollinen selvittämään, ylittyykö raja-arvo keskushermoston alueella (esim. pää, kaula).

Koska raja-arvojen ylittymisen todentaminen mittaamalla on verraten hankalaa, direktiiviehdotuksen vaatimukset on esitetty kaksipuolisesti. On ilmoitettu suhteellisen helposti mitattavissa olevat ns. toiminta-arvot, jotka alitettaessa työskentelystä sähkömagneettisissa kentissä ei aiheudu mitään terveydellistä haittaa.

Sähkön siirrossa ja jakelussa käytettävällä taajuudella toiminta-arvot ilmoitetaan sähkökentän voimakkuuksina ja magneettivuon tiheyksinä. Mikäli toiminta-arvot kuitenkin ylittyvät, työnantajan on osoitettava, että kehon sisäiselle virrantiheydelle asetetut raja-arvot eivät ylitä. Virrantiheytenä ilmoitettu raja-arvo on ehdoton, sitä ei saa missään olosuhteissa ylittää.

Direktiiviehdotuksen mukaan siihen saakka, kunnes Euroopan sähkötekniikan standardointikomitean (CENELEC) yhdenmukaistetut eurooppalaiset standardit kattavat kaikki asiaan kuuluvat arviointi-, mittaus- ja laskentatilanteet, jäsenvaltiot voivat käyttää muita tieteellisesti perusteltuja standardeja tai ohjeita arvioitaessa, mitattaessa ja/tai laskettaessa työntekijöiden altistumista sähkömagneettisille kentille. /3/

Virrantiheyden mittaus- tai laskentatapaa ei ole kuitenkaan toistaiseksi tarkemmin määritelty viranomaisten toimesta. Aikaisemmin virrantiheyksiä on määritetty lähinnä laskemalla, mutta tulokset ovat olleet epätarkkoja. Suora fyysikaalinen mittaus ei ole edes mahdollinen.

Kun ihminen on vaihtosähkökentässä, hänen kehonsa eri osiin indusoituu vaihtovirta, joka riippuu kentänvoimakkuudesta sekä ihmisen koosta ja asennosta. Direktiiviehdotuksen tarkoituksena on rajoittaa tätä ihmiseen indusoitunutta virtaa. Käytännössä sähkökentän mittaaminen on huomattavasti helpompaa kuin ihmiseen indusoituneiden virtojen mittaaminen, mutta koska sähkökenttätointa-arvo aikaisempien mittausten perusteella ylittyy joissakin työpisteissä, on välttämätöntä tutkia myös virrantiheyksiä.

Ihmiseen indusoituneen virrantiheyden määrittämiseen on olemassa erilaisia menetelmiä. Ihminen voidaan mallintaa esimerkiksi pyörähdysellipsoidiksi ja laskea, miten iso virrantiheys syntyy tietyssä sähkökentässä tähän malliin /1,3/. Tällaiset mallit ovat varsin epätarkkoja, eivätkä ota huomioon ihmisen vaihtelevaa asentoa ja sijaintia työkohteessa.

Kehoon indusoituvaa virtaa on tutkittu myös erilaisten mallinukien avulla. Kokeellisesti erilaisten mallinukien avulla on johdettu lausekkeita indusoituneelle virralle ihmisen ollessa eri asennoissa. Lisäksi on määritelty ominaiskertoimia, joiden avulla voidaan laskea kehon eri osissa kulkevia virtoja. /1/ Tämän hetken tarkimmat ihmiskehon sähköiset laskennalliset mallit voidaan rakentaa MRI-kuvien ja kirjallisuudesta löytyvien kudosten sähköisten parametrien avulla. Mallit ovat kuitenkin laajoja ja monimutkaisia, joten niiden käyttö on varsin työläistä.

Kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn toimikunnan ICNIRP:n (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) aivan uudet ohjeavot julkaistiin virallisesti joulukuussa. Uuden ohjeen mukaan ohjeavot jaetaan perusrajoituksiin ja referenssiarvoihin. Perusrajoitukset jaetaan työntekijäaltistukseen ja väestöaltistukseen ja niiden alla vielä päänalueen keskushermoston arvoon ja muuhun altistukseen. Näille on annettu omat sisäisen sähkökentän arvot (V/m). Työntekijöiden osalta 50 Hz sisäisen sähkökentän arvot ovat 0,1 V/m ja 0,8 V/m ja väestön osalta 0,02 V/m ja 0,4 V/m. Pään keskushermoston alueen arvot ovat aina pienempiä kuin muita kudoksia koskevat arvot. Lisäksi on esitetty referenssiarvot. Työntekijäaltistuksen osalta referenssiarvot ovat: 50 Hz sähkökentän osalta 10 kV/m ja magneetikentän osalta 1000 μ T. Väestöaltistuksen arvot ovat 5 kV/m ja 200 μ T. /5/

ICNIRP:n uusilla ohjeavoilla on mahdollisesti vaikutusta siihen, minkälaisena direktiivi lopulta julkaistaan EU:ssa.

1.1. Työperäisen kontaktivirta-altistuksen määrittäminen

EU:n direktiiviehdotuksessa on toiminta-arvoja määriteltäessä annettu rajat myös kontaktivirroille. Sähkökenttä ja sähkövaraus liittyvät kiinteästi toisiinsa. Ilman sähkökenttää ei voi olla varausta ja kääntäen. Sähkökenttä myös indusoi siinä olevaan johteeseen, esimerkiksi ihmiseen varauksen. Ihmiseen indusoitunut varaus purkautuu ihmisestä maahan ihmisen "maadoitusimpedanssin" määräämällä tavalla.

Mikäli vaihtosähkökentässä oleva henkilö on eristetty maasta, maadoitettuun kohteeseen koskettaminen aiheuttaa varauksen purkautumisen henkilöstä maahan, ts. henkilöstä maadoitukseen kulkee purkausvirta. Tällaisesta purkausvirrasta EU:n direktiiviehdotus ja sen

taustalla oleva ICNIRP:n suositus /4/ käyttää nimitystä kontaktivirta, mitä ei saa kuitenkaan missään tapauksessa sekoittaa jännitteelliseen johtimeen koskettamisesta aiheutuvaan kosketusvirtaan (tällaisessa "sähköskutilanteessa" kosketusvirrat ovat monta kertaluokkaa suurempia kuin tässä tarkoitetut kontaktivirrat.)

Vaihtosähkökentässä purkausvirta sisältää yleensä useita piikkimäisiä transienttipulsseja, joiden vaimennuttua/poistuttua jää jäljelle vain sinimuotoisesti vaihteleva jatkuva purkausvirta. Se millaiseksi ihminen kokee purkausvirran, riippuu kosketuksen laadusta ja virran suuruudesta. Lähinnä ihminen reagoi transienttimaisten purkausvirtapulssien huippuarvoihin, koska nämä arvot ovat yleensä merkittävästi suurempia kuin jatkuvan virran tehollisarvo.

Vastaavanlainen purkausvirtakokemus saadaan, jos joltain osin maadoitettu ihminen koskettaa sähkökentässä olevaa maasta eristettyä johtavaa kohdetta. Tässä tapauksessa myös koskettavan johtavan esineen koko vaikuttaa purkausvirtatunteeseen.

Staattinen sähkö aiheuttaa kuivissa olosuhteissa vastaavan ilmiön sillä erolla, että purkausvirta on nyt vain transienttimainen (ei jatkuvaa osaa) ja koostuu lähinnä yhdestä pulssista. Staattisen sähkönsä aiheuttamaan purkausvirtatunteeseen liittyy usein silmin nähtävä kipinäpurkaus ja voimakaskin tuntoaistimus.

EU:n direktiiviehdotus asettaa purkausvirran tehollisarvon ns. toiminta-arvoksi (1 mA) ammatillisessa altistuksessa. Direktiiviehdotus ei kuitenkaan määrittele tarkemmin purkausvirran muotoa, mutta mitä ilmeisimmin se viittaa juuri jatkuvan purkausvirran suuruuteen. Kirjallisuustietoja ihmisten kokemista purkausvirroista ja purkausvirtatuntemuksista on varsin vähän.

Perusteellisen selvityksen tulokset on julkaistu viitteessä /1/, mutta nämä koetulokset perustuvat mallinukkekokeisiin ja Pohjois-Amerikassa omaksuttuihin sähköasemarakennatkaisuihin. Suomessa on purkausvirtoja mitattu aikaisemmin vain 400 kV avojohtojen alla ja näistä mittauksista tiedetään, että kentänvoimakkuudessa 7,8 - 7,9 kV/m koehenkilön purkausvirrat vaihtelivat koejärjestelystä riippuen alueella 0,25 - 0,91 mA (tehollisarvo 1 sekunnin aikana) transienttihuippujen ollessa 180 - 650 mA /9/ (alhaisemmilla kentänvoimakkuuksilla saatettiin mitata koejärjestelyistä riippuen jopa tätäkin suurempia huippuarvoja). Tuloksia ei voi kuitenkaan sellaisenaan yleistää sähköasemaolosuhteisiin, koska siellä jännitteellisiä osia kannattelevat telineet yms. toimivat myös sähkökentän indusoimia varauksia kuljettavina virtateinä.

1.2. Mittausten toteuttaminen 400 kV sähköasemilla kesällä 2004 ja 2005

Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) mittasi kesällä 2004 sähkökenttiä Fingrid Oyj:n 400 kV sähköasemilla. Toiminta-arvo 10 kV/m ylittyi paikoitellen, joten direktiivin mukaisesti tuli selvittää, ylittääkö ihmiseen indusoituvan virrantiheyden raja-arvo 10 mA/m^2 keskushermoston alueella /10/. Kesällä 2004 mitatuista tuloksista on laskettu standardissa EN 50413 /2/ olevalla

pyörähdysellipsoidimallilla ihmiseen indusoituneet virrantiheydet. Taulukossa 1.1 on esitetty mitatut sähkökentän arvot ja lasketut virrantiheydet.

Taulukko 1.1. Suurimmat sähkökenttäarvot joillakin TTY:n mittaamilla 400 kV asemilla ja niitä vastaavat virrantiheydet (EU:n direktiiviehdotuksen toiminta-arvo on 10 kV/m ja raja-arvo 10 mA/m²).

asema	sähkökentän voimakkuus E , kV/m (mittausko rkeus 1 m)	virrantiheys J , mA/m ²
Asema 1	9,7	2,4
Asema 2	12,4	3,1
Asema 3	11,1	2,8
Asema 4	10,5	2,6
Asema 5	10,2	2,6
Asema 6	9,0	2,3
Asema 7	14,3	3,6
Asema 8	11,6	2,9

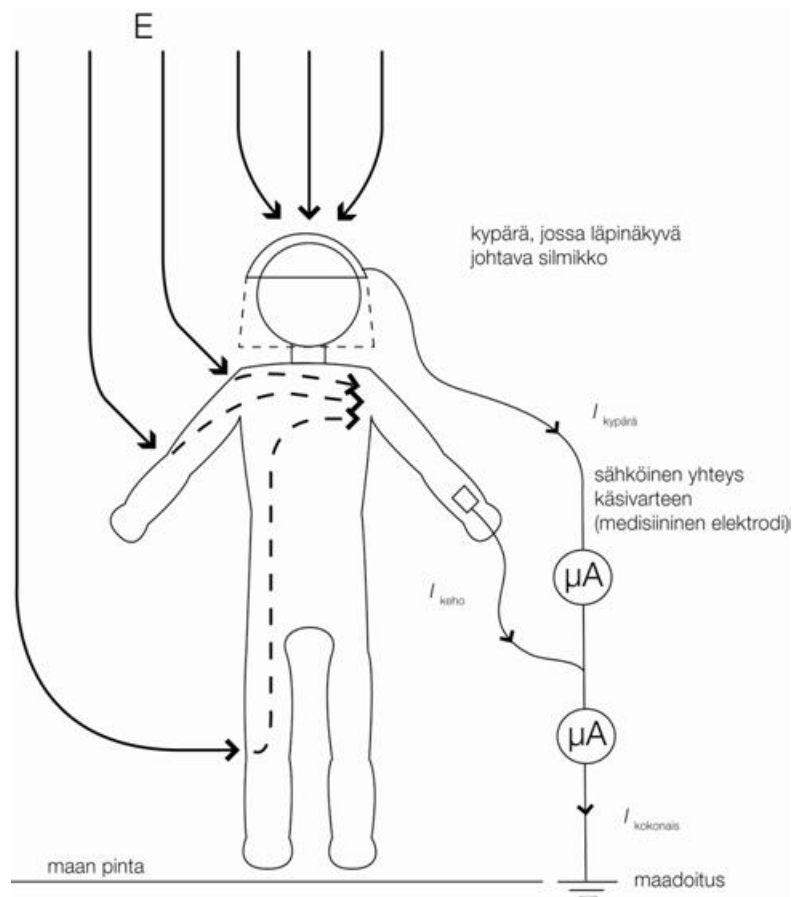
Laskennassa on käytetty: pystysuora puoliakseli on 1,8 m, vaakasuora puoliakseli R on 0,125 m ja kerroin k on $5 \cdot 10^{-9}$.

