



[www.leenakorpinen.fi](http://www.leenakorpinen.fi)

Tämä Tilannekatsaus on luettavissa myös [html-muodossa](#).

## Suuret ja pienet altistustasot kiinnostavat tutkijoita



**Tilannekatsaus: 2 / 2011 - julkaistu 30. joulukuuta 2011**

Sisältö:

01: Pääkirjoitus

02: Äidin raskaudenaikainen magneettikenttäaltistus ja jälkikasvun astmariski

03: Ihmisen verenkiertojärjestelmän vaste lyhytaikaiseen 200  $\mu$ T:n, 60 Hz:n magneettikenttäaltistukseen

04: 60 Hz:n, 1800  $\mu$ T:n magneettikenttien neurofysiologiset ja käyttäytymisvaikutukset ihmiseen

05: Magneettikentille altistuminen ja lapsuusiän akuutti lymfaattinen leukemia São Paulossa Brasiliassa

06: 110 kV:n voimajohtojen aiheuttamien sähkö- ja magneettikenttien seurantatulokset Chongqingin kaupungissa Kiinassa

07: Altistuminen pientaajuisille magneettikentille ja lapsuusiän syöpäriski: tilannekatsaus epidemiologiin tutkimuksiin

08: Itseraportoidun sähköyliherkkyyden esiintyminen ja yhteys psyykkisiin sairauksiin Taiwanissa: väestöpohjainen tutkimus

09: Aiheuttaako 60 Hz:n magneettikenttä sähköyliherkkyyttä? – Provokaatiotutkimus

10: Työperäisen magneettikenttäaltistuksen arviointi ja motoneuronitautikuolleisuus

11: Numeerisen menetelmän arviointi jännitteellisillä voimajohdoilla työskentelevien sähkökenttäaltistuksen analyysissä

Tiedot tilaamiseen liittyen katsauksen alareunasta.

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessitekniikan laitos  
Tilannekatsaus ISSN 1799-4594

---

Nro. 01

### **Pääkirjoitus**

Viime kerralla pääkirjoitukseni päättyi tietoon, että komissio oli antanut juuri ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fysikaalisista tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille. Lupasin palata asiaa seuraavassa katsauksessa.



Ajatukseni oli tehdä komission ehdotuksesta erillinen uutinen tähän katsaukseen, mutta päätin, ettei kannata jakaa liian keskeneräistä tietoa. Tietääkseni direktiiviehdotusta on käsitelty ja käsitellään edelleen EU:n toimielimissä. Koska asia on vielä kesken, on paras rauhassa odottaa lopputulosta. Palaan taas aiheeseen seuraavassa tilannekatsauksessa.

Edellisen katsauksen jälkeen on ollut taas joitakin mielenkiintoisia konferensseja. Kesäkuussa järjestettiin Bioelectromagnetics Society:n vuosikokous (33th Annual Meeting) Halifaxissa Kanadassa. Itselleni jäi erityisesti mieleen sessio, jossa keskusteltiin sähkömagneettisiin kenttiin liittyvien asioiden käsittelystä mediassa ja tutkijoiden varautumisesta haastatteluihin. Ilmeisen paljon aihepiiri on ollut esillä eri maiden mediassa. Ohjeet olivat samoja, mitä olen kuullut Suomessakin: esimerkiksi ennakkoon valmistautuminen on ainakin hyvä muistaa.

Toisen mielenkiintoisen aihepiiriin liittyvän konferenssin järjesti Brysselissä marraskuussa Euroopan komissio (EMF 2011). Tilaisuuden esitykset ovat ladattavissa komission verkkosivuilta. Keskustelu oli vilkasta, ja selvästi oli havaittavissa, että Euroopassa ollaan varsin kiinnostuneita sähkömagneettisten kenttien terveysvaikutuksista. Edelleen osa ihmisistä kokee saavansa oireita, jotka he yhdistävät sähkömagneettisiin kenttiin. Toivottavaa tietenkin olisi, että tieteellinen tutkimus toisi asiaan uutta selvyttä.

Varsinaiset esitykset olivat lähinnä erilaisia katsauksia siitä, mitä on jo aikaisemmin tutkittu ja mitä tiedetään. Keskustelut olivat kuitenkin hyvin mielenkiintoisia. Tilaisuudessa tuli myös esille, että EU:n rahoituksella on käynnistynyt kolmevuotinen ARIMMORA-tutkimusprojekti. Siinä tutkitaan vaikutusmekanismeja, jotka selittäisivät pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja lasten leukemian välisen mahdollisen yhteyden.

Uusia mielenkiintoisia tieteellisiä lehtiartikkelejäkin on julkaistu varsin paljon, joten löysin helposti esiteltäviä julkaisuja. Tällä kertaa tilannekatsaus alkaa tutkimuksella, jossa on selvitetty mahdollisuutta, että äidin raskaudenaikainen altistuminen magneettikentille vaikuttaisi lapsen astman ilmaantumiseen. Aihetta ei ole ainakaan kovin paljon aikaisemmin tutkittu. Seuraavat artikkelit käsittelevät varsin isojen magneettikenttien vaikutuksia. Altistukset ovat selvästi suurempia kuin mille ihmiset käytännössä altistuvat.

