

Herkkiä laitteita

1 Åbo Akademi, Aurum

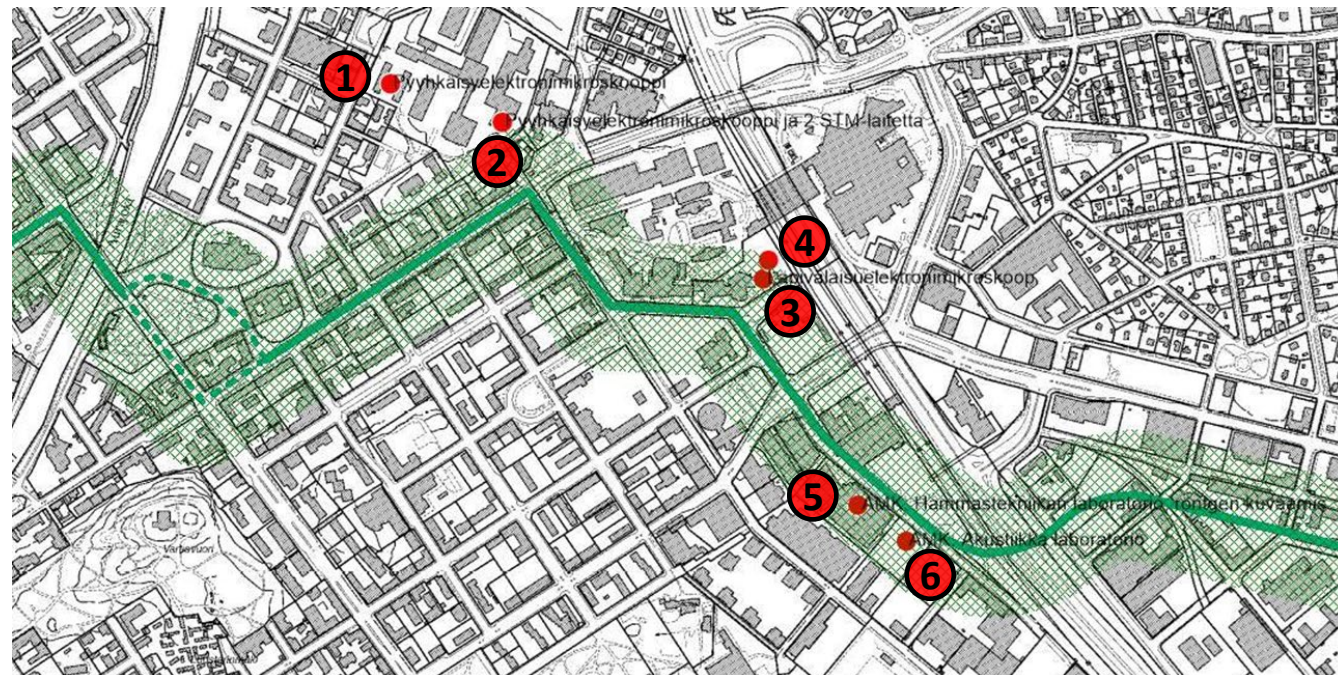
2 Turun yliopisto, Quantum

**3 Turun yliopisto, Biolääketieteenlaitos,
Medisiina**

**4 Turun AMK, Medisiina D, Bioanalytiikan laitteet,
suunterveyden laitteet ja simulaatiotilat**

**5 Turun AMK, ICT-City, Hammastekniikan
laboratorio, röntgenin kuvantamislaitte**

6 Turun AMK, EduCity, Akustiikkalaboratorio



Raitiotiejärjestelmän kaikkien laitteiden ja koneiden on täytettävä EU:n EMC-direktiivi ja sen perusteella laadittujen standardien, ohjeiden ja määräysten vaatimukset.

Raitiotien ratasähkölaitteet voivat aiheuttaa EMC-häiriöitä. Ne ovat tyypillisesti joko magneetti- tai sähkökenttiä. Lisäksi raitiotie tarvitsee tavanomaisia sähkölaitteita/sähkötekniisiä järjestelmiä, jotka eivät merkittävässä määrin määräysten mukaan toteutettuna häiritse muita sähkölaitteita.

Tyypillisesti raitiotien laitteet eivät häiriinny muista laitteista, sillä ne on tehty toimimaan häiriöisessä ympäristössä. Poikkeuksen tähän voi aiheuttaa esimerkiksi ratajohdon lähellä kulkevat samansuuntaiset suurjänniteilmajohdot.

Raitiotien syöttöjärjestelmässä mahdollisia häiriön aiheuttajia voivat olla ne kaikki järjestelmät, joissa kulkee suuria jännitteitä tai virtoja. Suurjännitettä käytetään vain syöttöasemien sisällä, suuria virtoja puolestaan esiintyy syöttöasemien ulkopuolella koko ratasähkönsyöttöjärjestelmässä.

Kun tarkastellaan ratasähköjärjestelmää häiriölähteenä voi häiriö kytkeytyä, joko sähkö- tai magneettikentän välityksellä ilman suoraa johtavaa yhteyttä lähteen (ratasähköjärjestelmä) ja kohteen (häiriöherkkä) välillä.

