Magneettisilta häiriöiltä suojautuminen

SSTY ajankohtaispäivä 2019

Eero Ajosenpää 7.11.2019

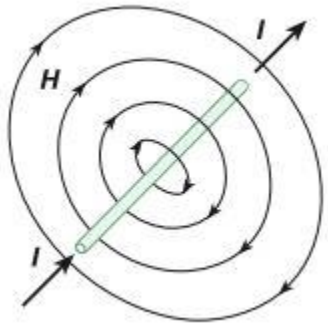
Granlund

Sisältö

- Yleistä
- Magneettikenttälähteet
- EMC ja häiriöiden torjunta
- MRI
- Kenttien arvoja
- Standardit ja sallitut arvot
- Magneettikenttien vaimennus
- Case: HUS Siltasairaala

Yleistä

- Magneettikenttiä esiintyy kaikissa sähköistetyissä ympäristöissä
- Virrallinen johdin synnyttää ympärilleen magneettikentän
- Magneettikentän suuruutta kuvataan joko magneettivuon tiheydellä (B) tai magneettikentän voimakkuudella (H)



- Vuon tiheyden arvoja mitataan yksikössä tesla (T) ja magneettikentän voimakkuuden arvoja yksikössä ampeeri per metri (A/m)

$$B=\mu H$$

Yleistä

- Käytännössä esimerkiksi sähköjohtimien aiheuttama magneettivuo kiinteistöissä vaimenee epälineaarisesti johtuen mm. rakenteiden raudoitusten vaikutuksesta ja voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.
  - Raudoituksen vaikutus vähäistä

Yleistä

- Magneettikentät ovat voimakkaimmillaan kiinteistön pääsähkötilojen läheisyydessä.
- Lääkintätiloissa käytetään runsaasti potilaan elintoimintoja rekisteröiviä elektronisia mittalaitteita. Osa näistä laitteista on äärimmäisen herkkiä ulkoisen magneettikentän vaikutukselle.
- Sähkömagneettisten häiriöiden ehkäisemiseen kiinnitettävä erityistä huomiota

Magneettikenttien tutkimus

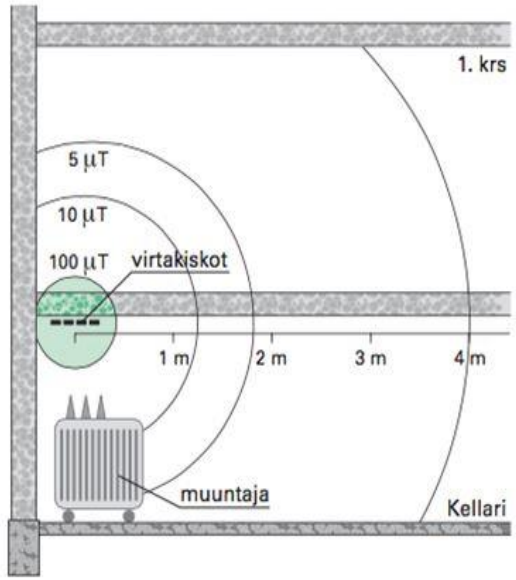
- Nykyään magneettikenttiä tutkittu paljon ja käyttötaajuisista magneettikentistä rakennuksen eri osissa on saatu hyvä tuntuma
- Laitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) on myös tutkittu paljon ja herkimmille laitteille on määritetty tarkkoja raja-arvoja
- Huomioitavaa suunnitteluvaiheessa:
    - Ihmisten ja/tai laitteiden sallimat magneettivuontiheydet
    - Suunniteltavan kohteen magneettiset olosuhteet – lähteiden tunnistus
    - Mahdolliset suojaustavat

Magneettikenttälähteet (1/4)