Tilannekatsaukseen tuli mukaan myös tuloksia brasilialaisesta, kiinalaisesta ja taiwanilaisesta tutkimuksesta. Niistä voidaan taas huomata, että sähkömagneettisille kentille altistumisesta ollaan kiinnostuneita todella monissa maissa. Katsauksen loppupuolella on muutama työperäiseen altistukseen liittyvä artikkeli. Niistä ensimmäinen käsittelee työperäisen magneettikenttäaltistuksen ja motoneuronitautien mahdollista yhteyttä.

Ihan viimeisenä oleva työntekijöiden altistusta käsittelevä artikkeli on aika tekninen. Siinä on laskemalla arvioitu sähkökentille altistumista voimajohdoilla työskenneltäessä. Otin artikkelin mukaan siksi, että joissakin työtehtävissä voi olla ihan tärkeää pystyä selvittämään sähkökentille altistumista. Tietenkin tuleva työntekijädirektiivi antaa tarkemmin tietoa, milloin selvityksiä on syytä tehdä.

Mukavaa lukuhetkeä tilannekatsauksen parissa!

Leena Korpinen,  
Tilannekatsauksen päätoimittaja  
Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristöterveys

---



Nro. 02

Päätoimittajan kommentti: Tutkijoiden tavoitteena oli tutkia, onko äidin altistumisella magneettikentille raskauden aikana yhteys jälkikasvun astmariskiin. Tutkijoiden mukaan löydökset antoivat uusia epidemiologisia todisteita siitä, että voimakas magneettikenttätaso äidin raskauden aikana saattaa lisätä jälkeläisen astman riskiä. Mielenkiinnolla odotan muiden tutkijoiden vastaavasta aiheesta tekemiä tutkimuksia havaintojen vahvistamiseksi.

## **Äidin raskaudenaikainen magneettikenttäaltistus ja jälkikasvun astmariski**

Tässä ns. prospektiivisessa kohorttitutkimuksessa seurattiin astman ilmaantumista kahdessa ryhmässä: lapset, joiden äidit olivat altistuneet voimakkaalle magneettikentille raskauden aikana, ja muut lapset.

Tutkimuksen organisoivat pohjoiskalifornialainen terveydenhuolto-organisaatio Kaiser Permanente Northern California, ja siihen osallistui heidän raskaana olevia jäseniään San Franciscon alueelta. Kaikkien osallistujien päivittäinen magneettikenttäaltistus mitattiin raskauden aikana mukana kannettavalla magneettikenttämittarilla. Heidän jälkeläistensä astmadiagnoseja seurattiin 13 vuoden ajan. Analyysiin otettiin mukaan seuratuista lapsista 626, joilla oli kliinisesti diagnosoitu astma.

Kun mahdolliset väärät muuttujat oli huomioitu, havaittiin tilastollisesti merkittävä lineaarinen annos-vastesuhde äidin raskauden aikaisen voimakkaamman keskimääräisen päivittäisen magneettikenttäaltistustason ja jälkeläisen kohonneen astmariskin välillä. Kun äidin magneettikenttäaltistus kohosi yhden yksikön ( $1 \text{ mG} = 0,1 \text{ } \mu\text{T}$ ) raskauden aikana, astman saamisen riski jälkikasvulla lisääntyi 15 %.

Kun magneettikenttäaltistukset jaettiin luokkiin ( $< 0,3 \text{ mG}$ ,  $0,3\text{--}2 \text{ mG}$ ,  $> 2 \text{ mG}$ ), tulokset osoittivat vastaavan annos-vastesuhteen. Verrattaessa lapsia, joiden äideillä oli alin magneettikenttäaltistus (24 tunnin mediaanitaso enintään  $0,3 \text{ mG} = 0,03 \text{ } \mu\text{T}$ ) raskauden aikana, lapsiin, joiden äidit olivat altistuneet yli  $2,0 \text{ mG}$ :n magneettikentälle ( $0,2 \text{ } \mu\text{T}$ ), jälkimmäisillä havaittiin yli 3,5-kertainen todennäköisyys saada astma. Lapsilla, joiden äideillä oli keskimmäisen luokan magneettikenttätaso, ( $>0,3\text{--}2,0 \text{ mG}$ ,  $0,03\text{--}0,2 \text{ } \mu\text{T}$ ) oli 74 % suurempi todennäköisyys sairastua astmaan.

Magneettikenttävaikutuksen ja tunnettujen astman riskitekijöiden eli äidin astmataustan sekä syntymäjärjestyksen (ensimmäinen lapsi) välillä havaittiin tilastollisesti merkittävä synergistinen yhteisvaikutus. Tutkimusryhmän löydökset antoivat uusia epidemiologisia todisteita siitä, että magneettikenttäaltistus äidin raskauden aikana saattaa lisätä jälkeläisen astman riskiä.