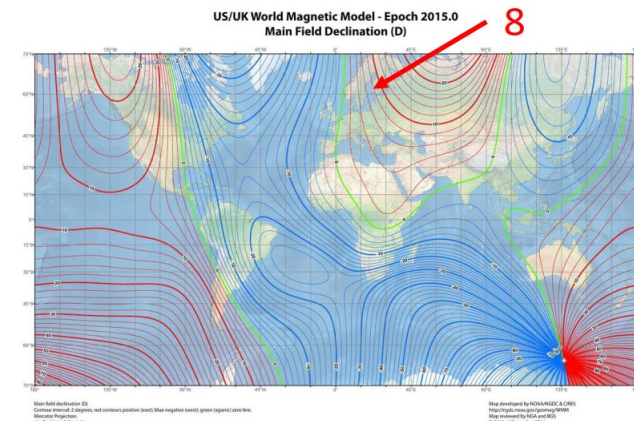
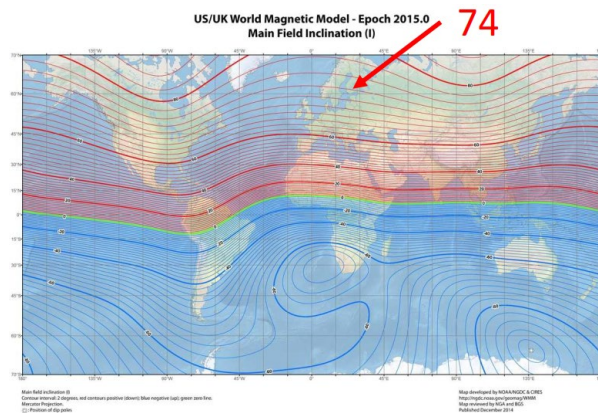
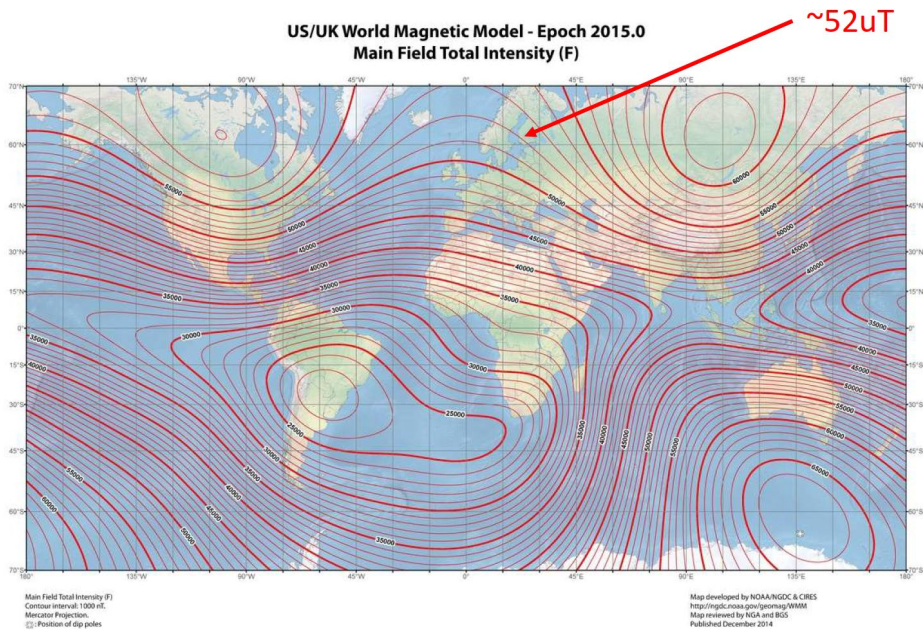
Ratasähköjärjestelmän merkittäviä häiriölähteitä voivat olla syöttöasemat, ratajohto, syöttö-/paluukaapelit ja/tai raitiovaunu. Suurimmat sähkökentät aiheutuvat virroittimen ja ajojohtimen välisestä kipinöinnistä tai muista radiotaajuuksilla toimivista laitteista. Kipinöinnin aiheuttama häiriö on tyypiltään laajakaistainen alkaen matalista taajuuksista ylettyen radiotaajuuksiin asti. Ilmiö esiintyy tyypillisesti vain ajolangan huurtuessa voimakkaasti ja vaunun ottaessa siitä virtaa.

Kipinöinnin aiheuttamat radiotaajuiset häiriöt ovat tyypillisesti senkaltaisia että laitteet on suunniteltu niitä kestämaan ja toimivat oikein vaikka häiriöitä esiintyy. Kipinöinnin suurempi haitta on ajojohtimen ja virroittimien kuluminen tai jopa virranoton heikentyminen, jos esimerkiksi ajolangassa on liikaa huurretta tai ajokiskot ovat likaiset.

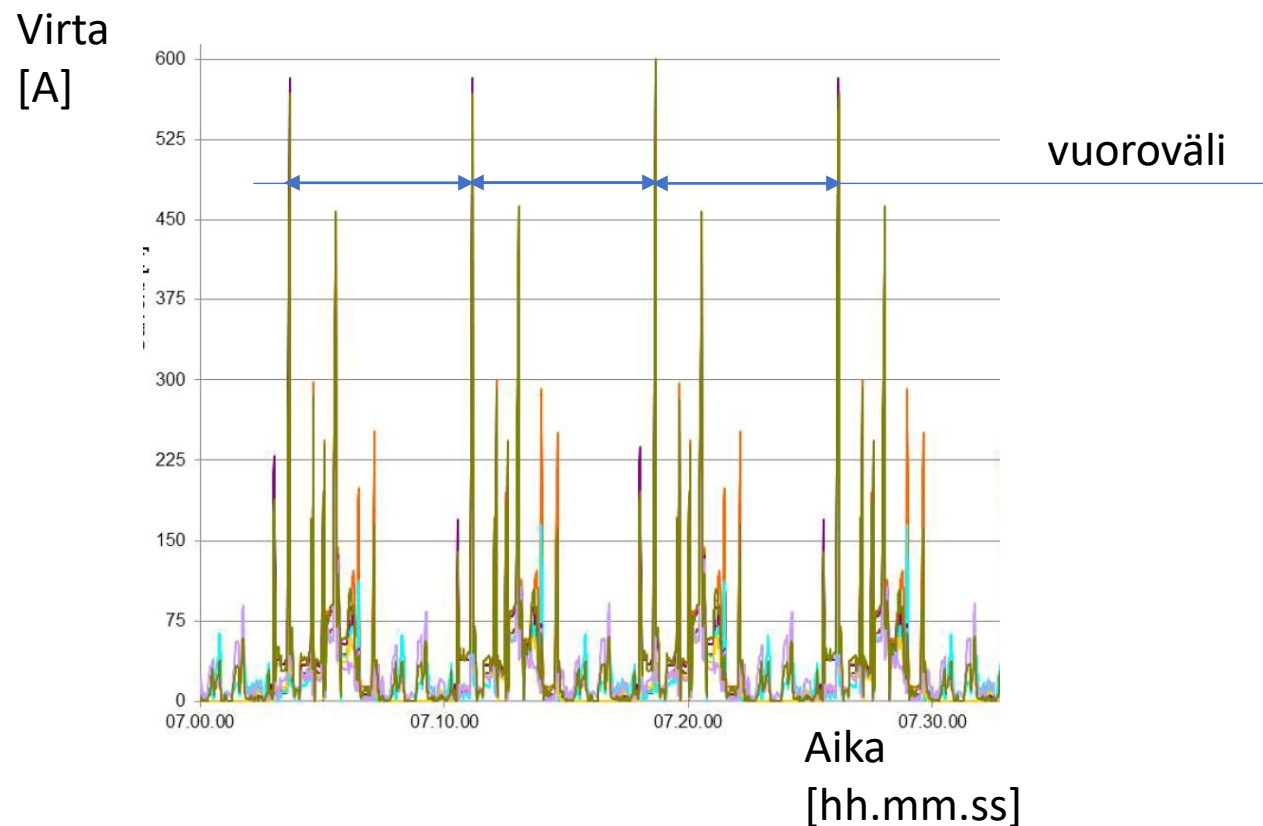
Magneettikentän häiriön lähteenä toimivat ratajohto, paluuvirtapiiri (ajokiskot) ja syöttö/paluukaapelit. Suuret hajavirrat voivat myös aiheuttaa magneettisia häiriöitä. Hajavirroilla tarkoitetaan tasasähkövirtaa joka kulkee muualla kuin paluuvirtapiirinä toimivassa ajokiskoissa. Hajavirta voi kulkea esimerkiksi maaperässä tai muussa johtavassa rakenteessa.