Taulukon arvoista nähdään, että pyörähdysellipsoidimallia käytettäessä direktiiviehdotuksen raja-arvo virrantiheydelle ei ylity, mutta tällainen laskenta on niin epätarkkaa, että on tarvetta myös määrittää virrantiheydet tarkemmin.

Vuodesta 2005 alkaen on TTY:llä ollut käynnissä tutkimus ”Sähkömagneettisten kenttien ihmiseen indusoimien virrantiheyksien arvioiminen”. Tutkimusta on toteutettu TTY:n ja Fingrid Oyj:n yhteistyönä lääketieteellisenä tutkimuksena (ETL-koodi R05041).

Kesällä 2005 ja 2006 jatkettiin mittauksia. Tavoitteena oli tutkia, ylittyykö virrantiheyden raja-arvo työskenneltäessä 400 kV sähköasemilla tai 110 - 400 kV voimajohdoilla. Magneettikenttäaltistuksen aiheuttamaa virtaa ei tutkittu, koska tämä altistus on normaalisti selvästi toiminta-arvoa (500 μ T) pienempi.

Sisäisten virrantiheyksien mittaamiseen käytettiin Fortum Service Oy:n rakentamaa mittaustalaitteistoa, joka perustui kaupallisiin mittareihin. Vyötärölaukussa olevista mittareista yksi rekisteröi koehenkilön pään ja kaulan alueelle indusoituneen virran ja toinen koko kehoon indusoituvan virran kuvan 1.1 mukaisesti.



Kuva 1.1. Mittauslaitteiston periaatekuva.

Pään ja kaulan alueelle indusoitunut virta kerättiin ulkopinnaltaan johtavalla kypärällä ja johtavalla silmikolla. Muun kehon alueelle indusoituva virta johdettiin mittariin käsivarteen kytketyn lääkitäalan elektrodin avulla. Mittaustapa mahdollisti indusoituneen virran mittaamisen erilaisissa työasennoissa ja työkohteissa.

Mittauksissa työntekijät simuloivat autenttisissa olosuhteissa todellisten työtehtävien tekemistä samalla, kun mitattiin pään alueelle ja koko kehoon indusoitunut virta. Keskimääräinen kaulavirrantiheys saatiin laskettua mitatun kaulavirran ja kaulan pinta-alan osamääränä. Keskushermoston alueelle osuvan virrantiheyden suuruudelle saatiin arvio. Mitattava kokonaisvirta vastaa direktiiviehdotuksessa (2004/40/EY) esitettyä kontaktivirtaa ja saatua tulosta voidaan suoraan verrata toiminta-arvoon (1 mA).

Kesällä 2005 suoritettiin mittauksia 400 kV sähköasemilla ja kesällä 2006 voimajohtopylväillä ja johtokatualueilla. Mittaukset suoritettiin Fortum Service Oy:n ja Eltel Networks Oy:n palveluksessa olleilla vapaaehtoisilla sähköasema- ja voimajohtoasentajilla. Mittauksia tehtiin seitsemällä 400 kV sähköasemalla (125 työtehtävää) ja seitsemällä eri pylvästyypillä. Pylväitä oli 400 kV, 220 kV ja 110 kV verkosta. Tutkimuskohteena oli sähkökentän indusoima virta pylväällä kiipeävään voimajohtoasentajaan ja johdon alla raivaustyötä suorittavaan työntekijään /11/.

Kesän 2005 mittausten perusteella laskettu virrantiheys kaulan alueella oli enimmillään noin 70 % direktiivin raja-arvosta (10 mA/m²), vaikka sähkökentälle annettu toiminta-arvo (10 kV/m) ylitettäisiinkin. Voimajohtopylvästöissä kehon ja kaulan virrantiheydet olivat tätäkin pienempiä, kunhan jännitetyön turvaetäisyyksiä ei rikottu. Raivaustöissä voidaan joutua jo lähelle raja-arvoa 10 mA/m², jos henkilö käsittelee raivaussahaa paljain käsin ja on suoraan maadoitettu. Työssä normaalisti käytettävät eristävät jalkineet ja käsineet pienentävät kuitenkin altistusta merkittävästi, eikä muuta suojaruustusta tarvita direktiivin vaatimusten täyttämiseksi.

Kesän 2005 ja 2006 mittauksien tulokset julkaistiin Bioelectromagnetics –lehdessä tammiukuussa 2009. /7/ Taulukossa 1.2 on yhteenveto tuloksista.

Taulukko 1.2. Yhteenveto mitatuista kontaktivirroista ja mitatuista kypärävirroista lasketuista virrantiheyksistä (mA/m²) työtehtävittäin 400 kV sähköasemilla. Kaulan ympärysmittana on käytetty 40 cm. /7/

työtehtävä	asemien lukumäärä	mittausten lukumäärä	kontaktivirta (µA)	maksimi virrantiheys kaulan alueelle (mA/m ²)
1) Päämuuntajan tarkastus paisuntasäiliön huoltotasolta	4	7	26,9 - 1,0	0,1 - 2,3
2) Tartuntaerottimen kiskokoskettimen huolto nostokorista	1	3	190,9 - 66,8	1,6 - 2,3
3) Erottimen ohjaimen käyttö hoitotasolta	1	6	24,9 - 102,6	1,2 - 4,4
4) Katkaisijan ohjaimen käyttö maan tasolta	1	3	88,4 - 103,4	2,0 - 2,2
5) Virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista	5	5	34,3 - 102,0	0,8 - 2,5
6) Kiskojännitemuuntajan toisioliittimien tarkastus tikapuilta	2	5	107,0 - 249,9	2,2 - 4,6
7) Lampun vaihto kiipeämällä	2	9	127,2 - 403,2	0,4 - 4,6
8) Kulkeminen asemalla	5	8	157,2 - 298,5	3,1 - 4,8
9) Katkaisijan ohjaimen käyttö tikapuilta	1	3	244,8 - 331,9	4,7 - 5,9
10) Katkaisijan ohjaimen käyttö hoitotasolta	7	29	95,3 - 288,0	2,3 - 6,2
11) Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista	6	28	54,0 - 266,0	0,9 - 5,2
12) Virtamuuntajan toisioliittimien tarkastus tikapuilta	7	19	54,4 - 400,2	0,8 - 6,8
Kaikki yhteensä	7	125	244,8 - 403,2	4,7 - 6,8

Taulukon 1.2 arvoista nähdään, että suurimmat virrantiheydet (selvästi yli 5 mA/m^2) löytyvät töistä 9) katkaisijan ohjaimen käyttö tikapuilta, 10) katkaisijan ohjaimen käyttö hoitotasolta ja 12) virtamuuntajan toisioliittimien tarkastus tikapuilta. Nämäkin arvot jäävät kuitenkin selvästi alle direktiiviehdotuksen raja-arvon 10 mA/m^2 .

Taulukon 1.2 tuloksissa on työtehtävittäin havaittavissa melko iso vaihteluväli. Vaihteluväliin työtehtävittäin vaikuttavat mm. hoitotasojen korkeudet ja jännitteellisten johtimien etäisyydet maahan. Lisäksi esimerkiksi työtehtävän 10) suureen vaihteluväliin ($2,3 - 6,2 \text{ mA/m}^2$) vaikuttaa se, että osassa hoitotasoista oli kaiteet ja osassa ei. Monien työtehtävien mittaustuloksien vaihteluväleihin vaikuttavat myös johtimien vaihejärjestykset viereisissä kentissä.

1.3. Mittausten toteuttaminen 110 kV sähköasemilla Tampereen alueella kesällä 2008

Mittausten tavoitteena oli alustavasti tutkia työntekijöiden altistumista sähkö- ja magneettikentille 110 kV sähköasemien työtehtävissä uuden direktiiviehdotuksen näkökulmasta. Mittausten tarkoituksena oli arvioida, tarvitaanko laajempaa tutkimusta altistuksen selvittämiseksi. Mittaukset toteutettiin Tampereen teknillisen yliopiston, Työterveyslaitoksen ja paikallisen verkkoyhtiön sekä heidän alihankkijan välisenä yhteistyönä.

Kesällä 2008 tehtiin seitsemällä 110 kV sähköasemalla sähkö- ja magneettikenttämittauksia eri työtehtävissä. Mukana oli mm. valaisimen kunnossapito nostokorista, erilaisia ohjaustehtäviä maan tasolta ja työskentelyä hoitotasoilta. Lisäksi tehomuuntajan lähellä käytettiin tikapuita, jotta pystyttiin tarkastamaan erilaisia asioita.

Kahdella sähköasemista oli GIS -kojeistot, joten niissä keskityttiin enemmän magneettikenttien mittaamiseen. Sähkökenttämittauksissa käytettiin TTY:n sähkökenttämittaria EFA-3 (tarkkuus $\pm 5 \%$) ja magneettikenttämittauksiin Työterveyslaitoksen ELT-400 mittaria (tarkkuus on $\pm 4 \%$). Mittausten tulokset julkaistiin Bioelectromagnetics -lehdessä keväällä 2009 /8/.

Mittaukset ryhmiteltiin neljään ryhmään sen mukaan, missä työtehtävät tehdään: 1) kulkeminen sähköasemalla tai laitteiden ohjaaminen maantasolta, 2) työskentely hoitotasoilta, 3) kulkeminen tehomuuntajan ympärillä maan tasolla tai seisominen tikkailla, 4) työskentely nostokorista (valaisimen kunnossapito).

Kulkeminen sähköasemalla tai laitteiden ohjaaminen maantasolta

Näitä mittauksia tehtiin kaikilla sähköasemilla. Varsinkin asemilla 1 ja 2 tehtiin mittauksia erilaisten laitteiden lähelle ajatellen työskentelyä niiden lähellä. Taulukossa 1.3 on esitetty eri asemilla saadut suurimmat sähkö- ja magneettikenttätulokset näissä tehtävissä.

Taulukko 1.3. Suurimmat sähkö- ja magneettikentät maantasolla työskenneltäessä.

asema	sähkökenttä, kV/m (mittauskorkeus, m)	magneettikenttä, μ T (mittauskorkeus, m)
Asema 1	4,6 (1,7)	20,0 (1,7)
Asema 2	7,4 (2,0)	4,0 (1)
Asema 3	1,4 (1,7)	8,6 (noin 1)
Asema 4	2,5 (1,7)	2,9 (1)
Asema 5	6,0 (2,7)	7,0 (noin 1)
Asema 6	0,005 (1)	43,0 (noin 1)
Asema 7	0,005 (1)	3,7 (noin 1,7)

Taulukossa 1.3 osassa magneettikenttämittauksia on korkeus kirjoitettu noin arvona, joka on päätelty valokuvista. Asemilla 3 ja 4 magneettikenttäarvot on mitattu niin, että mittaja kulki mittarin kanssa eri puolella asemaa ja piti mittaria noin 1 metrin korkeudella.