Lähteet:

Li D-K, Chen H, Odouli R. Maternal Exposure to Magnetic Fields During Pregnancy in Relation to the Risk of Asthma in Offspring. Arch Pediatr Adolesc Med. 2011;165(10):945-950

Hakusanat:

magneettikentät, äidin altistus, raskaus, astma, kohorttitutkimus

---



Nro. 03

Päätoimittajan kommentti: Artikkelissa kerrotaan pilottitutkimuksesta, jossa kymmenen koehenkilöä altistui tunnin ajan 200  $\mu$ T:n, 60 Hz:n magneettikentälle, ja altistuksen vaikutuksia heidän verenkiertoonsa tutkittiin erilaisilla menetelmillä. Tutkijoiden mukaan tässä kokeessa käytetty magneettikenttä ei vaikuttanut läpivirtaukseen, sykkeeseen tai päävaltimoiden paineeseen. Jonkinlaisia havaintoja vaikutuksista tutkijat kuitenkin huomasivat, mutta ne voivat liittyä ehkä koejärjestelyyn tai muihin tekijöihin.

### ***Ihmisen verenkiertojärjestelmän vaste akuuttiin 200 $\mu$ T:n, 60 Hz:n magneettikenttäaltistukseen***

Tutkimusryhmän aiemmassa tutkimuksessa ei todettu pientaajuisille magneettikentille (1800  $\mu$ T:n, 60 Hz) altistumisen vaikuttavan ihmisen sykkeeseen, sykevaihteluun (HRV) ja veren läpivirtaukseen ihossa. Tutkimusryhmän toinen, rotilla tekemä tutkimus kuitenkin viittasi mikroverenkierron reagointiin 200  $\mu$ T:n:n ja 60 Hz:n magneettikenttäaltistukseen.

Tässä pilottitutkimuksessa tutkittiin tunnin kestävän 200  $\mu$ T:n ja 60 Hz:n magneettikentän vaikutuksia ihmisen verenkiertoon. Mikroverenkiertoa (veren läpivirtauksena ihossa) ja sykettä mitattiin Doppler-laservirtausmittarilla. Päävaltimoiden painetta seurattiin ulkopuolisella verenpainejärjestelmällä.

Kymmenen vapaaehtoista värvättiin osallistumaan tasapainotettuun, yksinkertaiseen sokkotutkimukseen, johon kuului kaksi eri päivinä suoritettua testausjaksoa (todellinen ja valealtistus). Jokaiseen testausjaksoon kuului neljä peräkkäistä mittausvaihetta, joiden välissä oli lepoa. Näin voitiin arvioida magneettikenttien kumulatiivisia ja jälkivaikutuksia.

Kohteen sisäinen varianssianalyysi ei paljastanut testausjaksojen mittaushetkillä yhteisvaikutuksia minkään parametrin (veren läpivirtaus ihossa, syke ja päävaltimoiden paine tai ihon pintalämpötila) kanssa, joka olisi voinut viitata magneettikenttävaikutukseen. Läpivirtaus, syke ja ihon pintalämpötila vähenivät kokeen aikana.

Tässä kokeessa käytetty magneettikenttä ei vaikuttanut läpivirtaukseen, sykkeeseen tai päävaltimoiden paineeseen. Läpivirtauksen ja sykkeen alenevat kehityssuunnat ajan myötä vastasivat tutkimusryhmän aiempia tuloksia ja vaikuttavat liittyvän toimettomuuteen (joka aiheuttaa kehon lämpötilan alenemista) yhdistettynä vähäisempiin fysiologisiin ärsykkeisiin.

Lähde:

McNamee D.A, Corbacio M, Weller J.K, Brown S, Stodilka R.Z, Prato F.S, Bureau Y, Thomas A.W, Legros A.G. The response of the human circulatory system to an acute 200- $\mu$ T, 60-Hz magnetic field exposure. Int Arch Occup Environ Health 2011; 84:267–277

Hakusanat:

magneettikenttä, 60 Hz, mikroverenkierto, syke, verenpaine

---



Nro. 04

Päätoimittajan kommentti: Tutkimuksen tavoite oli tutkia 60 Hz:n, 1800  $\mu$ T:n magneettikenttäältistuksen vaikutuksia ihmisen neurofysiologisiin ja neuromotorisiin tekijöihin (esim. seisomatasapaino, tahdonalainen motorinen toiminta ja fysiologinen vapina). Tutkijoiden mukaan tulokset osoittivat seisomatasapainon heikkenevän magneettikenttäältistuksessa sekä fysiologisen vapinan lisääntyvän taajuusalueella, johon on aikaisemmin liitetty keskushermostovaikutuksia. Muissa parametreissa ei esiintynyt altistukseen liittyviä vaikutuksia. Artikkelia lukiessa on hyvä ottaa huomioon, että käytetty altistus on varsin suuri verrattuna elinympäristössä esiintyviin altistuksiin.

## **60 Hz:n, 1800 $\mu$ T:n magneettikenttien neurofysiologiset ja käyttäytymisvaikutukset ihmiseen**

Ajallisesti muuttuvien magneettikenttien vaikutuksia ihmisiin on tutkittu aktiivisesti viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana. Kysymyksen selvittämisessä on käytetty erilaisia strategioita ja erilaisia fysiologisia, neurofysiologisia ja behavioraalisia (käyttäytymisvaikutuksia mittaavia) mittareita.