EMC-häiriöistä ongelmallisimpia ovat pienitaajuiset 0Hz tasasähkö (DC)-magneettikentät. Syynä tähän on se, että näiltä suojautuminen on ongelmallisinta, vaikka kenttien arvot ovat pieniä. Usein myös laitteita jotka häiriintyvät ei ole suunniteltu kestävään pieniäkään tasasähkökentän vaihteluita niiden ollessa käytössä.

Maapallolla on luontainen DC-magneettikenttä. Maan magneettikentän itseisarvo (suuruus) vaihtelee 25-65 uT välillä, riippuen sijainnista. Magneettikentällä koostuu vaaka- ja pystykomponentista, joten suuruuden lisäksi sillä on myös suunta. Etelä-Suomessa magneettikentän suuruus on noin 52uT. Herkimvät laitteet joita siirretään eri puolille maapalloa tarvitsevat kalibrointia maan magneettikentän suuruuden ja suunnan muuttuessa.



Merkittävin raitiotien syöttöjärjestelmän aiheuttama häiriönlähde on tasasähkömagneettikenttä, jota ei voida normaaleilla suunnitteluratkaisuilla pienentää hyvin pieneksi tai olemattomaksi. Syynä tähän on se, että raitiovaunun yläpuolelle asennetaan virranottoa varten avojohtimet, joita ei voida suojata metallivaipalla kuten kaapeleita tai yksittäisiä koteloituja laitteita. Ajojohtimessa ja mahdollisessa kannattimessa/tukijohtimissa kulkeva virta aiheuttaa magneettikentän. Tyypillisesti yksi raitiovaunu kiihdyttäessään ottaa 300-1500 ampeerin suuruisen virran.

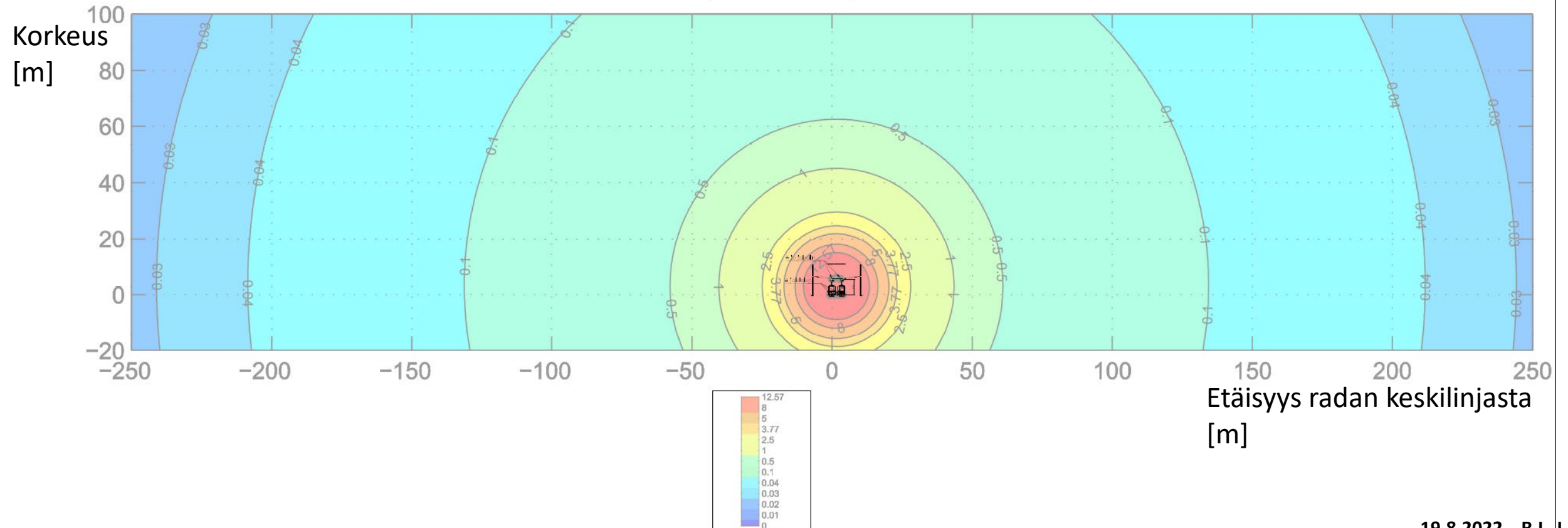


Raitiovaunun ajojohtimesta otettu virranotto ei ole tasaista, vaan se vaihtelee sen mukaan miten vaunu tarvitsee tehoa ja kuljettaja sitä pyytää.