Taulukon suurimmat sähkökentän arvot 7,4 kV/m ja 6,0 kV/m on mitattu kahden metrin ja 2,7 metrin korkeudella. Mittauskorkeus on vaikuttanut näihin tuloksiin. Asemalla 2 suurin mitattu arvo 1,7 metrin korkeudella on 5,3 kV/m. Aseman 5 suurin 1,7 metrin korkeudella mitattu arvo on 4,6 kV/m.

Työskentely hoitotasolla

Hoitotasoa ei ollut kuin kolmella sähköasemalla asemalla 1, asemalla 2 ja asemalla 4. Kaikki hoitotasot mitattiin eri puolilta laitteistoa. Taulukkoon 1.4 on kerätty suurimmat kenttäarvot eri hoitotasoilta.

Asemalla 1 toisen hoitotason kohdalla mittauskorkeutta ei ole tarkasti mitattu, vaan se on arvioitu otetun valokuvan perusteella. Kaikkien muiden hoitotasojen kohdalla mittauskorkeus on mitattu hoitotasosta ja mittauksia on tehty laitteiston eri puolilta. Kolmella hoitotasolla (kahdella sähköasemalla) arvot ylittävät direktiiviehdotuksen toiminta-arvon 10 kV/m.

Taulukko 1.4. Suurimmat sähkö- ja magneettikentät hoitotasoilla työskenneltäessä.

asema	sähkökenttä, kV/m (mittausko rkeus, m)	magneettikenttä, μ T (mittausko rkeus, m)
Asema 1, hoitotaso 1	16,6 (1,7 hoitotasosta)	21,0 (1,7 hoitotasosta)
Asema 1, hoitotaso 2	2,8 (noin 2,8 maan tasolta)	1,6 (noin 2,8 maan tasolta)
Asema 2, hoitotaso 1	13,1 (1,7 hoitotasosta)	4,2 (1,7 hoitotasosta)
Asema 2, hoitotaso 2	14,2 (1,7 hoitotasosta)	0,4 (1,7 hoitotasosta)
Asema 4, hoitotaso 1	4,8 (1,7 hoitotasosta)	1,2 (1,7 hoitotasosta)

Kuvassa 1.2 on esitetty hoitotasolla tehty mittaus, jossa sähkökenttä oli 16,6 kV/m ja kuvassa 1.3 oli sähkökenttä 14,2 kV/m. Molemmat tulokset ylittivät direktiiviehdotuksen toiminta-arvon. Arvo ylittyi ainoastaan osassa hoitotasoa, ei laitteiston kaikilla puolilla. Kuitenkin työntekijällä on tarvetta liikkua hoitotasolla laitteiston eri puolilla.



Kuva 1.2 Esimerkki hoitotasomittauksesta 110 kV sähköasemalla (mittauksessa sähkökenttä oli 16,6 kV/m ja samassa paikassa magneettikenttä 21,0 μ T).



Kuva 1.3 Esimerkki hoitotasomittauksesta 110 kV sähköasemalla (mittauksessa sähkökenttä oli 14,2 kV/m ja samassa paikassa magneettikenttä 0,4 μ T).

Kulkeminen tehomuuntajan ympärillä maan tasolla tai seisominen tikkailla

Tehomuuntajan ympärillä olevia mittareita ja laitteita voidaan käyttää joko maan tasolta, puiselta hoitotasolta tai sitten käyttämällä tikkaita. Taulukossa 1.5 on esitetty suurimmat arvot, joita tehomuuntajien ympäriltä on mitattu.

Taulukko 1.5 Suurimmat sähkö- ja magneettikentät tehomuuntajan ympärillä työskenneltäessä.

asema	sähkökenttä, kV/m (mittausko rkeus, m)	magneettikenttä, μT (mittausko rkeus, m)
Asema 1	0,4 (2,5) tikkaat paikallaan	35,0 (1,7)
Asema 2	0,2 (2,7)	13,2 (1,5)
Asema 3	0,3 (ei korkeustietoa)	220,0 (noin 1,7)
Asema 4	ei mittauksia	177,0 (noin 1,7)
Asema 5	ei mittauksia	260,0 (noin 1,7)
Asema 6	0,09 (1,7)	204,0 (noin 1,7)

Suuria magneettikenttäarvoja yleensä mitataan läheltä tehomuuntajaan liittyviä kaapeleita. Näihin paikkoihin on harvoin tarpeellista mennä. Sähkökenttäarvot ovat tehomuuntajan ympärillä varsin pieniä, siksi näissä mittauksissa on enemmän keskitytty magneettikenttiin. Taulukosta 1.5 puuttuu asema 7, koska sillä asemalla ei varsinaisesti tehty tällaisia mittauksia.

Kuvassa 1.4 on esitetty mittaus, jossa tehomuuntajan takana olevien kaapelien läheltä mitattiin magneettikentän arvo $260 \mu\text{T}$. Arvo jää selvästi direktiviehdotuksen toiminta-arvon alapuolelle. Työtilanteessa tällaiseen paikkaan on tarpeellista harvoin päätyä.



Kuva 1.4 Esimerkki magneettikenttämittauksesta 110 kV sähköasemalla (mittauksessa magneettikenttä $260 \mu\text{T}$).

Lisäksi asemalla 7 GIS -kojeistojen alapuolella olevassa kaapelitilassa mitattiin magneettikenttiä. Niissä mittauksissa suurin magneettikenttä oli $250 \mu\text{T}$. Tässä mittauksessa mittari oli noin 20-30 cm päässä kolmesta 110 kV kaapelista. Kyseiseen paikkaan on vaikea päätyä.

Työskentely nostokorista (valaisimen kunnossapito)

Nostokorissa työskentelyä ei tutkittu kuin kahdella sähköasemalla. Näissä mittauksissa oli ajatuksena tutkia valaisimen kunnossapitoa. Mittaukset tehtiin niin, että nostokorissa oli sähköalan työntekijä ohjaamassa koria ja mittaja suoritti mittaukset. Taulukossa 1.6 on esitetty nostokorista tehdyt mittaukset.

Taulukko 1.6. Suurimmat sähkö- ja magneettikentät nostokorista työskenneltäessä.

asema	sähkökenttä, kV/m	magneettikenttä, μT
Asema 1, valaisin 1	4,2	1,7
Asema 1, valaisin 2	1,6	2,7
Asema 2, valaisin 1	4,9	1,5
Asema 2, valaisin 2	0,7	0,3

Asemalla 2 valaisin 2 oli varsin kaukana aseman sähköisistä rakenteista, joten on ymmärrettävää, että taulukon sähkökenttäarvo on selvästi pienempi kuin muiden valaisimien kohdalla. Kuvassa 1.5 on esitetty mittaus, jossa mitattiin suurin sähkökenttäarvo 4,9 kV/m nostokorityössä. Arvo jää selvästi alle direktiiviehdotuksen toiminta-arvon 10 kV/m.



Kuva 1.5. Sähkökenttämittaus nostokorista 110 kV sähköasemalla (mittauksessa sähkökenttä oli 4,9 kV/m ja samassa paikassa magneettikenttä 1,5 μT).

Kesän 2008 mittausten perusteella voitiin todeta, että 110 kV sähköasemilla hoitotasolla työskenneltäessä työntekijät voivat altistua suuremmalle sähkökentälle kuin 10 kV/m, mikä on direktiiviehdotuksen toiminta-arvo. Hoitotasoja oli Tampereen alueen sähköasemilla 5 ja niistä kolmella ylittettiin direktiiviehdotuksen toiminta-arvo. Suurin mitattu sähkökenttä oli 16,6 kV/m, eli ylitys on merkittävä.

Kun toiminta-arvo 10 kV/m ylittyy, pitää direktiiviehdotuksen mukaisesti selvittää, ylittyykö ihmiseen induoituvan virrantiheyden raja-arvo 10 mA/m² keskushermoston alueella. Kesällä 2008 tehtiin vain muutamia mittauksia ja vain joillakin asemalla. Tarkoitus oli alustavasti kartoittaa, ylittyykö direktiivin toiminta-arvo myös 110 kV sähköasemilla, kuten se ylittyy 400 kV asemilla. Varsin suppeassa kartoituksessa havaittiin, että ainakin hoitotasoilla ylitykset ovat mahdollisia.

Näissä mittauksissa maantasolla työskenneltäessä ylityksiä ei todettu. Nostokorissa tehtiin sähkökenttämittauksia, jotka simuloivat sitä tilannetta, kun työntekijä tekee asemalla valaisimen kunnossapitotöitä. Tällöin ollaan varsin kaukana jännitteisistä rakenteista. Muita nostokorista tehtäviä töitä ei Tampereen asemilla ollut. Mikäli valaisimen kunnossapito tehdään samalla tavalla kuin 400 kV asemilla eli kiipeämällä, voi altistus olla aika erilaista. Samoin on mahdollista, että muilla 110 kV asemilla tehdään myös samanlaisia nostokoritöitä kuin 400 kV asemilla. Sellaisten töiden altistuksesta ei ole näiden mittauksien perusteella mitään käsitystä.

Tehomuuntajan ympärillä liikuttaessa suurimmat sähkökentät olivat varsin pieniä, mutta mitatut magneettikentät olivat suurempia kuin muualla asemalla mitattiin. Kuitenkin nämä magneettikenttäarvot jäivät selvästi alle direktiiviehdotuksen toiminta-arvon. Myös ELT-400 mittarin ilmoittama prosenttiosuus työntekijäaltistumisrajasta oli alle 50 %. Kesän 2008 mittauksen perusteella jatkossa on syytä keskittyä hoitotasoilla työskentelyyn ja mahdollisiin sellaisiin töihin, mitä ei vielä kesällä 2008 tullut tutkittua, esim. mahdolliset muut nostokorista tehtävät työt kuin valaisimen kunnossapitoa.

2. Tutkimuksen tavoitteet

Tämän hankkeen ”Työntekijöiden altistuminen sähkö- ja magneettikentille 110 kV sähköasemien työtehtävissä” tavoitteena on ollut tutkia työntekijöiden altistumista sähkö- ja magneettikentille 110 kV sähköasemien työtehtävissä uuden työntekijädirektiiviehdotuksen näkökulmasta. Tavoitteena on ollut saada kattava kuva sähkö- ja magneettikenttäaltistuksen tasosta ja sen jälkeen niissä paikoissa, missä sähkökentän ylityksiä tulee, mitata sähkökentän ihmisen kehoon indusoimaa virtaa ja kontaktivirtaa käyttäen Fortum Service Oy:n kehittämää mittauslaitteistoa.

Tavoitteena ei ollut mitata magneettikentän indusoimaa virtaa. Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään, millaisissa olosuhteissa ja miten työ voidaan tehdä, jotta raja-arvoja ei ylitetä, vaikka sähkökentän toiminta-arvot ylittyvät.

Aikaisempien tulosten perusteella keskeisimmiksi tutkimuskohteiksi on valittu sähkökenttäaltistuminen, mutta magneettikentät on helppo mitata samalla, kun mitataan sähkökenttiä, niin ne on katsottu aiheelliseksi ottaa hankkeeseen mukaan.

3. Mittausmenetelmät

Mahdollisten toiminta-arvojen ylitysten selvittämiseksi sähköasemilla mitattiin sähkö- ja magneettikenttiä erilaisissa työpisteissä. Mittaukset toteutettiin aina siinä paikassa, missä työntekijä altistuu. Yleensä mittauskorkeus oli 1,7 m tai 1,8 m maasta tai hoitotasosta. Nostokoreissa mittaus voitiin tehdä joko niin, että mittarin jalka seisoo korin lattialla tai niin, että mittari on puisesta jalastaan tehdyn varren päässä, jonka mittaja ojentaa mittaushetkellä.