Esimerkiksi aivosähkötkutkimusta (EEG) hyödyntävät tutkijat ovat raportoineet, että pientaajuiset (< 300 Hz) magneettikentät voivat lisätä takaraivon alfarytmiä lepotilassa (8–12 Hz). Muissa tutkimuksissa on osoitettu, että pientaajuiset magneettikentät voivat muuttaa ihmisen motorista käyttäytymistä: esimerkiksi seisomatasapainon heikentyminen etutakasuunnassa tai fysiologisen vapinan voimakkuuden väheneminen ovat altistuksen raportoituja seurauksia.

Kuitenkin tämän tutkimusalueen päärajoite on ollut toistettujen tulosten puute, mikä mahdollisesti johtuu käytettyjen kokeellisten menettelytapojen suuresta määrästä. Tämän tutkimuksen tavoite oli siksi tutkia 60 Hz:n, 1800  $\mu$ T:n magneettikenttäältistuksen vaikutuksia ihmisen neurofysiologiseen (EEG) ja neuromotoriseen (seisomatasapaino, tahdonalainen motorinen toiminta ja fysiologinen vapina) puoleen käyttämällä yhtä ainoaa kokeellista menetelmää.

Tämän tutkimuksen tulokset osoittivat ihmisen seisomatasapainon olevan huonompi magneettikenttäältistuksessa kuin yleensä sekä fysiologisen vapinan lisääntyvän taajuusalueella, johon on liitetty keskushermostovaikutuksia. Muissa tutkimuksissa parametreissa (esim. EEG tai tahdonalainen kehon motorinen hallinta) ei esiintynyt altistuksen vaikutuksia.

Nämä tulokset viittaavat siihen, että tunnin 60 Hz:n, 1800  $\mu$ T:n magneettikenttäältistus saattaa muuttaa ihmisen autonomista (ei-tahdonalaista) kehon motorista hallintaa ilman, että sitä havaitaan kortikaalisessa aivosähkötoiminnassa.

Lähde:

Legros A, Corbacio M, Beuter A, Modolo J, Goulet D, Prato F.S, Thomas A.W. Neurophysiological and behavioral effects of a 60 Hz, 1,800  $\mu$ T magnetic field in humans. Eur J Appl Physiol (published online 2011).

Hakusanat:

ajallisesti muuttuva magneettikenttä, 60 Hz, ihminen, aivosähkötkutkimus, vapina, seisomatasapaino

---



Nro. 05

Päätoimittajan kommentti: Artikkelissa kerrotaan tapaus-verrokkitutkimuksesta, joka sisälsi kaikki akuuttiin lymfaattiseen leukemiaan (ALL) sairastuneet lapset kahdeksasta mukana olleesta sairaalasta Brasiliasta. Tutkijoiden mukaan tulokset olivat yhteneviä muiden vastaavanlaisten tutkimuksien kanssa, mutta tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan antaneet tukea magneettikenttien ja lapsuusiän leukemian väliselle yhteydelle.

### ***Magneettikentille altistuminen ja lapsuusiän akuutti lymfaattinen leukemia São Paulossa Brasiliassa***

Epidemiologisissa tutkimuksissa on havaittu lisääntynyt leukemiariski lapsilla, jotka asuvat lähellä voimajohtoja ja altistuvat melko voimakkaille magneettikentille. Tulokset ovat olleet huomattavan yhdenmukaisia, mutta riskin kasvulle ei ole vielä löydetty selitystä. Tässä tutkimuksessa arvioitiin 60 Hz:n magneettikenttien vaikutusta akuuttiin lymfaattiseen leukemiaan (ALL) São Paulossa Brasiliassa.

Tähän tapaus-verrokkitutkimukseen oli sisällytetty kahdeksasta mukana olleesta sairaalasta kaikki ALL-tapaukset (162) tammikuun 2003 ja helmikuun 2009 välillä. Verrokkit (565) oli valittu tapauskohtaisesti sukupuolen, iän ja syntymäkaupungin mukaan São Paulon syntymärekkisteristä. Pientaajuisille magneettikentille altistumista arvioitiin kodeissa tehtyjen mittausten ja voimajohtojen etäisyyden perusteella.

Kahdenkymmenen tunnin mittaukset lastenhuoneissa eivät osoittaneet kasvanutta ALL-riskiä pientaajuisien magneettikenttien ollessa vähintään 0,3  $\mu$ T verrattuna alle 0,1  $\mu$ T:n altistukseen [vetosuhte (OR) oli 1,09]. Kun huomioitiin ainoastaan yölliset mittaukset, OR oli 1,52. Korkeintaan 200 metrin etäisyydellä voimajohdoista asuvilla lapsilla oli suurempi ALL-riski kuin vähintään 600 metrin etäisyydellä voimajohdoista asuvilla lapsilla (OR 1,67). 50 metrin sisällä voimajohdoista asuvilla OR oli 3,57.

Vaikka tutkimustulokset olivat yhteneviä muissa pientaajuisia magneettikenttiä ja lasten leukemiaa käsittelevissä tutkimuksissa raportoitujen pienten riskien kanssa, tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan antaneet tukea magneettikenttien ja lapsuusiän leukemian väliselle yhteydelle. Pienet lukumäärät ja todennäköiset harhat heikensivät lopputulosta.