Viereisessä kuvassa on esitetty tyypillistä raitiovaunun virranottoa. Virranotto toistuu samankaltaisena vuorovälien välillä. Virranoton ”piikit” aiheutuvat kiihdytyksistä, jarrutuksista, ylä/alamäestä, kaarteista ja vaunun omakäytön tehonvaihteluista.

Turun raitiotien YS, magneettikenttäselvitys

Virranotto johtimesta aiheuttaa sähkömagneettisen kentän. Kentän suuruus muuttuu sen mukaan miten suuri virtamäärä ratajohdossa kulkee. Alla olevassa kuvassa on virran suuruutena käytetty 1500A virtaa ajojohtimessa, joka palaa takasin paluuvirtapiiriin, eli ajokiskojen kautta. Magneettikenttä pienenee etäisyyden suhteessa.



Jos rataverkko tai radan sähkölaitteet sijaitsevat sellaisten rakennusten läheisyydessä, joissa voi olla yleisiä vaatimuksia herkempiä sähkölaitteita (sairaala, korkeakoulu, tutkimusyksikkö), voi tulla ilmi tarve rajoittaa raitiovaunun tehoa ja virtoja tai sulkea toimilaitteita häiriötason vähentämiseksi mainittujen rakennusten läheisyydessä. Häiriöitä voidaan myös rajoittaa kohdekohtaisilla ratasähkönsyöttöjärjestelmän muutoksilla. Mikäli epäillään, että EMC-ongelmia on jossakin kohteessa, on jokainen kohde ja mahdollisesti jopa jokainen laite tutkittava erikseen. Laitetasolle mentäessä ei aina löydy yksiselitteistä rajaa milloin laite häiriintyy.

Häiriöitä tutkittaessa on hyvä muistaa, että osa laitteista saattaa olla niin herkkiä, että ne saattavat häiriintyä jo maan magneettikentän luontaisista muutoksista eli jopa $|0.04\mu\text{T}|$ kentän muutos aiheuttaa häiriötä laitteiden toimintaan. Näin pienen häiriön voi aiheuttaa jopa kyseisen laitteen ohi menevät sähkölaite tai muu kulkuneuvo kuin raitiovaunu. Varsinkin osa tutkimus- ja laboratoriokäytössä olevista laitteista ovat hyvin herkkiä. Häiriöherkkyyteen vaikuttaa kentänvoimakkuuden lisäksi sen suunta ja kentän muutosnopeus.

Magneettikenttää voidaan pienentää eri keinoilla:

Helpot ”normaalit” keinot pienentää kenttiä

- Etäisyyden kasvattaminen radasta (halvin helpoin)
- Hajavirtojen pitäminen pienenä, ajokiskojen sähköinen eristys (tämä on yleensä lähtökohta uusissa raitiotiejärjestelmissä eli tästä ei synny lisäkustannusta)
- Kaksipuoleiset syötöt (huom. häiriötilanteessa syöttökaapeli/syöttöasema voidaan joutua käyttämään yksipuoleisesti, jolloin normaali virta kaksinkertaistuu)
- Syöttö-/paluukaapeli rakentaminen lähekkäin ja pitäminen lyhyenä (ei lisäkuluja)
- Ajojohtimen huurteenpoisto ongelmatilanteissa
- Ajokiskojen puhtaanapito (hionta ja peseminen esimerkiksi lehtikeleillä)
- Ajolangan tai kiskojen lämmitys (soveltuu lähinnä yksittäiseen lyhyeen matkaan)

Vaikeammat/kalliimmat keinot

- Erityyppiset kompensoinnit ja/tai ajojohtimien segmentointijärjestelmät ratajohtoon. Kustannusarvio 3 k€/m. Katso myös sivut 10 ja 11.
- Ajovirran pienentäminen ratajohdossa
 - Lisää syöttöasemia /tiheämmät välit. Kustannusarvio 1,5...2 M€/syöttöasema
 - Vaunujen ajovirran/ajonopeuden laskeminen
 - Energiavarasto vaunuun (auttaa pistemäisissä kohteissa). Kustannusarvio 0,4-1 M€/kpl

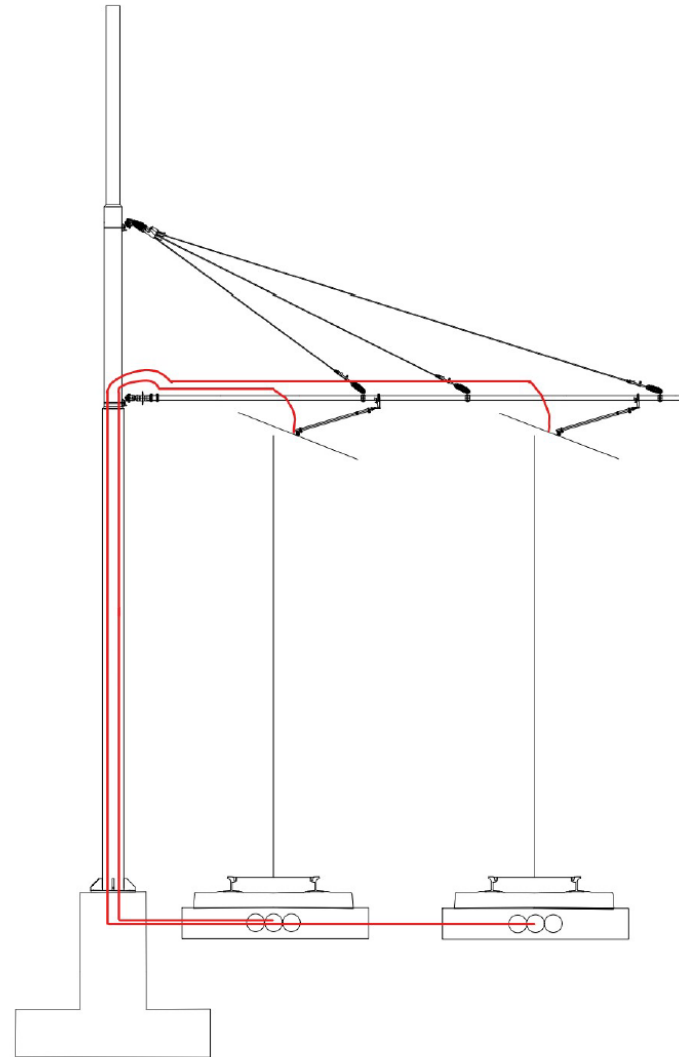
Tapauskohtaisesti mahdollisia häiriintyvien laitteiden osalta