3.1. Sähkö- ja magneettikenttämittauksiin käytetyt mittalaitteet

Mittauksissa oli käytössä kaksi sähkökenttämittaria ja yksi magneettikenttämittari. Sähkökenttien mittaamisessa käytettiin pääasiassa EFA-300-mittaria. Yhdellä asemalla sekä vertailumittauksissa käytettiin myös TTY:n EFA-3-mittaria. Mittarit ovat kuitenkin toimintaperiaatteeltaan samanlaiset. Magneettivuon tiheyksiä ja työntekijän altistussuhteita magneettikentille mitattiin ELT-400-mittarilla.

EFA-300 koostuu erillisestä sähkökenttäanturista ja ilmaisulaitteesta. Sähkökenttäanturi yhdistetään ilmaisimeen optisella kaapelilla. Ilmaisinta käytetään anturin ohjaamiseen ja mitta-arvon lukemiseen. Laitteessa on muisti, joka mahdollistaa arvojen tallentamisen muistiin mittaauksissa. Sähkökenttäanturi on 105 x 105 x 105 mm:n kokoinen kuutio, jonka sisällä on kolme toisiinsa nähden kohtisuoraan asetettua levyelektrodiparia. Näiden avulla mitataan sähkökentän voimakkuuden levyjen väliin aiheuttama virta. Anturi on isotrooppinen. Mitattu arvo ei siis riipu anturin asennosta. Mittaustilanteelta vaaditaan, että anturin välittömässä läheisyydessä ei ole henkilöitä eikä tavaroita. Mittauslämpötila tulee olla 0 – 50 °C. Valmistajan mukaan anturin mittauserävarmuudeksi on $\pm 3 \%$ mittaustuloksesta laajakaistaisella 5 Hz – 32 kHz -mittausalueella. EFA-3 vastaa EFA-300 mittaria, mutta sen mittaustarkkuus on $\pm 5 \%$.

Magneettikentän mittauksissa käytettiin Työterveyslaitoksen ELT-400 -mittaria. Mittarissa ei ole muistia mittauservojen tallennusta varten, joten arvot saadaan ylös ainoastaan käsin. Mittarin mittaustarkkuus on $\pm 4 \%$ taajuusalueella 50 Hz – 120 kHz. Käyttöolosuhteiksi vaaditaan -10 – +50 °C:n lämpötila ja 5 – 95 %:n ilmakeuhuus.

3.2. Virrantiheyksien ja kontaktivirtojen määrittäminen

Virrantiheyksien ja kontaktivirtojen määrittämiseen käytettiin Fortum Service Oy:n rakentamaa mittaustilastusta, joka esiteltiin jo raportin taustaosassa. Laitteisto perustuu kaupallisiin mittareihin. Vyötärölaulukassa olevista mittareista yksi rekisteröi koehenkilön pään ja kaulan alueelle indusoituneen virran ja toinen koko kehoon indusoituvan virran. Kuten jo aikaisemmin kerrottiin pään ja kaulan alueelle indusoitunut virta kerättiin ulkopinnaltaan johtavalla kypärällä ja johtavalla silmikolla. Muun kehon alueelle indusoituvaa virtaa johdettiin mittariin käsivarteen kytketyn lääkitäalan elektrodin avulla. Mittaustapa mahdollisti indusoituneen virran mittaamisen erilaisissa työasunnoissa ja työkohteissa. Kontaktivirran arvo saadaan suoraan mittarin arvosta, joka osoittaa koko kehoon indusoitunutta virtaa. Kypärävirrasta saadaan laskettua virrantiheys kaulan alueella. Yksityiskohtainen kuvaus laitteistosta löytyy Bioelectromagnetics- lehdessä julkaistusta artikkelista /3/.

4. Mittausten toteutus käytännössä

Käytännössä sähkö- ja magneettikenttämittauksia tehtiin seitsemänä päivänä. Turussa mittauksia tehtiin kuudella sähköasemalla, joista yhdessä oli GIS -laitteisto. GIS -aseman lisäksi kaksi muuta mittausta oli sisätiloissa. Toinen niistä oli kallioluolassa. Helsingin alueella mittauksia tehtiin yhdellä sähköasemalla, joka oli ulkona. Lahdessa mittauksia tehtiin yhdeksällä sähköasemalla, joista yksi sijaitsi kallion sisällä. Osa Lahden sähköasemista oli varsin pieniä. Lisäksi mittauksia tehtiin Fingrid Oyj:n neljällä asemalla, jotka olivat eri puolella Suomea. Näistä asemista yhdellä oli siirrettäviä hoitotasoja, joihin mittausten aikana tutustuttiin. Kaksi asemaa olivat varsin laajoja ja niissä oli mukana myös muita jännitetasoja kuin 110 kV jännite. Yhdellä asemalla mittauksia tehtiin kiinnostuksen vuoksi myös alueella, missä oli 20 kV jännite. Muuten mittaukset tehtiin 110 kV jännitetasolla.

Käytännössä mittaukset tehtiin työryhmässä, jossa aseman omistajan puolelta oli yksi tai kaksi henkilöä paikalla. Mukana oli myös alihankkijoita. Mittaustiimiin kuului kolme henkilöä, joka mahdollisti varsin tehokkaan toiminnan. Samanaikaisesti pystyttiin ottamaan valokuvia, kirjaamaan tuloksia ja siirtämään mittareita. Mittauspaikat valittiin sen mukaan, missä asemalla työskentelevät työntekijät kertoivat töiden tapahtuvan. Jonkin verran työpisteistä oli epäselvyyttä ensimmäisellä mittauskerralla, mutta niitä tarkennettiin myöhemmin. Ennen mittausten aloittamista mittausryhmä perehdytettiin kyseiseen asemaan. Käytännöt erosivat jonkin verran eri asemilla, mutta pääperiaatteet olivat samat. Mittausryhmä toimi pääsääntöisesti aina kyseisen yhtiön toimintaperiaatteiden mukaisesti, mutta suojavarustus saattoi olla perusteellisempi kuin mitä kyseinen yhtiö edellytti. Sähköalan ammattilainen suoritti muut kuin maan tasolla tapahtuneet mittaukset.

Taulukossa 4.1 on esitetty mittauspäivät sähkö- ja magneettikenttien osalta.

Taulukko 4.1. Sähkö- ja magneettikenttämittausten mittauspäivät ja tutkitut sähköasemat

päivämäärä	paikkakunta/yhtiö	asema
1.6.2009	Turku Energia Sähköverkot Oy	Asemat 11-16
23.6.2009	Helen Sähköverkko Oy	Asema 21
25.6.2009	LE-Sähköverkko Oy	Asemat 31-39
21.7.2009	Fingrid Oyj	Asema 41
4.8.2009	Fingrid Oyj	Asema 42
7.8.2009	Fingrid Oyj	Asema 43
10.8.2009	Fingrid Oyj	Asema 44

Taulukon 4.1 mittausten lisäksi tehtiin kypärämittauksia niissä paikoissa, missä kentät ylittivät 10 kV/m. Kypärämittaukset alkoivat siten, että laillistettu lääkäri esitteli mahdollisille

koehenkilöille tutkimuksen ja mittausmenetelmän. Tämän jälkeen lääkäri tapasi uudestaan henkilökohtaisesti koehenkilön ja he keskustelivat koehenkilön halukkuudesta ja vapaaehtoisuudesta osallistua tutkimukseen. Keskustelun päätteeksi täytettiin suostumuslomake ja sovittiin mittauksen toteuttamisesta. Koehenkilöt olivat aina työntekijöitä, jotka työskentelevät kysellä asemalla normaalistikin. Taulukossa 4.2 on kypärämittausten ajankohdat ja mittauspaikat.

Taulukko 4.2. Kypärämittausten mittauspäivät ja tutkitut sähköasemat

päivämäärä	paikkakunta/yhtiö	asema
8.6.2009	Tampereen Sähköverkko Oy	Asemat 1 ja 2
13.8.2009	LE-Sähköverkko Oy	Asemat 32, 34, 37
20.8.2009	Fingrid Oyj	Asema 41
28.8.2009	Fingrid Oyj	Asema 44

Kypärämittausten yhteydessä joissakin työpisteissä huomattiin, että aikaisemmin mittaukset oli tehty eri korkeudelta kuin missä normaalisti työ tehdään. Tällöin tehtiin uusintamittaus, jossa saatettiin todeta, ettei kypärämittausta tarvita, koska sähkökenttä alittaa 10 kV/m arvon. Kypärämittauksia tehtiin myös parilla Tampereen alueen asemalla (asemat 1 ja 2), jossa oli kesällä 2008 todettu ylityksiä.

5. Mittaustulokset

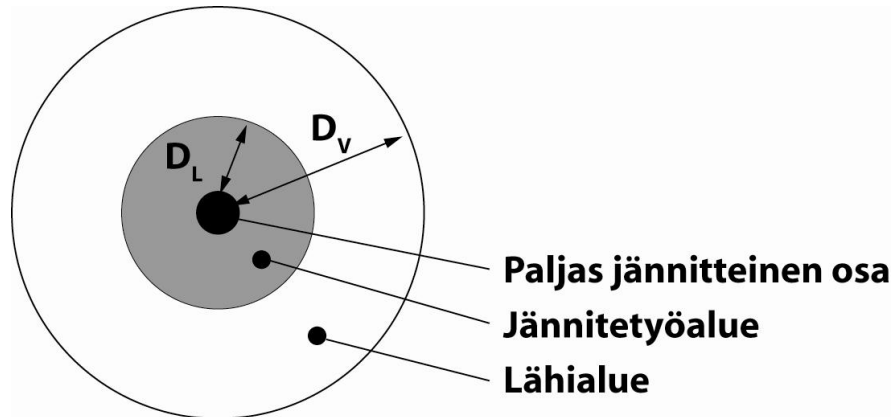
Aikaisempien lähinnä 400 kV sähköasemilla tehtyjen mittausten perusteella tehtiin lista 110 kV sähköasemilla tehtävistä työtehtävistä. Osa työtehtävistä oli sellaisia, että ne esiintyivät vain yhdellä sähköasemalla ja mahdollisesti mittauksia voitiin tehdä vain yhdessä pisteessä. Vaikka joistakin työtehtävistä on vain yksi mittausta, niin se on silti haluttu laittaa erikseen, jotta mitatut työtehtävät on voitu ryhmitellä mahdollisimman hyvin.

Työt on luokiteltu seuraavan listan mukaisesti:

- 1) Tartuntaerottimen kiskokosketin huolto nostokorista,
- 2) Erotin paikallisohjaus hoitotasolta,
- 3) Katkaisijan paikallisohjaus maan tasolta,
- 4) Virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista,
- 5) Kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella,
- 6) Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta,
- 7) Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista,
- 8) Työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla,
- 9) Kävely kondensaattorien lähellä tai ovella toimiminen,
- 10) Päämuuntajan kannen ja läpivientien tarkastus,
- 11) Erotin paikallisohjaus maan tai lattian tasolta,
- 12) GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely,
- 13) Käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella,
- 14) Ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla,
- 15) Virtamuuntajan toisioliitäntäkotelon tarkastus nostokorista,
- 16) Jännitemuuntajan ensiöliitäntän tarkastus nostokorista,
- 17) Jännitemuuntajan toisioliitäntäkotelon tarkastus nostokorista,
- 18) Maadoituskytkin ohjaimen tarkastus maan tasolta,
- 19) Valaisimen kunnossapito nostokorista,
- 20) Maadoituskytkin ohjaimen tarkastus hoitotasolta,
- 21) Kävely reaktorin aidan vieressä,
- 22) Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta,
- 23) Kaapelipäätteen öljynpaine mittarin lukeminen maan tasolta,
- 24) Katkaisijan ohjaimen tarkastus alapäin maan tasolta,
- 25) Katkaisijan ohjaimen tarkastus alapäin hoitotasolta,
- 26) Reaktorin katkaisijan paikallisohjaus hoitotasolta (20 kV),
- 27) Kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV),
- 28) Kulkeminen 20 kV kytkinlaitoksella

Työt on edelleen jaettu neljään pääryhmän sen mukaan, tehdäänkö työtä maan tasolta, hoitotasolta vai nostokorista. Lisäksi erikoistapauksia on laitettu omaan ryhmäänsä. Mittaukset

on jälkepäin käyty valokuvien avulla läpi ja arvioitu, miten kyseiset työt käytännössä tehdään. Kuvista on päätelty jännitetyön raja käyttäen SFS 6002 standardia /13/. Kuvassa 5.1 on esitetty, miten standardin mukaan jännitetyön alue määritellään.