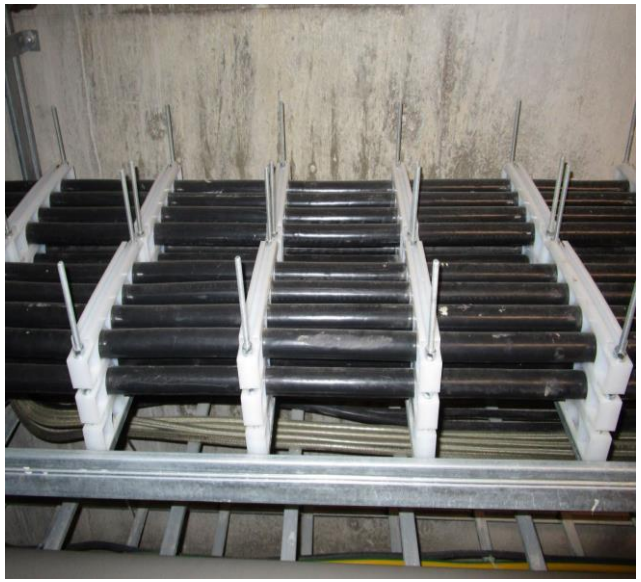
- Kiinteistön jakelumuuntajat:
- Merkittävimpiä altistus- ja häiriölähteitä
- Suurimmat magneettivuontiheydet muuntajan ja kiskosillan välisen liitoksen lähellä

Magneettikenttälähteet (2/4)



- Kisko- ja kaapelisillat:
- Magneettivuon suuruuteen vaikuttaa
- Virran suuruus
- Kiskojen rakenne ja mitat
- Tyypillisesti 1m korkeudella yläpuolisessa tilassa 2-10 µT, kun kiskoston I=1000A

Magneettikenttälähteet (3/4)



- Suurivirtaiset kaapelit:
- Magneettivuon suuruus riippuu
- Kuormitusvirrasta ja sen jakautumisesta
- Tarkasteluetäisyydestä
- Kaapeleiden sijoitusgeometriasta

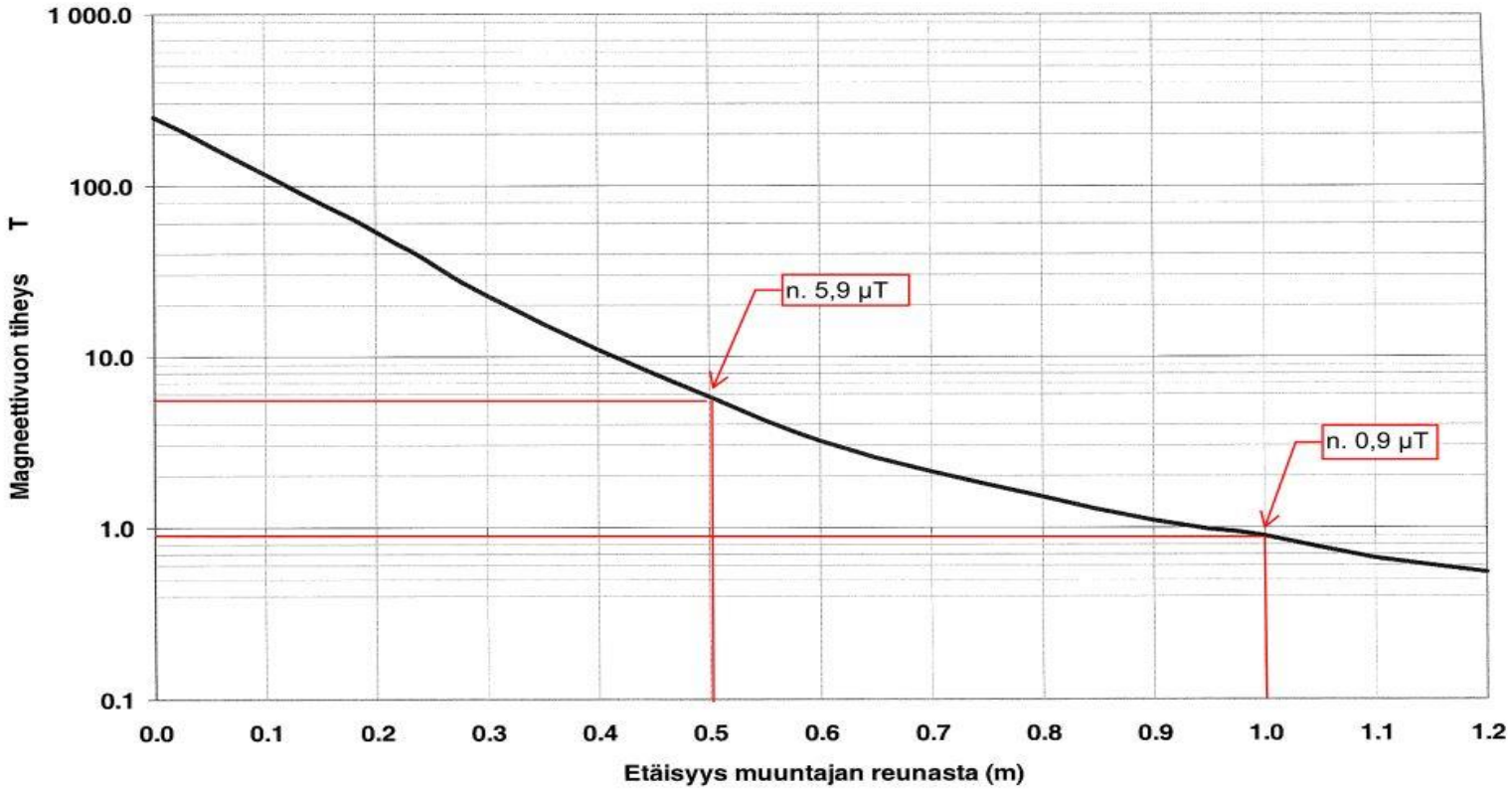
Magneettikenttälähteet (4/4)