Lähde:

Wünsch-Filho V, Pelissari D.M, Barbieri F.E, Sant'Anna L, de Oliveira C.T, de Mata J.F, Tone L.G, de M. Lee M.L, de Andréa M.L.M, Bruniera P, Epelman S, Filho O.V, Kheifets L. Exposure to magnetic fields and childhood acute lymphocytic leukemia in São Paulo, Brazil. *Cancer Epidemiology* 2011; 35: 534–539

Hakusanat:

sähkömagneettiset kentät, akuutti lymfaattinen leukemia, lapset, tapaus-verrokkitutkimus, Brasilia

---



Nro. 06

Päätöimittajan kommentti: Tutkimuksessa kartoitettiin 110 kV:n voimajohtojen aiheuttamia sähkömagneettisia kenttiä Kiinassa. Tutkijat mittasivat sekä sähkö- että magneettikenttiä. He totesivat, että rakennusten seinät ja katot pystyivät jonkin verran suojaamaan lähellä olevien voimajohtojen aiheuttamalta sähkökenttäaltistukselta. Tutkijat myös totesivat, että johtojen rakenteella voidaan pienentää altistusta, ja se olisi hyvä ottaa huomioon ihmisten terveyden kannalta.

## **110 kV:n voimajohtojen aiheuttamien sähkö- ja magneettikenttien seurantatulokset Chongqingin kaupungissa Kiinassa**

Tutkimusryhmä selvitti mittaamalla 110 kV:n voimajohtojen sähkö- ja magneettikenttien voimakkuuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä Chongqingin kaupungin alueella. Tutkimuksessa valittiin alan standardien mukaan määritetyllä menetelmällä tietyt voimajohtojen lähellä olevat asuintalot, suurjännitteiset voimajohdot tietyin tien varrelta ja seurantapisteitä eri etäisyyksiltä. Kaikista pisteistä mitattiin sähkö- ja magneettikentät.

Tässä tutkimuksessa jokaisen seurantapisteen sähkökentän ja magneettikentän voimakkuudet taajuusalueella 5–1000 Hz olivat alhaisemmat kuin kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn toimikunnan ICNIRP:n määrittämät väestöaltistuksen rajat. Sähkökentän voimakkuus oli kuitenkin merkittävästi suurempi suurjännitteisten voimajohtojen vieressä olevien rakennusten katoilla kuin mitä samojen rakennusten muista kerroksista mitattiin.

Sähkö- ja magneettikenttien mittaukset eri seurantapisteissä samojen voimajohtojen läheisyydessä osoittivat, että lähempänä voimajohtoa sijaitsevassa mittauspisteessä kenttätasot olivat huomattavasti korkeampia kuin kauempana olevissa pisteissä. Voimajohtojen aiheuttamat sähkö- ja magneettikentät vähenivät suhteessa voimajohtojen etäisyyteen.

Rakennusten seinät ja katot pystyivät jonkin verran suojaamaan lähellä olevien suurjännitteisten voimajohtojen muodostamilta sähkökentiltä. Tutkimuksessa todettiin myös, että johtojen rakenne saattoi alentaa tai vahvistaa sähkö- ja magneettikenttien voimakkuutta voimajohtojen lähellä.

Lähde:

Qin Q-z, Chen Y, Fu T-t, Ding L, Han L-l, Li J-c. The monitoring results of electromagnetic radiation of 110-kV high-voltage lines in one urban location in Chongqing P.R. China. Environ Monit Assess (published online 2011).

Hakusanat:

110 kV:n voimajohdot, sähkömagneettinen säteily, sähkökentät, magneettikentät, seurantatulokset

---



Nro. 07

Päätoimittajan kommentti: Artikkelissa tarkastellaan viimeaikaisia yhteisanalyysijä lapsuusiän leukemiariskin ja aivokasvainriskin osalta. Kirjoittajan mukaan arvio, että pientaajuiset magneettikentät ovat mahdollisesti karsinogeenisiä ja voivat aiheuttaa lapsuusiän leukemiaa, on edelleen voimassa. Toiveena on, että uudet käynnissä olevat tutkimukset toisivat aiheeseen tarvittavaa lisätietoa.

## ***Altistuminen pientaajuisille magneettikentille ja lapsuusiän syöpäriski: tilannekatsaus epidemiologisiin tutkimuksiin***

Tieteessä vallitsee jatkuva erimielisyys siitä, onko pientaajuisille magneettikentille altistumisen ja lapsuusiän leukemiariskin välillä epidemiologisissa tutkimuksissa havaittu yhteys kausaalinen vai johtuuko se näiden tutkimusten metodologisista puutteista. Schüz tarkasteli viimeaikaisia yhteisanalyysijä lapsuusiän leukemiariskin ja aivokasvainriskin osalta.

Viimeaikaiset yhteisanalyysit vahvistivat aiempien tutkimusten tuloksia, eli niissä havaittiin lapsuusiän leukemiariskin lähes kaksinkertaistuvan magneettikenttäaltistuksen ollessa vähintään 0,4  $\mu$ T. Ne myös osoittavat eri maissa, eri rakenteella, eri altistusmittausmenetelmillä ja eri sähkönsiirto- ja -jakelujärjestelmillä tehtyjen tutkimusten olevan yhteneviä.