- Mittausten/tutkimusten tekeminen raitiotien liikennöintiajan ulkopuolella
- Häiriintyvien laitteiden lisäsuojaukset
- Häiriintyvien laitteiden lisäsuojaukset
- Erityyppiset aktiiviset kompensointijärjestelmät (joskus mahdollisia osana laitteen suojausta)

Magneettikentän kompensointi sen vaikutukset suunnitteluun:

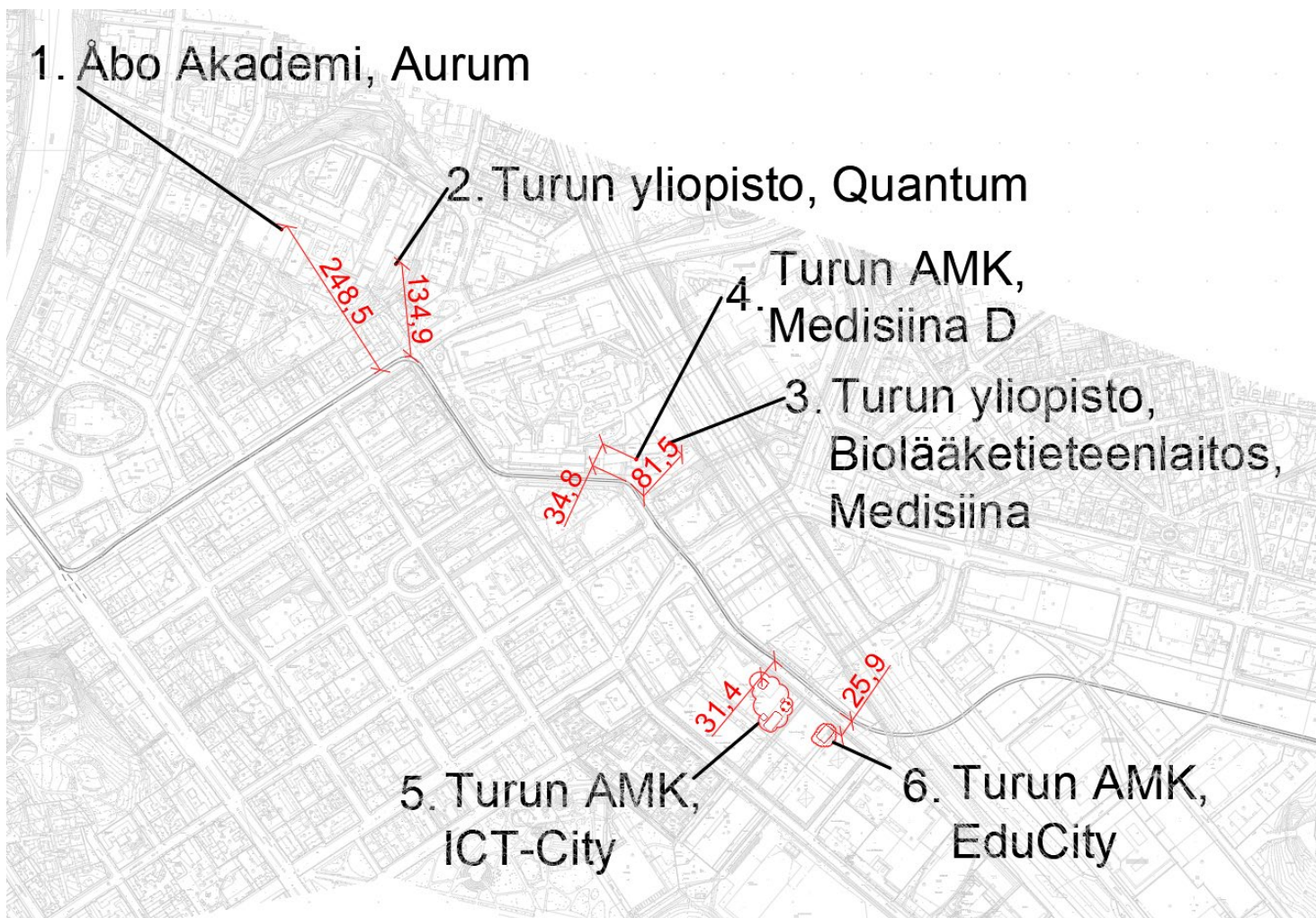
- Radansuuntaiset kompensatiokaapelit asennetaan n. 300-400 mm radan alle radan keskilinjalle. Kompensatiokaapelin johtavuuden tulee olla noin kymmen kertaa suurempi kuin ajojohtimella.
- Kompensatiokaapelit yhdistetään ajolankoihin jokaisen pylvään kohdalla.
- Ajolangan poikkipinta-ala toteutetaan mahdollisimman pienenä esim. 80 mm².
- Ajojohdinripustus on toteutettava pylväsripustuksella. Seinäripustusta ei voida käyttää. Pylväät voidaan toteuttaa radan molemminpuolisella-, radan yksipuolisella- tai keskipylväsripustuksella.
- Ajojohdin tulee ripustaa tiheämmällä ripustusvälillä. Suoralla osuudella pylväiden välimatka on enintään 20 m.
- Ajojohdin asennetaan raitiovaunun alimpaan mahdolliseen ripustuskorkeuteen. Tämä voi vaikuttaa alueen ajoneuvojen suurimpaan sallittuun korkeuteen.
- Alueella ajojohdinjärjestelmän rakenne rajoittaa alueella raitiovaunujen nopeuden rakenteesta riippuen noin 30...50 km/h.
- Raitiovaunun ottama virta aiheuttaa magneettikentän. Rajoittamalla raitiovaunun virranottoa voidaan magneettikenttä pienentää.
- Raitiovaunun kiihdytykset ja jarrutukset aiheuttavat ”virtapiikkejä”, joista aiheutuu magneettikenttiä. Liikenne- ja katusuunnittelussa mahdollista vaikuttaa tähän esimerkiksi liikennevalojen ja pysäkkien sijoittamisella.