- Sähkökeskukset:
- Varsinkin pääkeskustilan laitteet saattavat tuottaa merkittävän magneettikentän
- Suurimmat vuontiheydet muuntajalta tulevan kiskosillan ja kokoojakiskojen liitoskohdissa

- Lääkintäsuojaerotusmuuntajat:
- Yksittäin ei suuri ongelma, ryhmänä saattaa aiheuttaa ongelmia

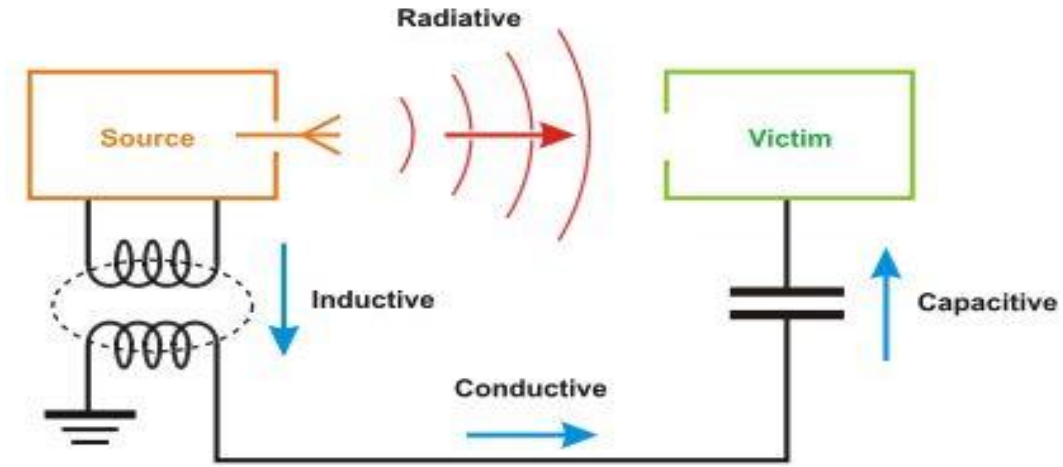
LÄÄKINTÄSUOJAEROTUSMUUNTAJAN 1-vaiheinen (7,5 kVA), magneettikenttä



EMC

Sähkömagneettinen yhteensopivuus

- Laitteiden ja järjestelmien kyky toimia niille aiotussa ympäristössä liikaa toisiaan häiritsemättä.