Toisaalta tuoreet meta-analyysit lapsuusiän aivokasvaimista antoivat vain vähän todisteita yhteydestä pientaajuisiin magneettikenttiin – edes 0,4  $\mu$ T:n tai sitä suuremmilla altistuksilla. Ne kuitenkin toimivat kiinnostavana vertailukohtana lapsuusiän leukemiatulosten tulkinnessa: joko yhteys liittyy vain leukemiaan tai sitten erilaiset tutkimuksen asetelut estävät tutkimusharjojen vertailun.

Arvio siitä, että pientaajuiset magneettikentät ovat mahdollisesti karsinogeenisiä ja voivat aiheuttaa lapsuusiän leukemiaa, pysyi kuitenkin edelleen voimassa. Tämänhetkinen paras arvio on, että jos magneettikenttäaltistuksen (sisällä ja ulkona tapahtuvan) ja lapsuusiän leukemian välillä on olemassa kausaalinen yhteys, se selittäisi noin prosentin lapsuusiän leukemiatapauksista Euroopassa ja 3 % Pohjois-Amerikassa.

Schüz toivoi, että meneillään olevat tutkimukset – lähinnä kokeelliset ja muutama uusi epidemiologinen tutkimus – toisivat uutta tietoa tälle tutkimusalueelle, josta ei ole vielä saatu vakuuttavia tuloksia.

Lähde:

Schüz J. Exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer: Update of the epidemiological evidence. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 2011; 107: 339–342

Hakusanat:

lapsuusiän leukemia, lapsuusiän aivokasvain, sähkömagneettiset kentät, haittavaikutukset, voimajohdot, epidemiologia

---



Nro. 08

Päätoimittajan kommentti: Tutkijat tekivät puhelinhaastattelun taiwanilaisille (1251) selvittääkseen erilaisten ympäristötekijöiden aiheuttamien riskien havaitsemista ja niiden vaikutuksia terveyteen ja hyvinvointiin. Tutkijoiden mukaan psyykkisesti sairailta sähköliherkkyyden raportointi oli jopa kaksi kertaa todennäköisempää kuin muilla.

## ***Itseraportoidun sähköliherkkyyden esiintyminen ja yhteys psyykkisiin sairauksiin Taiwanissa: väestöpohjainen tutkimus***

Monissa tutkimuksissa on ollut viitteitä psyykkisten tekijöiden osuudesta idiopaattisten ympäristösairauksien synnyssä, mutta vain muutamissa tutkimuksissa on raportoitu psyykkistä sairastuvuutta sähköliherkkien henkilöiden joukossa. Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena arvioida aikuisväestön sairastuvuutta itseraportoituun sähköliherkkyyteen Taiwanissa ja tunnistaa sähköliherkkyyteen liittyviä ominaispiirteitä sekä psyykkisiä sairauksia.

Yhteensä 1251 Taiwanin valtakunnallisesta tietokoneavusteisesta puhelinhaastattelujärjestelmästä valittua aikuista osallistui puhelintutkimukseen, jossa selvitettiin erilaisten ympäristötekijöiden aiheuttamien riskien havaitsemista ja näiden vaikutusta terveyteen ja hyvinvointiin. Puhelinhaastattelua seurasi vielä postitettu kyselylomake.

Itseraportoituun sähköliherkkyyteen sairastuneiden henkilöiden arvioitu määrä oli 13,3 %. Yli 65-vuotiailla oli alhaisempi riski raportoida yliherkkyydestä sähkömagneettisille kentille. Henkilöillä, jotka raportoivat itse erittäin huonosta terveydentilasta tai heikentyneestä päivittäisestä toimintakyvystä, työkyvyttömillä ja psyykkisesti sairastuneilla oli puolestaan suurempi sähköliherkkyyden riski.

Sähköliherkkyyden sairastaminen oli yleisempää Taiwanin väestössä kuin mitä länsimaissa on raportoitu. Sähköliherkkyysoireiden on joissain tutkimuksissa osoitettu liittyvän sosiaaliseen ympäristöön. Taiwanissa on panostettu langattomiin verkkoyhteyksiin, joten tukiasemat ovat yleistyneet nopeasti kaupungeissa, mikä saattaisi selittää sähköliherkkyyden yleisyyttä.

Psyykkisesti sairailta sähköliherkkyyden raportointi oli jopa kaksi kertaa todennäköisempää kuin muilla. Tutkimuksen rakenne esti kausaalisten päätelmien teon kaikkien tunnettujen korrelaattien ja sähköliherkkyyden välillä, esimerkiksi riskitekijöiden (psyykinen sairaus, työkyvyttömyys, itseraportoitu terveydentila) ajallisesta suhteesta sähköliherkkyyteen.

Lähde:

Tseng M-C.M, Lin Y-P, Cheng T-J. Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: A population-based study. *Journal of the Formosan Medical Association* 2011;110: 634–641

Hakusanat:

yliherkkyyys sähkömagneettisille kentille, sähköliherkkyyys, epidemiologia, psyykinen sairastuvuus, riskin havainnointi

---



Nro. 09

Päätoimittajan kommentti: Artikkelissa on kerrottu kaksoissokkotutkimuksesta, jossa selvitettiin magneettikenttäaltistuksen vaikutusta sykkeeseen, hengitysnopeuteen ja sykevaihteluun. Myös osallistujien subjektiivisia oireita kysyttiin. Tutkimusryhmä päätteli tuloksistaan, että subjektiiviset oireet eivät aiheutuneet 60 Hz:n, 12,5  $\mu$ T:n magneettikenttäaltistuksesta vaan muista epäfysiologisista tekijöistä.