Kuvassa on esitetty
kompensaatiokaapelijärjestelmän
periaatteellinen rakenne.



Tunnistettuja herkkiä laitteita

- 1 **Åbo Akademi, Aurum**
- 2 **Turun yliopisto, Quantum**
- 3 **Turun yliopisto, Biolääketieteenlaitos, Medisiina**
- 4 **Turun AMK, Medisiina D, Bioanalytiikan laitteet, suunterveyden laitteet ja simulaatiotilat**
- 5 **Turun AMK, ICT-City, Hammastekniikan laboratorio, röntgenin kuvantamislaitte**
- 6 **Turun AMK, EduCity, Akustiikkalaboratorio**



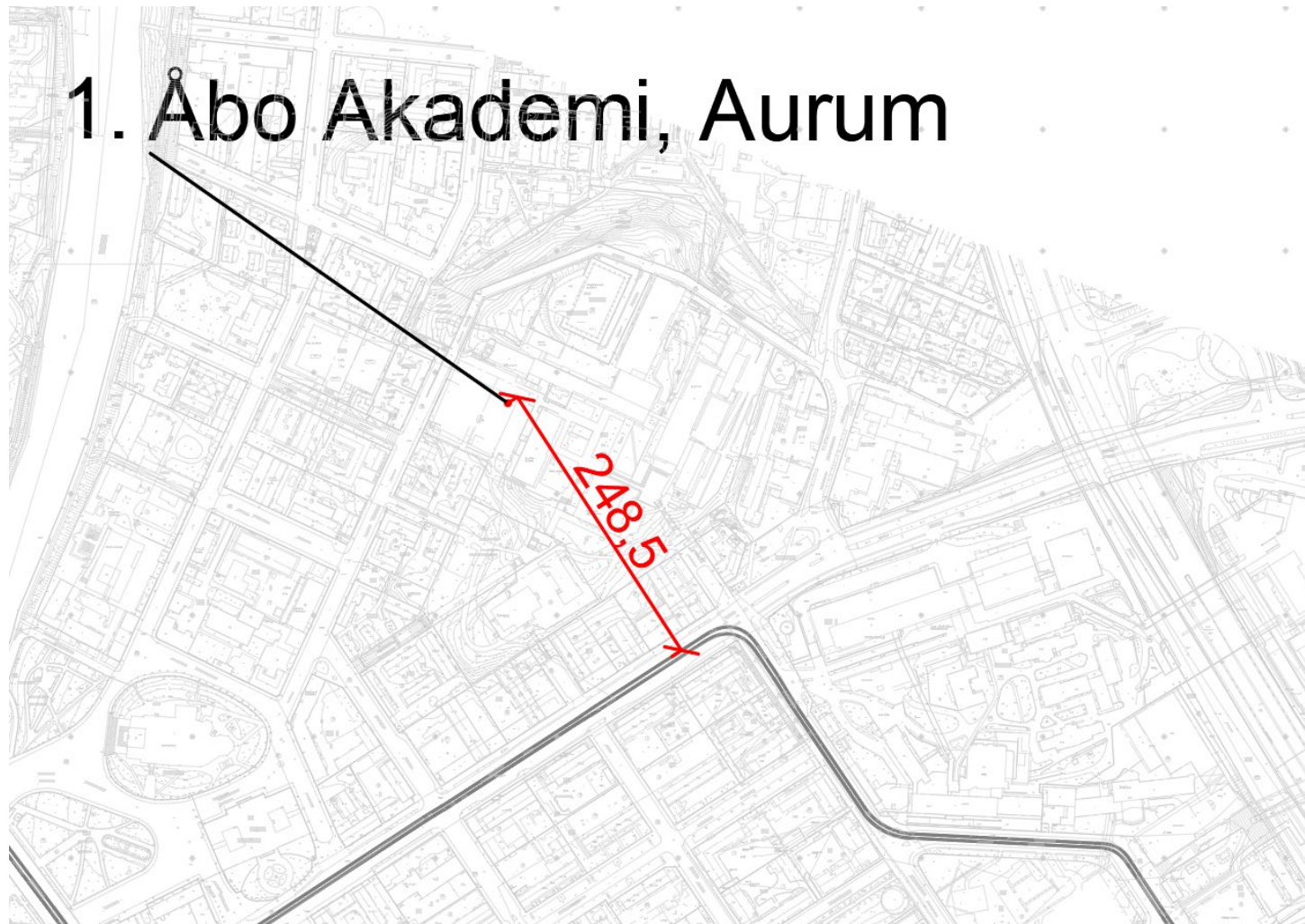
1 Åbo Akademi, Aurum

Pyyhkäiselektronimikroskooppi (SEM)

Laitteen sijainti Aurumin kirjaston alapuolella

DC-kentän raja-arvo alle 100 nT
0.1uT

Herkkien laitteiden etäisyys radasta noin 248 m



2 Turun yliopisto, Quantum

Pyyhkäiselektronimikroskooppi
(SEM)

Tunnelointimikroskooppi (STM) 2 kpl

Laitteen sijainti Quantumin kirjaston
alapuolella

DC-kentän raja-arvo alle 40 nT
0.04uT

Herkkien laitteiden etäisyys radasta
noin 134 m



3 Turun yliopisto, Biolääketieteenlaitos, Medisiina

Läpivalaisuelektronimikroskooppi
(TEM)