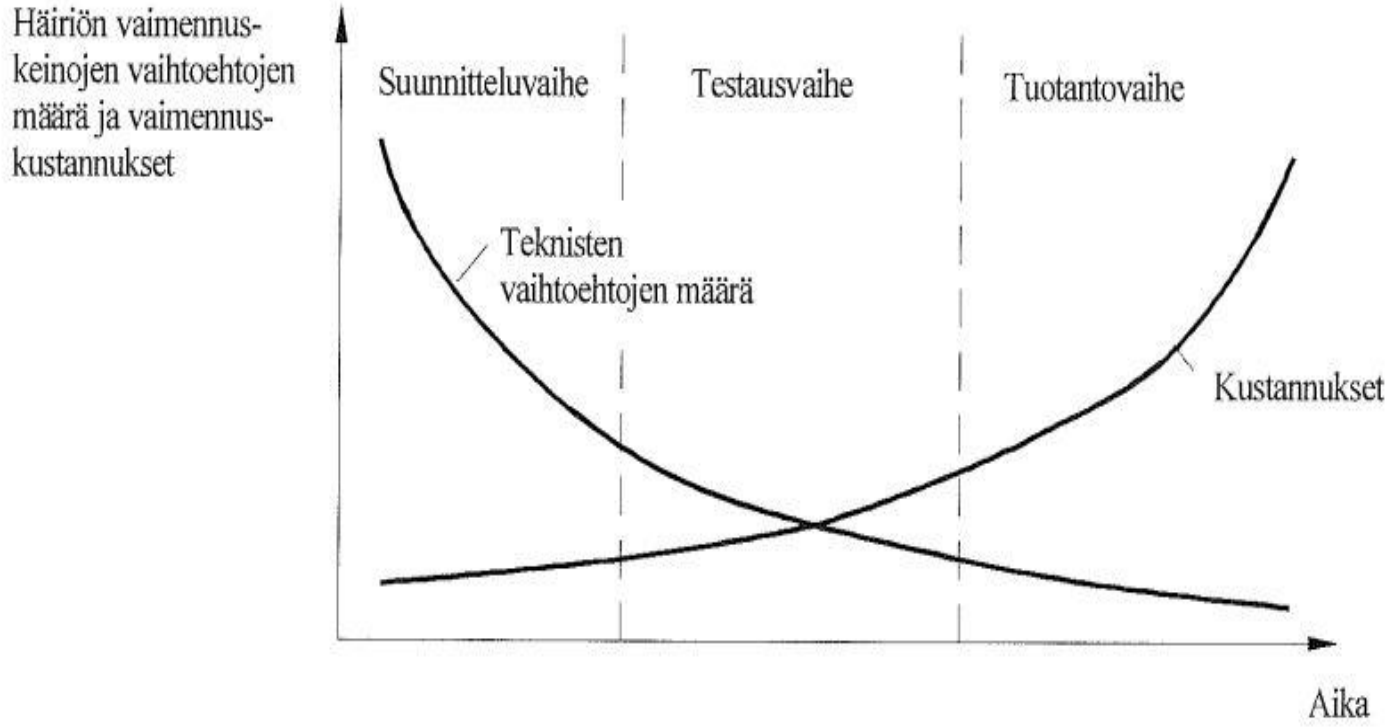


EMC

- Järjestelmä täyttää EMC:n määritelmän, kun
  - Se ei häiritse muita laitteita/järjestelmiä
  - Se ei häiriinny muista laitteista/järjestelmistä
  - Se ei häiritse itse itseään
- Häiriöketju
  - Minkä tahansa osan poistaminen ketjusta poistaa häiriöongelman



Häiriöiden torjunta



Häiriöiden torjunta

- Häiriölähteen poistaminen
  - Suunnitteluvaiheessa muuntamon ja pääkeskustilan sijoittaminen mahdollisimman kauaksi häiriöalttiista tiloista
  - Kaapelireittien suunnittelu



Häiriöiden torjunta

- Välittäjänä toimivan magneettikentän estäminen
  - Kotelointi
  - Tilakohtaiset suojaukset
  - Häiriösuodattimien käyttö



Häiriöiden torjunta

- Häirittävän laitteen suojaaminen
  - Etäisyyden kasvattaminen
  - Kotelointi
  - Laitesuunnittelu
  - Vanhojen laitteiden uusiminen



MRI (staattinen kenttä)

- Kuvan tuottaminen vaatii riittävän voimakasta ja tasaista kenttää
  - Kentän voimakkuus 0,2 – 3 T (7T)
  - Tasaisuuden oltava $1:10^6$
  - Etäisyys liikenteeseen > 15m
  - Etäisyys hisseihin > 10m