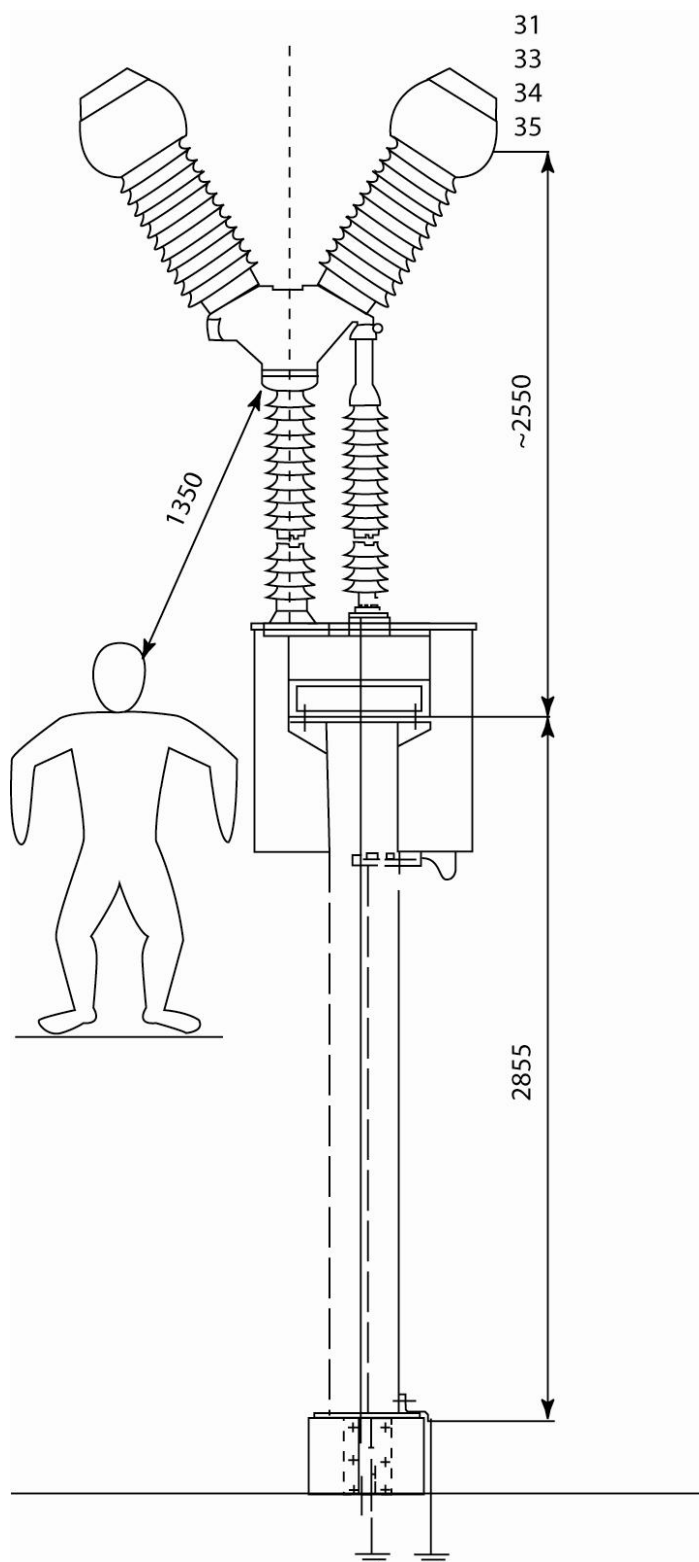
D_L : etäisyys, joka määrittelee jännitetyöalueen ulkorajan
 D_V : etäisyys, joka määrittelee lähialueen ulkorajan

Kuva 5.1 SFS 6002 standardin mukaiset työskentelymenettelyihin liittyvät alueet ja etäisyydet.

Kuvan 5.1 etäisyydet saadaan jännitteen mukaan standardin SFS 6002 taulukosta. Kun järjestelmän nimellisjännite (tehollisarvo) on 110 kV, niin pienin hyväksyttävä etäisyys ilmassa, joka määrittelee jännitetyöalueen ulkorajan, on 1000 mm ja etäisyys ilmassa, joka määrittelee lähialueen ulkorajan, on 2000 mm. /13/

Tämän perusteella on arvioitu esimerkiksi, etteivät työntekijät nouse hoitotasolla niin korkealle, että heidän pää olisi katkaisijan ohjainkaappien yläreunan yläpuolella. Tällöin mittauskorkeutena ei ole syytä käyttää myöskään sellaista korkeutta, että mittari on tämän tason yläpuolella. Yleensä 1,7 m tai 1,8 m mittauskorkeus hoitotasolta johtaa oikeaan korkeuteen. Näitä ylemmät mittauskorkeudet ovat helposti kyseenalaisia sähköturvallisuuden näkökulmasta.

Kuvassa 5.2 on esitetty esimerkki etäisyyksistä jännitteellisiin rakenteisiin sähköasemilla.



Kuva 5.2 Esimerkki etäisyyksistä jännitteellisiin rakenteisiin sähköasemilla
(kuvassa mitat millimetreinä).

5.1. Kulkeminen sähköasemalla tai laitteiden ohjaaminen maantasolta

Asemalla kulkemisen lisäksi maantasolla tehdään lähinnä katkaisijoiden ja erottimien paikallisohtausta, maadoituskytkimien ohjaimien sekä ulkokytkinlaitosten jakokaappien tarkastusta.

Työtehtävä: Katkaisijan paikallisohtaus maantasolta

Kuvassa 5.3 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on katkaisijan paikallisohtaus maantasolta. Taulukossa 5.1 on mittautuloksia työtehtävästä ”katkaisijan paikallisohtaus maantasolta” asemittain.



Kuva 5.3 Esimerkki sähkökenttämittauksesta työpisteestä ” katkaisijan paikallisohtaus maantasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,8 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.1 Mitatut sähkökentät työtehtävästä ”katkaisijan paikallisohjaus maan tasolta”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
3	31	4	0,8	0,8	0,06
3	35	1	2,1	2,1	-
3	42	4	1,5	1,1	0,4
3	44	23	5,3	3,1	0,9

Työtehtävä: Kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella

Kuvassa 5.4 on esimerkki mittauksesta, jolla tutkittiin altistumista työntekijän kulkiessa 110 kV kytkinlaitoksella.



Kuva 5.4 Esimerkki sähkökenttämittauksesta työpisteestä ”kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 2,7 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukoissa 5.2, 5.3 ja 5.4 on mittaustuloksia työtehtävästä ”kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella” asemittain.

Taulukko 5.2 Mitatut sähkökentät työtehtävästä ”kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
5	11	32	6,1	4,0	1,1
5	12	8	2,1	1,5	0,4
5	13	12	3,7	1,1	0,3
5	15	1	1,7	1,7	-
5	16	1	0,004	0,004	-
5	21	48	2,6	0,9	-
5	21	38	4,8	2,6	0,9
5	31	13	4,8	2,5	1,1
5	32	2	1,1	0,85	0,4
5	34	11	5,6	4,1	0,9
5	36	1	2,8	2,8	-
5	37	1	4,7	4,7	-
5	41	6	4,6	3,6	0,7
5	42	2	1,4	0,9	0,8
5	44	45	4,0	3,0	0,6

Taulukko 5.3 Mitatut magneettikentät työtehtävästä ”kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, μ T	keskiarvo, μ T	keskihajonta, μ T
5	11	5	12,9	10,2	3,6
5	12	6	4,1	2,6	0,9
5	13	6	2,2	1,3	0,7
5	15	2	12,2	11,6	-
5	16	2	4,4	3,1	-
5	21	3	23,5	19,5	4,3
5	21	3	23,5	19,5	4,3
5	31	2	28,0	25,0	4,2
5	33	2	18,5	12,8	8,1
5	34	2	5,4	3,7	-
5	37	1	4,5	4,5	-
5	39	3	3,5	2,3	1,3
5	41	2	13,7	12,4	1,9
5	43	5	11,0	3,5	7,5
5	44	3	51,0	42,5	7,4

Taulukko 5.4 Mitatut magneettikenttään liittyvät työntekijän altistussuhteet (%) työtehtävästä ”kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, %	keskiarvo, %	keskihajonta, %
5	11	3	4,4	3,9	0,8
5	12	6	3,2	2,9	0,2
5	13	4	2,7	2,6	0,2
5	15	2	4,5	4,4	-
5	16	2	3,1	2,9	-
5	21	2	6,5	6,3	0,4
5	21	2	6,5	0,4	-
5	31	2	7,0	6,6	0,6
5	33	1	5,7	5,7	-
5	34	1	1,4	1,4	-
5	39	1	0,8	0,8	-
5	43	2	4,4	4,2	0,4
5	44	3	11,7	10,0	1,5

Työtehtävä: Erottimen paikallisohjaus maan tai lattian tasolta

Kuvassa 5.5 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on erottimen paikallisohjaus maan tasolta. Vastaavaa työtä tehdään myös sisätiloissa lattian tasolta.



Kuva 5.5 Esimerkki sähkökenttämittauksesta työpisteestä ”erottimen paikallisohjaus maan tasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 1,9 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukossa 5.5 on mittaustuloksia työtehtävästä ”erottimen paikallisohjaus maan tai lattian tasolta” asemittain.

Taulukko 5.5 Mitatut sähkökentät työtehtävästä ”erottimen paikallisohjaus maan tai lattian tasolta” .