Turun yliopisto, Medisiina

DC-kentän raja-arvo alle 100 nT

Herkkien laitteiden etäisyys radasta
noin 81 m



4 Turun AMK, Medisiina D

Terveydenhuollon toimintoja,
suunterveyden laitteita, sekä
bioanalytiikan laboratoriotilat

Turun AMK, Medisiina

DC-kentän raja-arvo selvitettävä
jatkosuunnittelussa

Herkkien laitteiden etäisyys radasta
noin 34 m



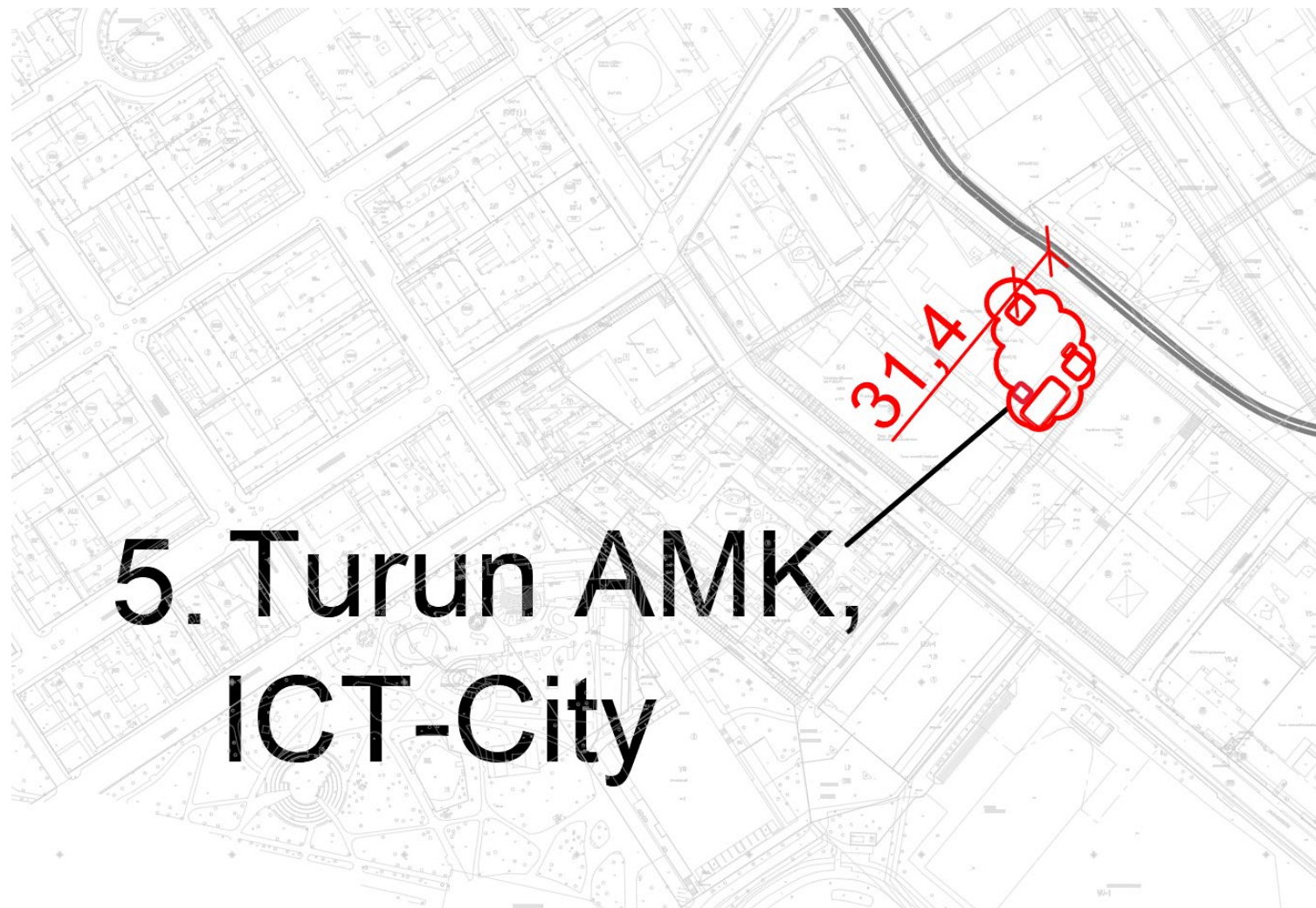
5 Turun AMK, ICT-City

Henkilönkuvantamiseen soveltuva röntgenlaite sekä hammastekniikan toimintoja ja laboratoriotilat