Mitattuja magneettikenttiä

Suuruusluokkia

Paikka tai laite	Magneettivuon tiheys
Maapallon magneettikenttä	50µT (DC-kenttä)
Toimistoympäristö yleensä	< 0,1 µT
Tulostin	0,02 - 1,0 µT
Näyttöpääte / 0,5m	0,16 µT
Kopiokone	0,1 - 0,7 µT
Omakotitalon huoneet	0,02 - 0,09 µT (lisätty sähkölaitteiden käyttö 0,02 - 0,52 µT)
Kerrostalohuoneiston huoneet	0,02 - 0,03 µT (lisätty sähkölaitteiden käyttö 0,02 - 0,25 µT)
Televisio 24" / 0,5m	0,37 µT
Leivänpaahdin	0,33 µT
Sähköparranajokone (pinnassa)	< 100 µT
Jakelumuuntaja	< 10 µT (yläpuolisessa tilassa 1m korkeudella 2-10 µT)
Pääkeskus	< 20 µT
Ryhmäkeskukset	< 5 µT
Avojohto 20 kV alla	3 µT
Avojohto 200 kV alla	7 µT
Sähkömoottori	10 - 100 µT
Magneettikuvauslaite	300 000 µT (DC-kenttä)
Valokaarihitsaus	10 - 10 000 µT
Hitsaus 20...280 A	5 - 350 µT

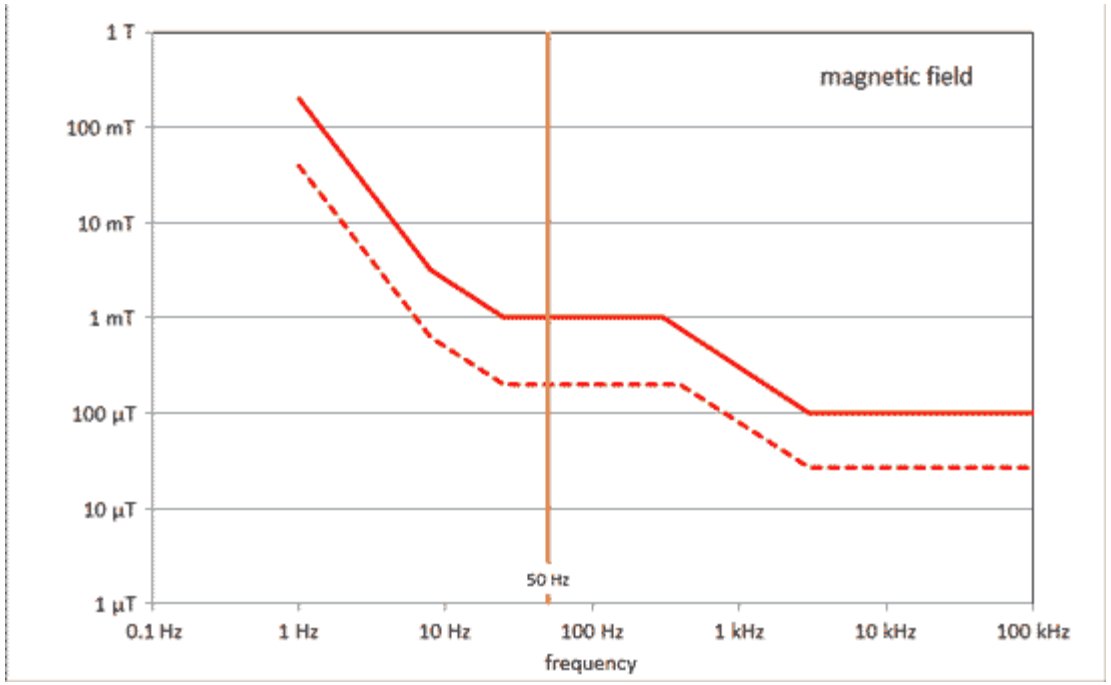
Standardit

- Biosähköisille mittauksille sallitut kentän voimakkuudet (SFS 6000-7-710)
  - Sydänsähkökäyrä, EKG B=0,14 μT_{rms}
  - Aivosähkökäyrä, EEG B=0,07 μT_{rms}
  - Lihassähkökäyrä, EMG B=0,04 μT_{rms}
  - Lääkintälaitteita käsitellään mm. standardeissa:
    - SFS-EN 60601-1 (yleiset turvallisuusvaatimukset)
    - SFS-EN 60601-1-2 (lääkintälaitteiden EMC)
    - SFS-EN 6000-7-710 (lääkintätilojen asennusstandardi)

Ihmisen altistumisrajoja magneettikentille (ICNIRP 2009)

- 50 Hz:n taajuudella
  - 1000 µT (kontrolloidut työolot)
  - 200 µT (normaalit työolot)

- Staattiset kentät (MRI)
  - 8000 µT (kontrolloidut työolot)
  - 2000 µT (normaalit työolot)