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
11	21	9	1,8	1,5	0,3
11	34	3	6,4	5,2	1,7
11	39	2	3,2	2,7	0,8
11	41	12	2,8	1,8	0,7

Työtehtävä: Ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla

Kuvassa 5.6 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla. Taulukossa 5.6 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.6 Esimerkki sähkökenttämittauksesta työpisteestä ”ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,9 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.6 Mitatut arvot (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
14	21	7	3,6	2,4	0,6
14	42	10	2,3	1,1	0,5
			magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
14	42	7	3,0	1,5	0,8
			magneettikentän maksimiarvo %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
14	21	6	3,0	2,8	0,1

Työtehtävä: Maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus maan tasolta

Kuvassa 5.7 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus maan tasolta. Taulukossa 5.7 on mittauksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



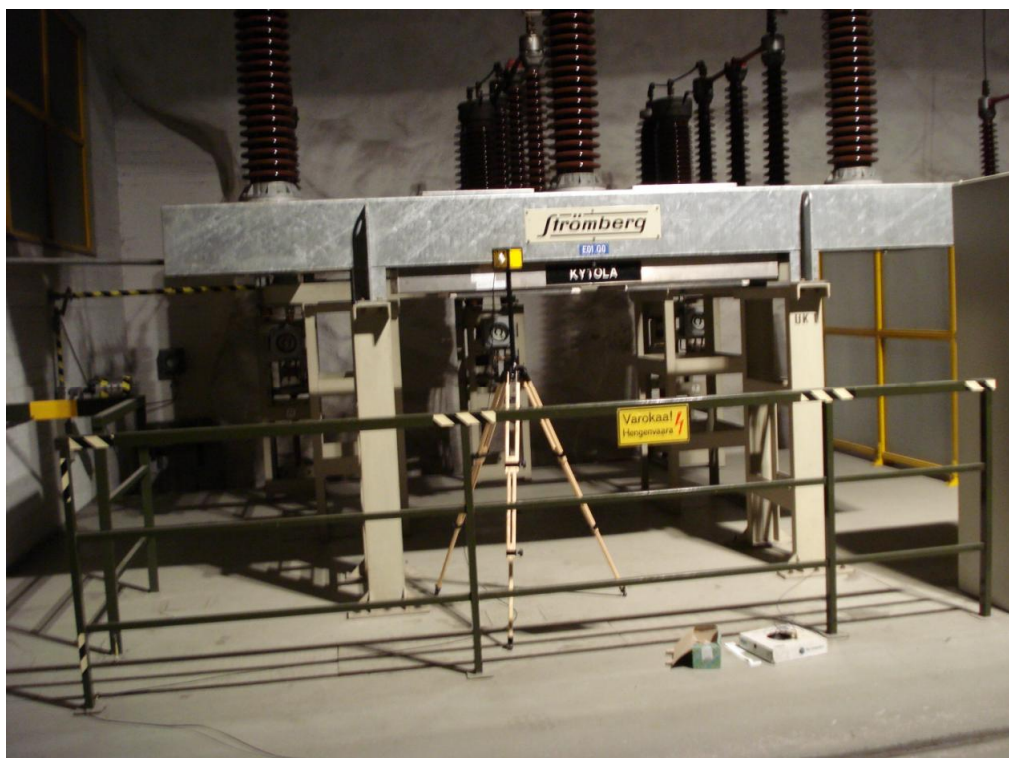
Kuva 5.7 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ” maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus maan tasolta” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä 3,5 μ T, 3,0 %, mittauskorkeus n. 1,7 m).

Taulukko 5.7 Mitatut arvot (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus maan tasolta”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
18	43	1	1,5	1,5	-
			magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
18	43	1	3,5	3,5	-
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
18	43	1	4,0	4,0	-

Työtehtävä: *Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta*

Kuvassa 5.8 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta. Taulukossa 5.8 on mittaus tuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.8 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 4,1 kV/m, mittauskorkeus 1,8 m).

Taulukko 5.8 Mitatut arvot työtehtävästä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
22	34	9	4,5	4,1	0,6

Työtehtävä: Kaapelipäätteen öljynpainemittarin lukeminen maan tasolta

Kuvassa 5.9 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on kaapelipäätteen öljynpainemittarin lukeminen maan tasolta. Taulukossa 5.9 on mittautuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.9 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”kaapelipäätteen öljynpainemittarin lukeminen maan tasolta” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä $12,2 \mu\text{T}$, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.9 Mitatut arvot (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”kaapelipäätteen öljynpainemittarin lukeminen maan tasolta”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
23	35	3	1,3	1	0,3
			magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
23	35	3	17,0	15,4	2,8
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
23	35	3	5,8	5,1	0,7

Työtehtävä: *Katkaisijan ohjaimen tarkastus alapään maan tasolta*

Kuvassa 5.10 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on katkaisijan ohjaimen tarkastus alapään maan tasolta. Taulukossa 5.10 on mittautuloksia vastaavasta työtehtävästä.



Kuva 5.10 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ” katkaisijan ohjaimen tarkastus alapään maan tasolta”110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,5 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.10 Mitatut arvot työtehtävästä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus alapäin maan tasolta”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
24	35	2	0,6	0,6	0,1

Työtehtävä: Käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella

Yhdellä asemalla tehtiin mittauksia myös kentän aidan ulkopuolella. Koko alueen ympärillä oli vielä toinen aita, joten kyse on työntekijöiden altistumisesta. Kuvassa 5.11 on esimerkki mittauspaiikasta, jossa työtehtävänä on käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella. Taulukossa 5.11 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.11 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,5 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.11 Mitatut arvot (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimi-arvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
13	21	11	0,5	0,4	0,1
			magneettikentän maksimi-arvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
13	21	1	2,8	2,8	-
			magneettikentän maksimi-arvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
13	21	1	3,0	3,0	-

Työtehtävä: Kulkeminen 20 kV kytkinlaitoksella

Yhdellä asemalla oli myös 20 kV kytkinlaitos, jossa tehtiin yksi sähkökenttämittaus. Kuvassa 5.12 on kyseinen mittauspaikka, Taulukossa 5.12 on mittaus tuloksia vastaavasta työtehtävästä.



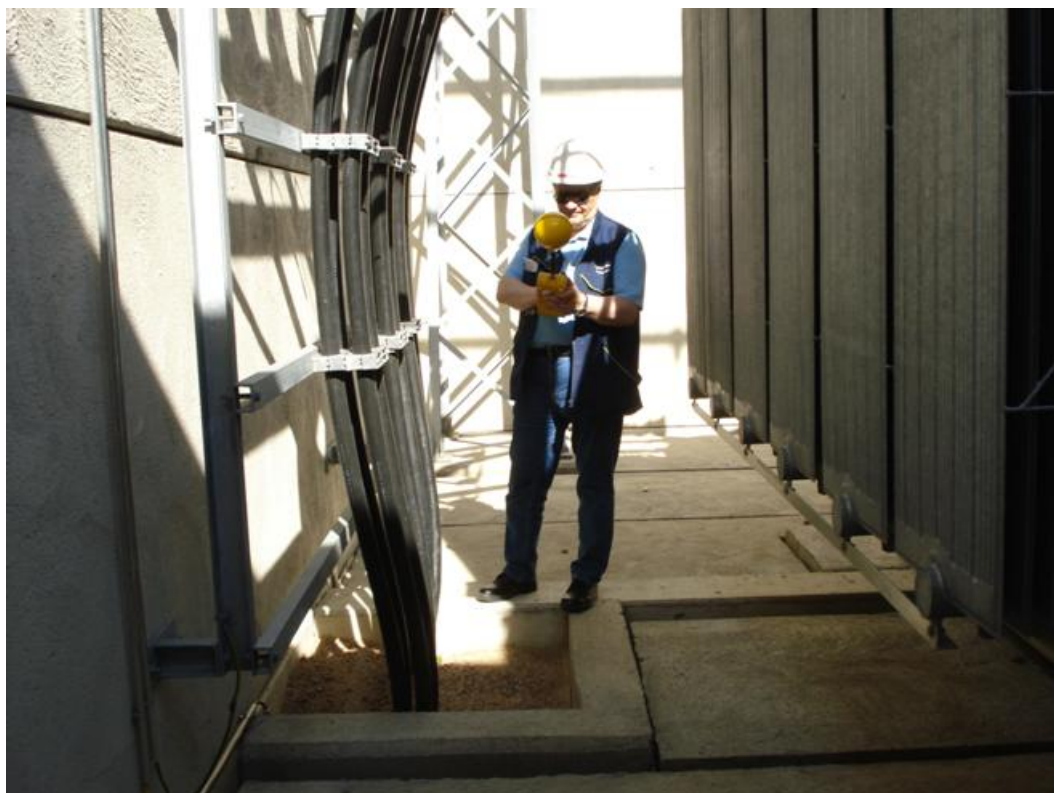
Kuva 5.12 Kuva mittauksesta työpisteessä ”kulkeminen 20 kV kytkinlaitoksella” (sähkökenttä 0,2 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.12 Mitattu arvo työtehtävästä ”kulkeminen 20 kV kytkinlaitoksella”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
28	42	1	0,2	0,2	-

Työtehtävä: Työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla

Muutamalla asemalla tehtiin mittauksia myös tehomuuntajan ympärillä. Kuvassa 5.13 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävä tehdään tehomuuntajan lähellä. Kuvassa 5.13 tehdään vuotojen tarkastus kaapelien lähellä. Taulukoissa 5.13, 5.14 ja 5.15 on mittauksia vastaavista työtehtävistä asemittain.



Kuva 5.13 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä 152 μ T, mittauskorkeus n. 1,7 m).

Taulukko 5.13 Mitatut sähkökentät työtehtävästä ”työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
8	11	2	0,09	0,06	0,05
8	12	1	0,01	0,01	-
8	31	2	0,06	0,05	0,02

Taulukko 5.14 Mitatut magneettikentät työtehtävästä ”työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, μ T	keskiarvo, μ T	keskihajonta, μ T
8	11	8	97,0	34,5	36,3
8	12	2	23,9	13,6	-
8	14	4	12,0	9,4	2,3
8	15	2	152,0	79,0	-
8	31	2	156,0	113,0	60,8

Taulukko 5.15 Mitatut magneettikenttään liittyvät työntekijän altistussuhteet työtehtävästä ”työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, %	keskiarvo, %	keskihajonta, %
8	11	8	20,7	8,8	6,9
8	12	2	6,5	4,6	-
8	14	4	4,6	4,1	0,4
8	15	2	30,0	16,8	-
8	31	2	31,0	21,0	14,1

5.2. Työskentely hoitotasolla

Hoitotasolta tehdään lähinnä katkaisijoiden, erottimien, maadoituskytkimien paikallisohjausta tai ohjaimien tarkastusta. Lisäksi mittauksissa on mukana yksi erikoistapaus, jossa hoitotaso on laitteiston alalla.

Työtehtävä: Erottimen paikallisohjaus hoitotasolta

Kuvassa 5.14 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on erottimen paikallisohjaus hoitotasolta. Taulukossa 5.16 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.14 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”erottimen paikallisohjaus hoitotasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 3,6 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.16 Mitatut arvot työtehtävästä ”erottimen paikallisohjaus hoitotasolta.”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
2	14	2	3,6	2,1	-
2	43	16	5,5	3,2	-

Työtehtävä: Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta

Kuvassa 5.15 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta. Taulukoissa 5.17, 5.18 ja 5.19 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.15. Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 3,6 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.17 Mitatut sähkökenttäarvot työtehtävästä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
6	12	12	8,4	5,9	1,2
6	14	23	8,4	4,2	2,7
6	15	3	6,3	4,3	1,7
6	21	29	12,0	8,2	2,0
6	31	25	6,9	4,0	1,7
6	32	15	13,8	7,5	3,0
6	33	12	13,4	9,4	2,1
6	35	9	12,5	9,6	1,7
6	36	8	14,9	7,6	5,9
6	37	8	15,5	9,5	3,0
6	38	3	4,4	2,7	1,5
6	39	8	11,6	7,8	2,1
6	41	31	11,3	8,0	1,9
6	42	25	13,3	6,3	2,5
6	43	37	4,5	2,7	1,2
6	44	8	13,3	9,6	2,6

Taulukko 5.18 Mitatut magneettikenttäarvot työtehtävästä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, μT	keskiarvo, μT	keskihajonta, μT
6	12	12	8,4	5,9	1,2
6	14	1	2,4	2,4	-
6	42	20	10,0	4,5	2,9
6	43	13	13,6	5,7	3,5

Taulukko 5.19 Mitatut magneettikenttään liittyvät työntekijän altistussuhteet työtehtävästä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, %	keskiarvo, %	keskihajonta, %
6	20	4,2	3,2	0,5	2,9
6	13	4,6	3,3	0,6	3,5

Työtehtävä: Maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus hoitotasolta

Kuvassa 5.16 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus hoitotasolta. Taulukossa 5.20 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.16 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus hoitotasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 3,1 kV/m, mittauskorkeus 1,7 m).