Turun AMK, ICT-City

DC-kentän raja-arvo selvitettävä jatkosuunnittelussa

Herkkien laitteiden etäisyys radasta noin 31 m



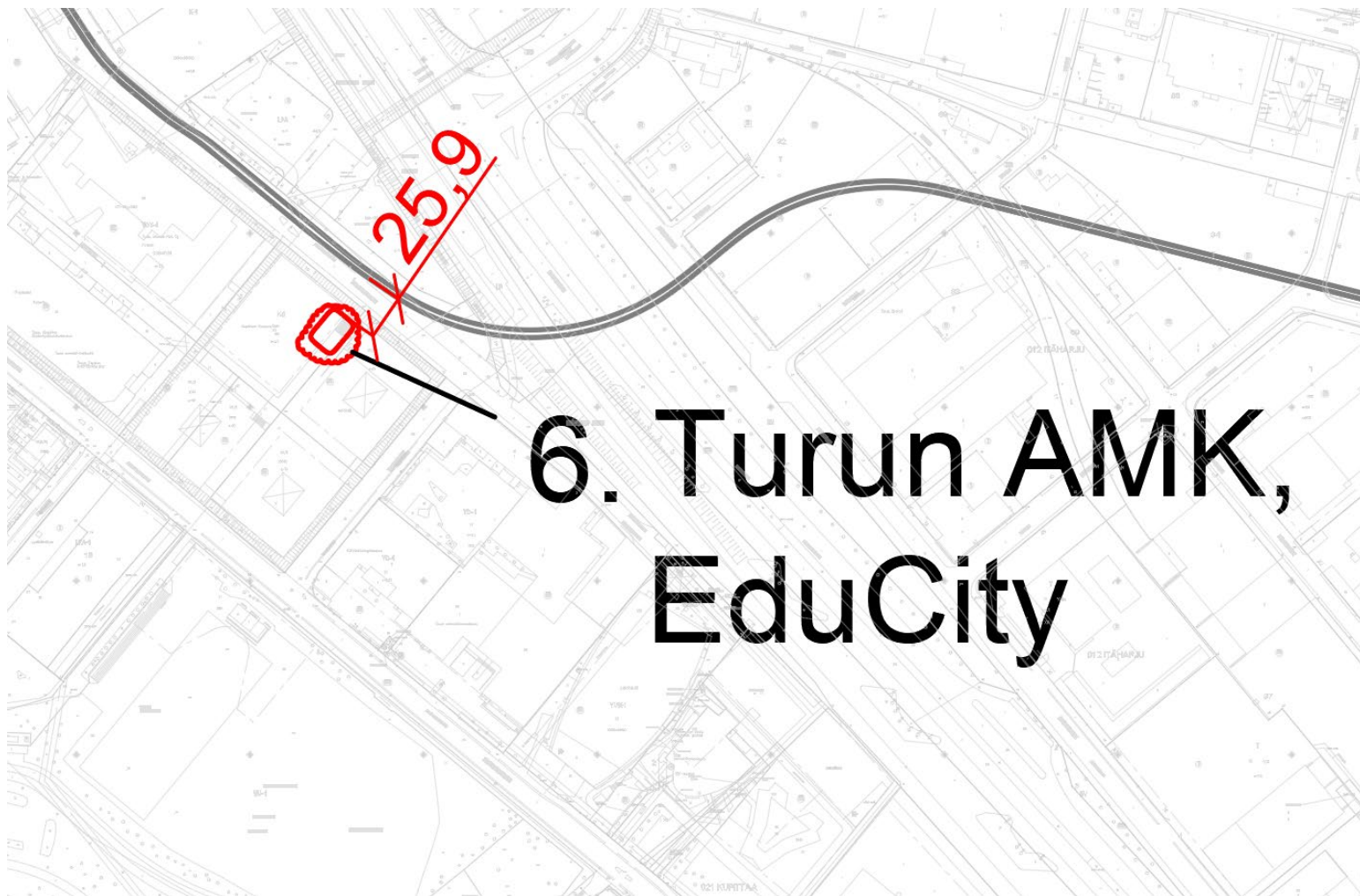
6 Turun AMK, Educity

Akustiikan laboratoriotilat, joissa suoritetaan rakennusmateriaalien akustoivia tutkimuksia

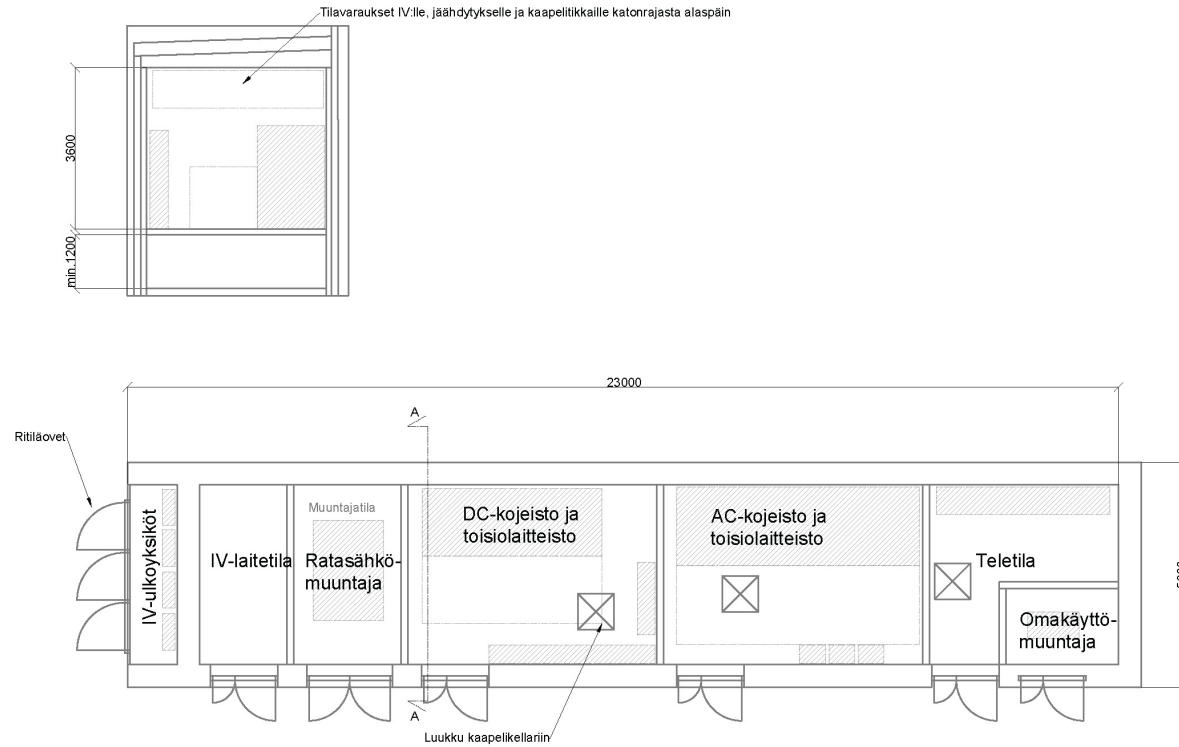
Turun AMK, EduCity

DC-kentän raja-arvo selvitettävä jatkosuunnittelussa

Herkkien laitteiden etäisyys radasta noin 25 m



Leikkaus A-A



MUUTOS	

SUUNN.	JJ 11.08.2022	SUHDE		SIVUJA	
PIIRT.	JK 11.08.2022	HYV.		NÄHNYYT	
TARK.	RL 11.08.2022				