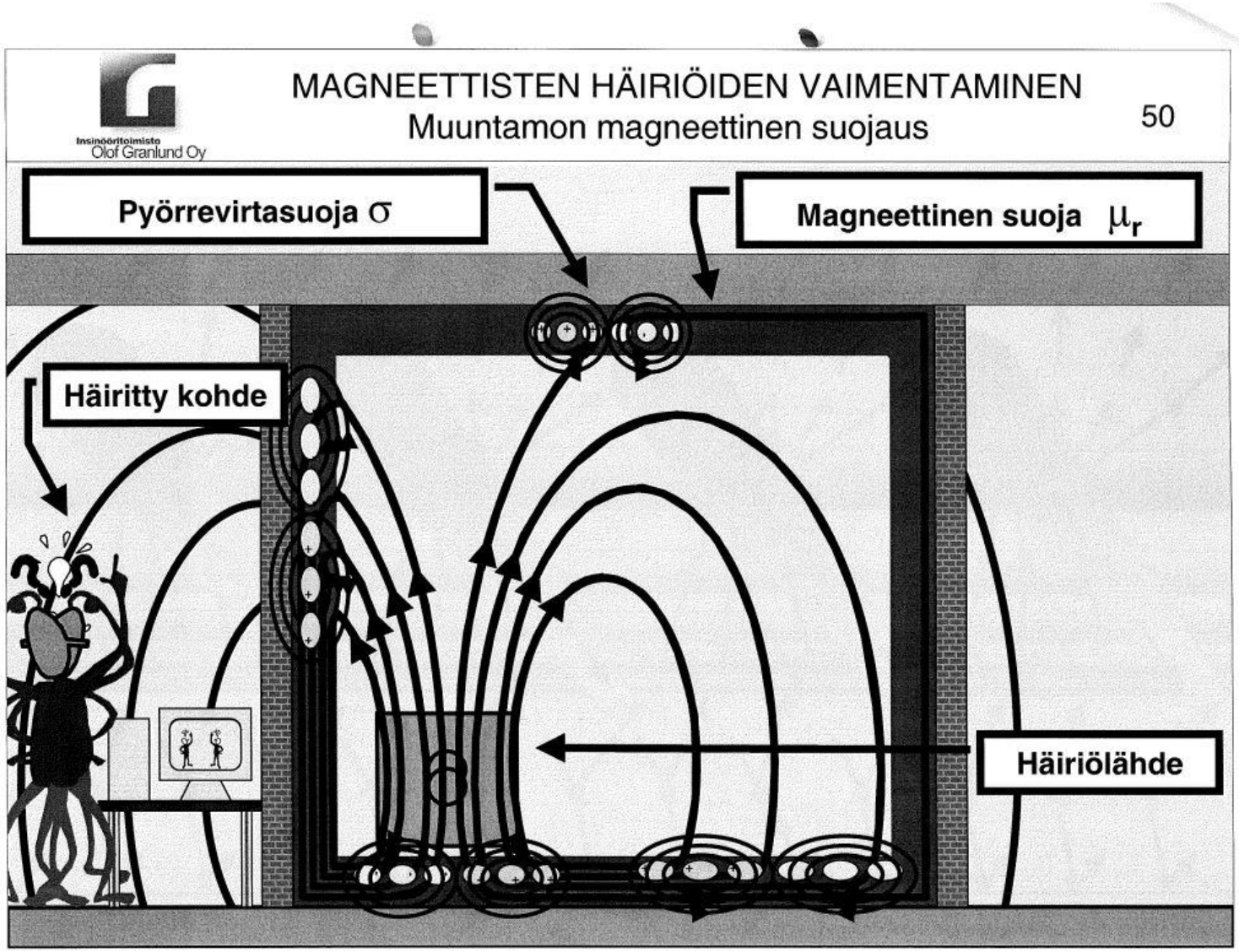
Magneettikenttien vaimennus

- Edullisin tapa vaimentaa magneettikenttiä häiriöherkässä tilassa on kasvattaa etäisyyttä lähteisiin jo suunnitteluvaiheessa
- Vaiheiden symmetrisyys
  - Vaihesymmetria (kuormitus)
  - Eri vaiheiden ollessa mahdollisimman lähekkäin, ne kumoavat toisiaan
  - Suurivirtaiset yksijohdinkaapelit sijoitettuna tasasivuisen kolmion kärkiin tuottaa n. 30% pienemmän kentän verrattuna vaakatasoon sijoitettuihin kaapeleihin