Taulukko 5.20 Mitatut (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työnteikijän altistussuhde) työtehtävästä ”maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus hoitotasolta.”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
20	43	33	4,4	3,7	0,3
			magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
20	43	6	15,0	6,5	4,5
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
20	35	6	5,0	3,4	0,8

Työtehtävä: Katkaisijan ohjaimen tarkastus alapään hoitotasolta

Kuvassa 5.17 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on katkaisijan ohjaimen tarkastus alapään hoitotasolta. Taulukossa 5.21 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.17 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus alapään hoitotasolta” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,6 kV/m, mittauskorkeus 1,4 m, tason korkeus 65 cm).

Taulukko 5.21 Mitatut arvot työtehtävästä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus alapäin hoitotasolta”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimi-arvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
25	36	1	0,6	0,6	-

5.3. Työskentely nostokorista

Nostokorista tehdään tartuntaerottimen kiskokoskettimen huoltoa, virtamuuntajan ensiö- ja toisioliittimien tarkastusta, katkaisijan katkaisupään huoltoa ja jännitemuuntajan ensiö- ja toisioliittimien huoltoa sekä valaisimen kunnossapitoa.

Työtehtävä: Tartuntaerottimen kiskokoskettimen huolto nostokorista

Kuvassa 5.18 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on tartuntaerottimen kiskokoskettimen huolto nostokorista. Taulukossa 5.22 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.18 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”tartuntaerottimen kiskokoskettimen huolto nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,06 kV/m).

Taulukko 5.22 Mitatut arvot työtehtävästä ”tartuntaerottimen kiskokosketin huolto nostokorista”.

työ	asema	määrä	Sähkökentän maksimiarvo, kV/m	Sähkökentän keskiarvo, kV/m	Sähkökentän keskihajonta, kV/m
1	44	11	3,5	1,1	1,2

Työtehtävä: Virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista

Kuvassa 5.19 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista. Taulukossa 5.23 on mittauksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.19 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 3,0 kV/m).

Taulukko 5.23 Mitatut arvot työtehtävästä ”virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
4	41	3	2,9	1,9	1,1
4	42	3	3,3	1,4	1,6
4	44	3	3,9	2,9	1,1

Työtehtävä: Virtamuuntajan toisioliitäntäkotelon tarkastus nostokorista

Kuvassa 5.20 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on virtamuuntajan toisioliitäntäkotelon tarkastus nostokorista. Taulukossa 5.24 on mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.20 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”virtamuuntajan toisioliitäntäkotelon tarkastus nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,5 kV/m).

Taulukko 5.24 Mitatut arvot työtehtävästä ”virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
15	41	3	1,9	1,3	0,7
15	42	3	1,3	0,8	0,5
15	44	3	2,0	1,0	0,9
15	44	3	2,0	1,0	0,9

Työtehtävä: Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista

Kuvissa 5.21 ja 5.22 on esimerkit mittauspaikoista, joissa työtehtävänä on katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista. Taulukossa 5.25 on mittauksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.21 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 2,7 kV/m).



Kuva 5.22 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 0,3 kV/m).

Taulukko 5.25 Mitatut arvot työtehtävästä ”katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista”.

työ	asema	määrä	maksimiarvo, kV/m	keskiarvo, kV/m	keskihajonta, kV/m
7	41	3	4,3	3,6	0,9
7	42	9	2,8	2,2	0,5
7	44	9	11,5	3,7	3,6

Työtehtävä: Jännitemuuntajan ensiöliitännän tarkastus nostokorista

Kuvassa 5.23 on esimerkki mittausta paikasta, jossa työtehtävänä on jännitemuuntajan ensiöliitännän tarkastus nostokorista. Taulukossa 5.26 on esitetty mitaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.23 Esi merkki mittauksesta työpisteestä ”jännitemuuntajan ensiöliitännän tarkastus nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 01,6 kV/m).

Taulukko 5.26 Mitatut arvot työtehtävästä ”jännitemuuntajan ensiöliitännän tarkastus nostokorista”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
16	44	3	2,8	2,2	0,6

Työtehtävä: Jännitemuuntajan toisioliitännäkotelon tarkastus nostokorista

Kuvassa 5.24 on esimerkki mittausta paikasta, jossa työtehtävänä on jännitemuuntajan toisioliitännäkotelon tarkastus nostokorista. Taulukossa 5.27 on esitetty mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.24 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”jännitemuuntajan toisioliitännäkotelon tarkastusnostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 1,4 kV/m).

Taulukko 5.27 Mitatut arvot työtehtävästä ”jännitemuuntajan toisioliitännäkotelon tarkastusnostokorista”.

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
17	44	3	1,4	0,7	0,6

Työtehtävä: Valaisimen kunnossapito nostokorista

Kuvassa 5.25 on esimerkki mittaustaikasta, jossa työtehtävänä on valaisimen kunnossapito nostokorista. Taulukossa 5.28 on esitetty mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.25 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”valaisimen kunnossapito nostokorista” 110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 7,8 kV/m).

Taulukko 5.28 Mitatut arvot (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”valaisimen kunnossapito nostokorista.”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
19	41	1	0,5	0,5	-
19	44	2	7,8	5,3	3,6
			magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
19	41	1	0,7	0,7	-
19	44	2	27,6	25,9	2,4
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
19	41	1	2,6	2,6	-
19	44	2	7,2	6,9	0,4

5.4. Muut työtehtävät

Ryhmään muut työtehtävät on kerätty yksittäisiä mittauksia, jotka eivät ole erityisen tyypillisiä tilanteita 110 kV sähköasemilla.

Työtehtävä: Kävely kondensaattorien lähellä tai ovella toimiminen

Kuvassa 5.26 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on kävely kondensaattorien lähellä tai ovella toimiminen. Taulukossa 5.29 on esitetty mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.26 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”kävely kondensaattorien lähellä tai ovella toimiminen” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä 2,5 μ T).

Taulukko 5.29 Mitatut arvot (magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”kävely kondensaattorien lähellä tai ovella toimiminen”.

työ	asema	määrä	magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
9	12	2	2,5	1,5	1,4
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
9	12	2	2,7	2,6	0,1

Työtehtävä: Päämuuntajan kannen ja läpivientien tarkastus

Kuvassa 5.27 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on päämuuntajan kannen ja läpivientien tarkastus. Taulukossa 5.30 on esitetty mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.27 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”päämuuntajan kannen ja läpivientien tarkastus”
110 kV sähköasemalla (sähkökenttä 2,2 kV/m).

Taulukko 5.30 Mitatut arvot työtehtävästä ”päämuuntajan kannen ja läpivientien tarkastus.”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
10	14	1	4,7	4,7	-

Työtehtävä: GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely

Kuvassa 5.28 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely. Taulukossa 5.31 on esitetty mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.28 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä 25 μ T, korkeus 1,7 m).

Taulukko 5.31 Mitatut arvot (magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely”.

työ	asema	määrä	magneettikentän maksimiarvo, μT	magneettikentän keskiarvo, μT	magneettikentän keskihajonta, μT
12	16	3	50,0	27,1	22,0
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
12	16	3	14,0	8,2	5,3

Työtehtävä: Kävely reaktorin aidan vieressä

Kuvassa 5.29 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on kävely reaktorin aidan vieressä. Taulukossa 5.32 on esitetty mitaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.29 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”kävely reaktorin aidan vieressä” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä 170-260 μT kävellessä korkeus 1,7 m).

Taulukko 5.32 Mitatut arvot (magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”kävely reaktorin aidan vieressä”.

työ	asema	määrä	magneettikentän maksimiarvo, μT	magneettikentän keskiarvo, μT	magneettikentän keskihajonta, μT
21	42	6	260,0	195,5	72,5
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
21	42	5	53,0	36,7	14,9

Työtehtävä: Reaktorin katkaisijan paikallisohjaus hoitotasolta (20 kV)

Kuvassa 5.30 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on reaktorin katkaisijan paikallisohjaus hoitotasolta (20 kV). Taulukossa 5.33 on esitetty mittaustuloksia vastaavasta työtehtävästä.



Kuva 5.30 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”reaktorin katkaisijan paikallisohjaus hoitotasolta (20 kV)” 110 kV sähköasemalla (magneettikenttä 97 μ T, korkeus 1,7 m).

Taulukko 5.33 Mitatut arvot (sähkökenttä, magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”reaktorin katkaisijan paikallisohjaus hoitotasolta (20kV)”

työ	asema	määrä	sähkökentän maksimiarvo, kV/m	sähkökentän keskiarvo, kV/m	sähkökentän keskihajonta, kV/m
26	42	2	1,1	1	0,1
			magneettikentän maksimiarvo, μ T	magneettikentän keskiarvo, μ T	magneettikentän keskihajonta, μ T
26	42	1	97,0	97,0	-
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
26	42	1	18,1	18,1	-

Työtehtävä: Kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV)

Kuvassa 5.31 on esimerkki mittauspaikasta, jossa työtehtävänä on kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV). Taulukossa 5.34 on esitetty mitaustuloksia vastaavasta työtehtävästä asemittain.



Kuva 5.31 Esimerkki mittauksesta työpisteestä ”kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV)”.
110 kV sähköasemalla. Mittauksessa magneettikenttä 580 μT (kaapeli 1, kuvassa),
magneettikenttä 710 μT (kaapeli 2), magneettikenttä 690 μT (kaapeli 3), korkeus n. 1,8 m
arvioitu kuvasta.

Taulukko 5.34 Mitatut arvot(magneettikenttä ja magneettikenttään liittyvä työntekijän altistussuhde) työtehtävästä ”kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV)”.

työ	asema	määrä	magneettikentän maksimiarvo, μT	magneettikentän keskiarvo, μT	magneettikentän keskihajonta, μT
27	42	5	710,0	559,8	159,2
			magneettikentän maksimiarvo, %	magneettikentän keskiarvo, %	magneettikentän keskihajonta, %
27	42	4	150,0	126,5	20,7

5.5. Tuloksia kypärämittauksista

Kypärämittauksia toteutettiin neljällä paikkakunnalla, seitsemällä sähköasemalla, yhteensä 23 mittauskertaa. Koska mitatut sähkökentät ylittivät 10 kV/m arvon joillakin hoitotasolla (työtehtävä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta”) sekä nostokorityössä (työtehtävä ”katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista”), tehtiin näissä tehtävissä kypärälaitteistolla mittauksia. Lisäksi suoritettiin muutama mittaus siksi, että sähkökenttämittauksissa 10 kV/m oli ylittynyt virheellisen mittauskorkeuden tähden, mutta nämä virheet huomattiin vasta myöhemmin, kun aineistoon pyydettiin asiantuntijalta kommentteja. Kuvassa 5.32 on esimerkki kypärämittauksesta.



Kuva 5.32 Esimerkki kypärämittauksesta työtehtävässä ”katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta” 110 kV sähköasemalla.

Taulukossa 5.35 on esitetty mitausten perusteella lasketut maksimivirrantiheydet eri asemilla tehdyissä mittauksissa, kun kaulan ympärysmittana on käytetty 40 cm. Taulukossa 5.36 on esitetty vastaavissa tilanteissa kontaktivirtojen maksimi-arvot.

Taulukko 5.35 Mittausten perusteella lasketut maksimivirrantiheydet eri asemilla tehdyissä mittauksissa.

sähköasema	työtehtävä (mittausten määrä n, kpl)	J_{\max} , mA/m ²
Asema 1	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (1)	1,8
Asema 2	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (2)	1,7
Asema 32	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (1)	0,9
Asema 34	Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta, (5)	1,4
	Erottimen paikallisojjaus maan tai lattian tasolta, (1)	1,3
Asema 37	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (2)	1,8
Asema 41	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (7)	1,5
Asema 44	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (3)	1,6
	Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista, (1)	0,7

Taulukko 5.36 Kypärämittauksissa mitatut kontaktivirtojen maksimi-arvot eri asemilla tehdyissä mittauksissa.

sähköasema	työtehtävä (mittausten määrä n, kpl)	I_{kok} , μA
Asema 1	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (1)	75,6
Asema 2	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (2)	56,0
Asema 32	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (1)	33,7
Asema 34	Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta, (5)	58,1
	Erottimen paikallisojjaus maan tai lattian tasolta, (1)	54,2
Asema 37	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (2)	67,3
Asema 41	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (7)	79,4
Asema 44	Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta, (3)	65,6
	Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista, (1)	29,1

Suurin mitattu virrantiheys on 1,8 mA/m² ja suurin kontaktivirta 79,4 μA . Arvot ovat selvästi alle direktiiviehdotuksen vastaavan raja-arvon (10 mA/m²) ja toiminta-arvon (1 mA).