## **Aiheuttaako 60 Hz:n magneettikenttä sähköliherkkyttä? – Provokaatiotutkimus**

Sähkölaitteiden käytön lisääntymisen myötä yhteiskunnallinen kiinnostus 60 Hz:n sähkö- ja magneettikenttien mahdollisiin vaikutuksiin ihmisen terveyteen on kasvanut. Myös sellaisten henkilöiden määrä on lisääntynyt, joilla on itseraportoitu yliherkkyys sähkömagneettisille kentille ja jotka valittavat erilaisista subjektiivisista oireista kuten päänsärystä ja unettomuudesta. On kuitenkin epäselvää, aiheutuuko sähköliherkkyys fysiologisista vai muista syistä.

Tutkimusryhmä tutki tässä kaksoissokkotutkimuksessa, vaikuttavatko magneettikentät sykkeeseen, hengitysnopeuteen ja sykevaihteluun. He myös kysyivät osallistujilta subjektiivisista oireista ja magneettikenttien havaitsemisesta saadakseen määritettyä subjektiivisten oireiden aiheuttajia. Kahta vapaaehtoisryhmää, joihin kuului 15 itseraportoitua sähköliherkkää ja 16 ei-sähköliherkkää yksilöä, testattiin todellisella ja valealtistuksella magneettikentille (60 Hz, 12,5  $\mu$ T) 30 minuutin ajan.

Magneettikenttäaltistuksella ei todettu olevan vaikutusta edellä mainittuihin fysiologisiin parametreihin tai määritettyyn kahdeksaan subjektiiviseen oireeseen (sykintä, kutina, lämpö, väsymys, päänsärky, huimaus, pahoinvointi ja sydämentykytys) kummassakaan ryhmässä.

Myöskään siitä ei saatu todisteita, että sähköliherkkä ryhmä olisi havainnut magneettikentän paremmin kuin ei-sähköliherkkä ryhmä. Suurempi osa sähköliherkistä raportoi magneettikenttähavainnoja kuin ei-sähköliherkistä, mutta he tekivät sitä myös ennen altistusta ja sen jälkeen.

Koska tutkimuksessa tutkittiin yhtä aikaa fysiologisia muutoksia, subjektiivisia oireita ja magneettikenttien havaitsemista ja harhojen osuus oli saatu minimoitua, tutkimusryhmä pystyi luotettavasti päättelemään, että subjektiiviset oireet eivät aiheutuneet 60 Hz:n, 12,5  $\mu$ T:n magneettikenttäaltistuksesta vaan muista epäfysiologisista tekijöistä.

Lähde:

Kim D.W, Choi J.L, Nam K.C, Yang D.I, Kwon M.K. Origins of Electromagnetic Hypersensitivity to 60 Hz Magnetic Fields: A Provocation Study. Bioelectromagnetics, (published online 2011).

Hakusanat:

60 Hz, sähköliherkkyys, fysiologiset muutokset, subjektiiviset oireet, havainnointi

---



Nro. 10

Päätoimittajan kommentti: Tutkimusryhmä on arvioinut työperäisen magneettikentille altistumisen ja motoneuronitautien väistä yhteyttä. Johtopäätöksenä tutkimusryhmä suosittelee, että tuleviksi tutkimuskohteiksi valitaan työperäisen magneettikenttäältistuksen sijaan muunlaista altistusta, kuten sähköiskuja ja kosketusvirtoja, tutkittaessa ALS (amyotrofinen lateraaliskleroosi) -taudin kohonnutta riskiä tietyissä sähköalan ammateissa.

## ***Työperäisen magneettikenttäältistuksen arviointi ja motoneuronitautikuolleisuus***

Epidemiologiset todisteet sähkömagneettisten kenttien ja ALS-taudin, yleisimmän motoneuronitaudin, välisestä yhteydestä eivät ole olleet vakuuttavia. Tutkimusryhmä arvioi sähkömagneettisten kenttien ja motoneuronitautien välistä yhteyttä ammateissa, joissa mahdollisesti altistutaan magneettikentille.

Kuolleisuutta motoneuronitauteihin tutkittiin Yhdysvaltojen väestön pitkäaikaisesta kuolinsyytutkimuksesta (National Longitudinal Mortality Study) saatavien tietojen avulla käyttäen monimuuttujaisia suhteellisia riskimalleja. Työperäinen altistus magneettikentille määritettiin populaatiopohjaisen työaltistusmatriisin perusteella haastattelujen ja työtehtävien luokittelun perusteella. Ikä, koulutus, rotu, sukupuoli ja tulot otettiin huomioon mahdollisina vääristävinä tekijöinä.

Kun ikä, sukupuoli ja koulutus oli huomioitu analyysissä, lisääntyntä riskiä kuolla motoneuronitauteihin ei havaittu suhteessa mahdolliseen magneettikenttäältistukseen. Riskisuhteet olivat nollan tienoilla kaikissa magneettikenttäältistuksen luokissa. Tutkimuksessa ei saatu todisteita yhteydestä magneettikentille altistumisen ja motoneuronitautikuolleisuuden välillä.