Magneettikenttien vaimennus

- Pääsähkötilojen tai häiriöherkän tilan suojaus levytyksin
  - 2+2mm ARMCO-rauta (hiilipitoisuus <0,01%)
  - 5mm alumiinilevy Al 99,99 %
- Kompaktikiskosillat
  - Tuottaa erittäin alhaisen magneettikentän

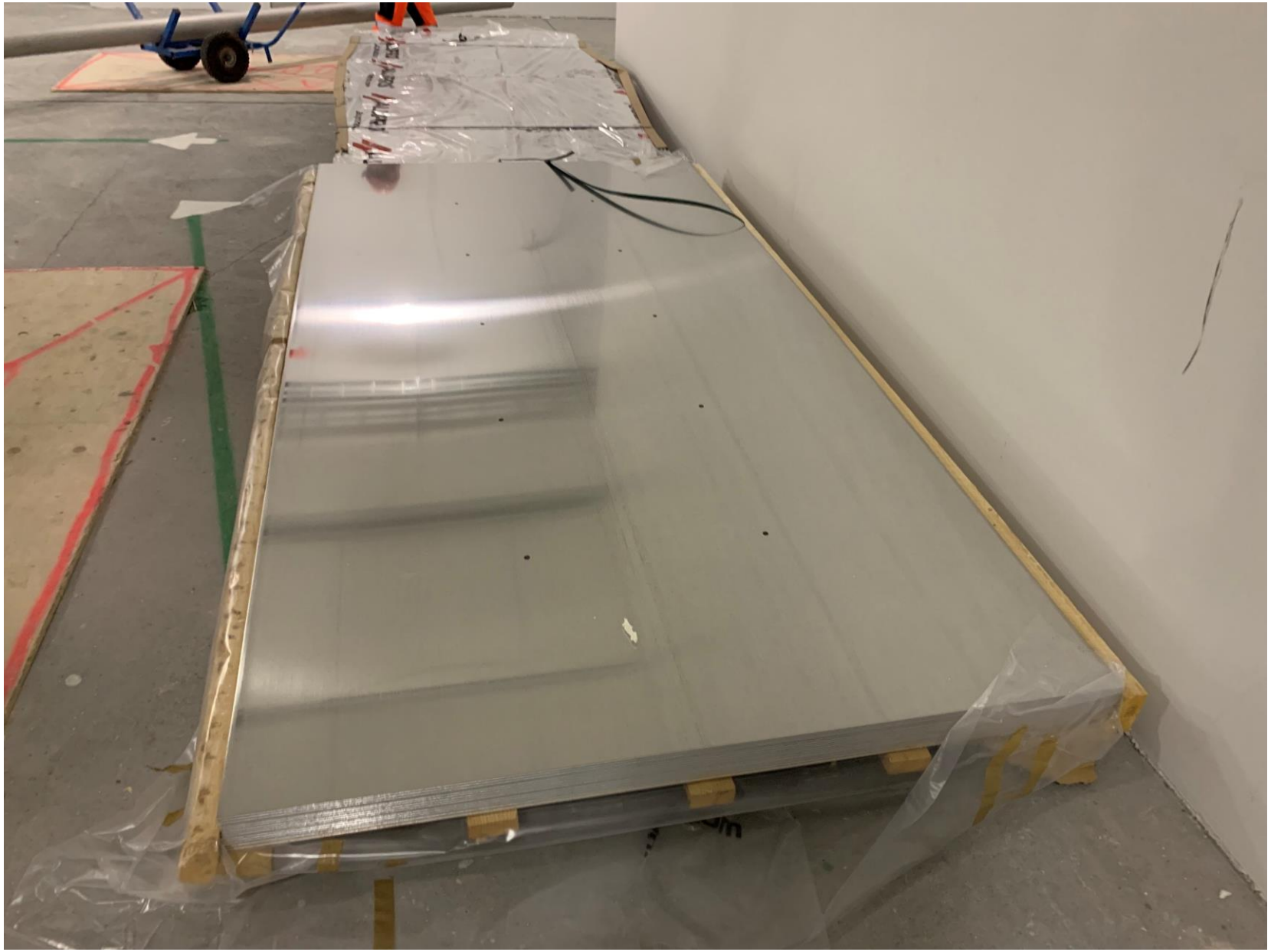



Insinööritoimisto
Olof Granlund Oy
MAGNEETTISTEN HÄIRIÖIDEN VAIMENTAMINEN
Muuntamon magneettinen suojaus
50
Pyörrevirtasuoja σ
Magneettinen suoja μr
Häiritty kohde
Häiriölähde