6. Johtopäätökset

Taulukkoon 6.1 on kerätty suurimmat mitatut sähkökenttäarvot 110 kV sähköasemilta työtehtävittäin.

Taulukko 6.1 Suurimmat mitatut sähkökenttäarvot työtehtävittäin 110 kV asemilta

työtehtävä	sähkökenttä, kV/m
1) Tartuntaerottimen kiskokoskettimen huolto nostokorista	3,5
2) Erottimen paikallisojjaus hoitotasolta	5,5
3) Katkaisijan paikallisojjaus maan tasolta	5,3
4) Virtamuuntajan ensiöliittimien tarkastus nostokorista	3,9
5) Kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella	6,1
6) Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta	15,5
7) Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista	11,5
8) Työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla	0,09
9) Kävely kondensaattorien lähellä tai ovelta toimiminen	-
10) Päämuuntajan kannen ja läpivientien tarkastus	4,7
11) Erottimen paikallisojjaus maan tai lattian tasolta	6,4
12) GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely	-
13) Käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella	0,5
14) Ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla	3,6
15) Virtamuuntajan toisioliitännäkotelon tarkastus nostokorista	2,0
16) Jännitemuuntajan ensiöliitännän tarkastus nostokorista	2,8
17) Jännitemuuntajan toisioliitännäkotelon tarkastus nostokorista	1,4
18) Maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus maan tasolta	1,5
19) Valaisimen kunnossapito nostokorista	7,8
20) Maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus hoitotasolta	4,4
21) Kävely reaktorin aidan vieressä	-
22) Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta	4,5
23) Kaapelipäätteen öljynpainemittarin lukeminen maan tasolta	1,3
24) Katkaisijan ohjaimen tarkastus alapäin maan tasolta	0,6
25) Katkaisijan ohjaimen tarkastus alapäin hoitotasolta	0,6
26) Reaktorin katkaisijan paikallisojjaus hoitotasolta (20 kV)	1,1
27) Kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV)	-
28) Kulkeminen 20 kV kytkinlaitoksella	0,2

Taulukon 6.1 arvoista nähdään, että 110 kV asemien arvot ovat varsin pieniä ja yleensä jäävät 10 kV/m toiminta-arvon alapuolelle. Verrattuna aikaisemmin 400 kV asemilla tehtyihin mittauksiin 110 kV asemilla mitattiin huomattavasti enemmän erilaisia työtehtäviä. Toisaalta tämän hankkeen tavoitteena oli kartoittaa sitä, minkälaista altistuminen yleensä asemilla on, kun taas 400 kV asemilla etsittiin vain niitä paikkoja, joissa sähkökenttien jo valmiiksi oletettiin olevan korkeita. Taulukossa 6.2 on suurimmat mitatut magneettikentät.

Taulukko 6.2 Suurimmat mitatut magneettikenttäarvot työtehtävittäin 110 kV asemilta

työtehtävä	magneettikenttä, μT
5) Kulkeminen 110 kV kytkinlaitoksella	51,0
6) Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta	13,6
8) Työskentely tehomuuntajan lähellä maan tasolla	156,0
9) Kävely kondensaattorien lähellä tai ovelta toimiminen	2,5
12) GIS -laitoksen kaapelitilassa kävely	50,0
13) Käveleminen sähköaseman kentän aidan ulkopuolella	2,8
14) Ulkokytkinlaitoksen jakokaapin tarkastus maan tasolla	3,0
18) Maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus maan tasolta	3,5
19) Valaisimen kunnossapito nostokorista	27,6
20) Maadoituskytkimen ohjaimen tarkastus hoitotasolta	15,0
21) Kävely reaktorin aidan vieressä	260
23) Kaapelipäätteen öljynpainemittarin lukeminen maan tasolta	17,0
26) Reaktorin katkaisijan paikallisohjaus hoitotasolta (20 kV)	97,0
27) Kulkeminen reaktorin kaapelien lähellä (20 kV)	710,0

Magneettikenttäarvot ovat yleensä direktiiviehdotuksen toiminta-arvon ($500 \mu\text{T}$) alle. Ainostaan yksi mittaus ylittää toiminta-arvon, mutta arvo on kuitenkin uuden ICNIRP:n ohjearvon $1000 \mu\text{T}$ alle. Taulukossa 6.3 on suurimmista mitatuista kypärävirroista lasketut virrantiheydet, kun kaulan ympärysmittana on käytetty 40 cm. Taulukossa 6.4 on esitetty suurimmat kontaktivirrat työtehtävittäin.

Taulukko 6.3 Suurimmat virrantiheydet työtehtävittäin 110 kV asemilta.

työtehtävä	suurin virrantiheys, mA/m^2
6) Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta	1,8
7) Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista	0,7
11) Erottimen paikallisohjaus maan tai lattian tasolta	1,3
22) Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta	1,4

Taulukko 6.4 Suurimmat kontaktivirrat työtehtävittäin 110 kV asemilta

työtehtävä	suurin kontaktivirta, $I_{\text{kok}}, \mu\text{A}$
6) Katkaisijan ohjaimen tarkastus hoitotasolta	79,4
7) Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista	29,1
11) Erottimen paikallisohjaus maan tai lattian tasolta	54,2
22) Katkaisijan ohjaimen tarkastus lattian tasolta	58,1

Kun verrataan 110 kV asemilla tehtyjä kypärämittauksia 400 kV sähköasemilla tehtyihin mittauksiin, niin työtehtävässä ”Katkaisijan ohjaimen käyttö hoitotasolta” 110 kV asemilla maksimivirrantiheys oli $1,8 \text{ mA}/\text{m}^2$, kun taas 400 kV asemilla vastaavassa työssä maksimivirrantiheydet olivat $2,3 - 6,2 \text{ mA}/\text{m}^2$. Työssä ”Katkaisijan katkaisupään huolto nostokorista” 110

kV sähköasemalla mitattu maksimivirrantiheys oli $0,7 \text{ mA/m}^2$. Vastaavat arvot 400 kV asemilta olivat $0,9 - 5,2 \text{ mA/m}^2$. Virrantiheydet ovat selvästi alle direktiiviehdotuksen raja-arvon 10 mA/m^2 . Myös mitatut kontaktivirrat ovat selvästi direktiivin toiminta-arvon 1 mA alapuolella.

Kaiken kaikkiaan vuosien 2004 - 2009 aikana on Suomessa kartoitettu hyvin kattavasti sähköasemien sähkö- ja magneettikenttiä. Tulosten mukaan magneettikentät jäävät pääsääntöisesti aina alle toiminta-arvon $500 \mu\text{T}$ tai ainakin ICNIRP:n uuden ohjearvon $1000 \mu\text{T}$ alle. Myös mitatut sähkökenttäärvot jäivät harvoja tilanteita lukuun ottamatta alle toiminta-arvon 10 kV/m . Toiminta-arvo ylittyi joissakin paikoissa, mutta niissäkin virrantiheydet jäivät selvästi direktiiviehdotuksen raja-arvon alapuolelle.

6.1 Pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät työterveyden näkökulmasta

Jos tarkastellaan työntekijöihin kohdistuvia riskejä 110 kV sähköasemien työtehtävissä, työterveyden näkökulmasta pientaajuiset sähkö- ja magneettikentät ovat vain yksi fyysikaalinen altistustekijä muiden tekijöiden joukossa. Kokonaiskuva kaikista riskeistä on, että liukastuminen, kompastuminen tai kaatuminen ja sähkötapaturmat ovat merkittävimmät riskit. Sähkömagneettiset kentät eivät nouse kärkeen kokonaisriskien arvioinneissa, mutta ne ovat mukana keskustelua herättävänä tekijänä.

Yleensä sähkö- ja magneettikentille altistuminen on niin vähäistä, ettei siihen tarvitse erityisesti kiinnittää huomiota, mutta mikäli joudutaan työskentelemään maan tasoa ylempänä, voivat erityisesti sähkökentän altistustasot olla sen verran suuria, että niistä on hyvä olla tietoinen. Yleensä kuitenkin altistukset jäävät alle toiminta-arvojen, kun työskentely tehdään riittävällä etäisyydellä jännitteellisistä rakenteista. Suorittamalla työt turvallisella etäisyydellä jännitteellisistä rakenteista pidetään huoli sähköturvallisuudesta ja samalla kentille altistuminen pysyy kohtuullisena.

Ainoastaan poikkeuksellisissa tapauksissa tai onnettomuustilanteissa sähkömagneettisille kentille altistuminen voi olla niin suuri, että sillä on terveelle työntekijälle akuuttia tai kroonista haittaa tai vaaraa. Näissäkin tilanteissa arviointi lähtee sähköturvallisuuden varmistamisesta.

Kirjallisuusviitteet

- /1/ Deno, D.W., Zaffanella, L.E. 1982. Field effects of overhead transmission lines and stations, Transmission line reference book -345 kV and above, 2. ed. Palo Alto, s. 329 - 419.
- /2/ EN 50413:2005. 2005. Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz). CENELEC, 57 s.
- /3/ 2004/40/EY. 2004. Direktiivi terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysisistä tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille. Euroopan parlamentti ja neuvosto. Euroopan unionin virallinen lehti, 159. 26 s.
- /4/ ICNIRP. 1998. Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300GHz). Health Physics, 74, 4. s. 494 - 522.
- /5/ ICNIRP. 2010. ICNIRP statement - guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Phys. 99(6):818-836.
- /6/ Korpinen L. 1990. Voimansiirtojohtojen sähkömagneettisten kenttien terveysvaikutusten arviointi.. TTKK, Sähköenergiajärjestelmien laitos, Tampere, liseniaattityö, 128 s.
- /7/ Korpinen, L., Elovaara, J., Kuisti, H. 2009. Evaluation of current densities and total contact currents in occupational exposure at 400 kV substations and power lines. Bioelectromagnetics, vol 30, n:o 3, s. 231-240
- /8/ Korpinen L., Pääkkönen R. 2010. Brief communication, Occupational exposure of electric and magnetic fields during work tasks at 110 kV substations in the Tampere region, Bioelectromagnetics 31:252-254.
- /9/ Kuussaari M. 2002. Kontaktivirtojen mittaaminen 400 kV johtojen sähkökentässä, Mittausraportti 720576/7306 (CMC-575M1), 18.10.2002, Fortum, 20 s.
- /10/ Latva-Teikari J, Karjanlahti T, Kurikka-Oja J, Elovaara J, Långsjö T, Korpinen L. 2008. Measuring occupational exposure to electric and magnetic fields at 400 kV substations. IEEE PES Transmission and Distribution Conference, Powering Toward the Future, Chicago Illinois, April 21-24, s. 1-4.
- /11/ Sallinen R. 2007. Sähkökenttien työntekijään indusoimat kehovirrat voimajohtotöissä. Tampereen teknillinen yliopisto, Sähkötekniikan osasto, Tampere, diplomityö, 101 s.

/12/ STMa 294/2002. 2002. Asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki, 4

/13/ SFS 6002 standard, Electrical work safety, in SFS-handbook 600, Low-voltage electrical installations and safety at electrical work, 2007.