Tämän tutkimuksen puutteita olivat altistuksen määrittäminen työtehtävien luokittelun perusteella eikä mittaamalla sekä tulosten määrittäminen kuolleisuuden eikä sairastuvuuden perusteella. Myöskään tupakoinnin ja ruokavalion tapaisia mahdollisia vääristäviä tekijöitä ei pystytty huomioimaan, mutta niillä ei uskottu olevan vaikutusta tulokseen.

Tutkimuksen vahvuuksia puolestaan olivat Yhdysvaltojen väestöä hyvin edustava näytejoukko, mikä mahdollisti tulosten laajan yleistettävyyden. Lisäksi tieto ammatista oli tallennettu jo ennen sairastumista eikä esim. jälkikäteen muiden ihmisten muistikuvien perusteella, mikä paransi tiedon luotettavuutta

Tutkimusryhmä suosittelee tulevaisuudessa tutkittavaksi, miten muunlainen työperäinen altistus, kuten sähköiskut ja kosketusvirrat, mahdollisesti vaikuttaa riskiin sairastua ALS-tautiin tietyissä sähköalan ammateissa.

Lähde:

Parlett L.E, Bowman J.D, van Wijngaarden E. Evaluation of Occupational Exposure to Magnetic Fields and Motor Neuron Disease Mortality in a Population-Based Cohort. J Occup Environ Med. 2011;53:1447-51.

Hakusanat:

magneettikentät, työperäinen altistus, ALS-tauti, motoneuronitaudit, kuolleisuus, kohorttitutkimus

---



Nro. 11

Päätoimittajan kommentti: Artikkeliki kertoo tutkimuksesta, jossa on arvioitu, miten hyvin numeerisia menetelmiä voidaan käyttää sähkökenttäaltistuksen arviointiin. Tulokset ovat varsin hyviä ja menetelmä sopii altistuksen arviointiin.

## ***Numeerisen menetelmän arviointi jännitteellisillä voimajohtoilla työskentelevien sähkökenttäaltistuksen analyysissä***

Sähköyhtiöt haluavat välttää katkokset sähkönjakelussa, joten huoltotöitä joudutaan tekemään myös jännitteellisillä voimajohtoilla. Työntekijät altistuvat tällöin verkkotaajuisille sähkö- ja magneettikentille, joita täytyy pystyä analysoimaan työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden takaamiseksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida erästä yksinkertaistettua numeerista menetelmää, jota voidaan käyttää voimajohtotöihin liittyvän sähkökenttäaltistuksen analysoimiseen.

Tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan eristävää sauvaa hyödyntävää jännitetyötä. Sähkökentän laskennalliselle arvioinnille on käytännön tarve, sillä sähkökentän mittaukset voimajohtopylväillä ovat teknisesti haastavia ja kuitenkin EU:n määrittämiä toiminta-arvojen rajoja tulisi noudattaa. Laskelmissa hyödynnettiin tutkijan omia ohjelmistoja.

Tutkimuksessa testattiin myös geometrialtaan yksinkertaistettua ihmisvartalomallia, jota käytettiin jännitteellisellä voimajohtolla työskentelevän ympärillä olevan sähkökentän arviointiin. Tähän tarkoitukseen käytettiin tarkemman numeerisen menetelmän antamia tuloksia, laboratoriomittauksia sekä voimajohton pylväältä tehtyjä mittauksia.

Tutkija todisti käyttämänsä numeerisen menetelmän tehokkuuden laskemalla sähkökentän jakautumisen 400 kV:n voimajohton pylväällä. Tutkimusta varten tuotetun yksinkertaistetun pylväsmallin avulla laskettuja arvoja verrattiin 400 kV:n voimajohton pylväällä mitattuihin arvoihin. Tulokset olivat riittävän yhteneviä, jotta tutkittua laskennallista menetelmää voidaan pitää tehokkaana keinona jännitteellisellä voimajohtolla työskentelevän sähkökenttäaltistuksen ensimmäiseen arviointiin. Samoin yksinkertaistettua ihmisvartalomallia voidaan hyödyntää ulkoisten sähkökenttien ihmisvartaloon indusoimien sähkövirtojen arvioinnissa.

Lähde: Krajewski W. Validation of a Numerical Approach to the Analysis of a Live-Line Worker Exposure to the Electric Field. Progress In Electromagnetics Research, 2011; 119: 315–333.

Hakusanat:

sähkökentän laskenta, jännitetyö, sähkökenttäaltistus

---

Tekijät:

Päätoimittaja: Leena Korpinen

Toimitusassistentti: Sonator Oy

Tekninen ja graafinen toteutus: Zento Oy

Tilannekatsauksen rahoittaa Fingrid Oyj. Työ- ja elinkeinoministeriö osallistuu johtoryhmätyöskentelyyn.

Seuraava tilannekatsaus julkaistaan kesällä 2012

Arkiston löydät osoitteesta [www.leenakorpinen.fi](http://www.leenakorpinen.fi)

Tampereen teknillinen yliopisto. Energia- ja prosessitekniikan laitos.

Tilannekatsaus ISSN 1799-4594