Esimerkkejä suojattavista tiloista

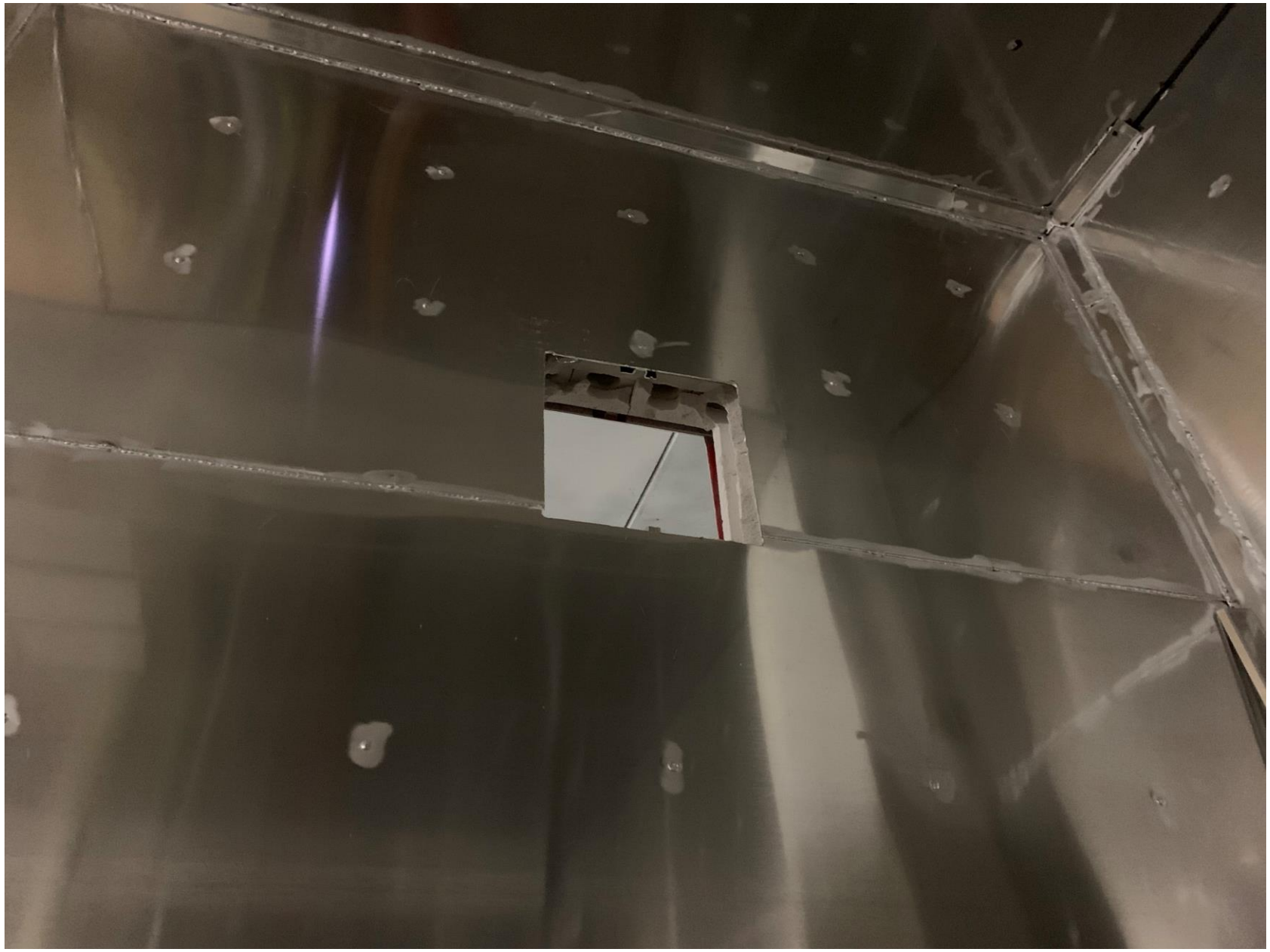
Magneettisuojaukset

- Suojattavia tiloja
  - Pääkeskustilat (Valokuvat)
  - Muuntamot
  - LSEM-tilat
  - Joitakin nousukuiluja






ALUPRO
ALUPRO



Kysymyksiä?