

Rapport:
Måling av elektromagnetisk feltnivå

Steinerskolen, Nesoddtangen

Målingen utført av: Øystein Sølvberg, overing. FK, Post- og teletilsynet

Rapport skrevet av: Øystein Sølvberg, overing. FK, Post- og teletilsynet

Oppdragsgiver: Nesodden kommune v/ Aslak Hovland Jakobsen

Dato for målingene: Tirsdag 02. juni 2009



1. Innledning.

På bakgrunn av henvendelse fra Nesodden kommune ved Aslak Hovland Jakobsen, har Post- og teletilsynet (PT) ved Frekvenskontrollen i Ski foretatt målinger av feltstyrke ved Steinerskolen på Nesoddtangen. Bakgrunnen for å foreta målinger er at oppdragsgiver ønsker å få kartlagt feltstyrkenivå i forbindelse med at Telenor har telefonsentral med antennemast for mobiltelefoni i nærheten av skolen.

2. Målinger.

Målingene ble utført tirsdag 02. juni 2009. Det ble utført måling av feltstyrke på to forskjellige steder. Innendørs ble målingen foretatt i 2. etg. i klasserom nord i skolebygget. Utendørs ble måling gjort like i nærheten av lekeplass. Punktene er valgt der hvor eksponeringen for elektromagnetisk stråling antas å være størst, og der hvor personell oppholder seg.

Frekvenser

Basesstasjoner (i dette tilfellet mobilrepeater) har følgende sendefrekvenser for disse tjenestene:

GSM 900	- 925 MHz til 960 MHz
GSM 1800	- 1820 MHz til 1875 MHz
UMTS	- 2100 MHz til 2128 MHz

Figuren nedenfor viser et kartutsnitt av området på Nesoddtangen, hvor Telenor har telefonsentral og hvor Steinerskolen har sitt skolebygg. Avstand mellom sendemast og fasade nord på skolebygget er antatt å være ca. 70 - 100 meter.



3. Måleutstyr.

Målingene er utført med spektrumsanalysator og måleprogrammet RFEX ver. 4.10, sp7 levert av Rohde & Schwarz. I denne målepakken inngår en kalibrert antenne TS-EMF som måler i tre plan. Det er benyttet målemaler for GSM 900, GSM 1800 og UMTS.

Måleprogrammet foretar målinger etter anbefalinger fra ICNIRP.

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100030
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert ved innkjøp i 2004

Spektrumsanalysator	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: FSH 6	Serie nr. 103863
Frekvensområde: 9 kHz – 6 GHz	Kalibrert: 14.08.2008

4. Måleusikkerhet.

På grunn av at måleinstrumenter og annet utstyr lar seg påvirke av omgivelsene vil aldri et måleoppsett som brukt her gjengi 100 % repeterbare måleverdier.

Måleutstyrets usikkerhet er typisk $\pm 1,5$ dB, men om man legger 95 % konfidens-intervall til grunn får man i verste fall mellom $\pm 2,5$ og $\pm 3,3$ dB av målt verdi, avhengig av frekvensområde.

Se vedlegg for detaljer.

Nivåvariasjoner som følge av påvirkning fra omgivelsene vil, hvis vi ikke tar hensyn til dem, utgjøre mange ganger den usikkerheten som instrument, kabler og måleantenne utgjør. De maksimale nivåene kan forholdsvis lett fanges ved å kombinere "MaxHold" med midling over flere målepunkter i samme område, eller små forflytninger av måleantennen. Man kan da komme ned i en usikkerhet fra omgivelsene på ± 2 dB.

Total måleusikkerhet summerer seg til mellom $\pm 4,5$ dB og $\pm 5,3$ dB. Den reelle verdi, avhengig av frekvens, kan således være 4,5 – 5,3 dB (ca. 2,8 – 3,4 ganger) høyere eller lavere enn den avleste verdien.

Generelt

Når det måles feltstyrke så skal det måles i 3 forskjellige plan, x, y og z. De 3 feltkomponentene (Volt/meter) skal summeres slik:

$$E_i = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Dersom det gjøres målinger på flere forskjellige frekvenser/kanaler/systemer/operatører i samme punkt blir bidragene summert på tilsvarende måte:

$$E_{total} = \sqrt{\sum_i E_i^2}$$

Måleenheten for feltstyrke er [V/m]

For å relatere feltstyrkenivået i et gitt punkt til grenseverdien for den frekvensen som måles må dette gjøres slik: $ER = \sum_i \frac{E_i^2}{E_{Li}^2}$, der ER er eksponeringsfaktoren, E_i er målt feltstyrkeverdi i punktet og E_{Li} er grenseverdien som er gitt av ICNIRP for det aktuelle frekvensbåndet. I prosent blir eksponeringsfaktoren: $ER\% = ER * 100\%$.

Eksponeringsfaktoren kan også uttrykkes på en mer direkte måte ved å bruke effektettheten (Watt/meter²) i stedet for feltstyrkenivået.

Eksponeringsfaktoren blir da: $\sum_i \frac{S_i}{S_{Li}}$, der S_i er effektettheten i målepunktet og S_{Li} er grenseverdien for den aktuelle frekvensen som det blir målt på i punktet oppgitt i effektetthet.

Måleenheten for effektetthet er [W/m²] som tilsvarer 1000 mW/ m²

Eksponeringsfaktoren er basert på den oppvarmingen som skjer i kroppen når den utsettes for elektromagnetiske felter.

Forholdet mellom feltstyrke og effektetthet er gitt som: $S = \frac{E^2}{120\pi} \approx \frac{E^2}{377}$ der S er effektettheten og E er feltstyrken. Dette forholdet er konstant og gjelder så lenge målingene er gjort i en viss avstand fra senderen(fjernfelt). Stort sett kan man si at fjernfeltet starter 3-10 bølgelengder fra senderen, alt etter hvor stor senderantennen er i forhold til bølgelengden.

Det måleoppsettet som blir brukt for målinger i frekvensområdet 80 – 3000 MHz genererer de ovennevnte verdiene automatisk, samtidig som det måler gjennomsnittet over en 6 minutters periode slik det er anbefalt å gjøre i følge ICNIRP.

Dersom man måler på et GSM-signal (eller tilsvarende TDMA system) vil middeleffekten variere alt etter som hvor mye trafikk som er på den aktuelle kanalen. Vi måler og angir feltstyrke som om kanalen er full dvs, max belastning på hver enkelt kanal/frekvens som er aktiv. På tilsvarende måte vil vi for WLAN oppgi en måleverdi som vil gjelde full belastning i kanalen. For UMTS og lignende systemer vil vi av måletekniske årsaker måle den feltstyrken som sendes ut i det tidsrommet målingen foretas.

Felles for alle systemer for mobilkommunikasjon er at feltstyrken i et aktuelt punkt vil kunne variere en del alt etter som hvor mye trafikk som går over de aktuelle basestasjonene som gir dekning i punktet. Slike variasjoner er det vanskelig å fange opp med de måleprosedyrene som blir brukt.

5. Måleresultater.

Målepunkt 1.

Bildet nedenfor viser målepunkt 1 (MP1) i klasserom i 2.etg nord i bygget. Målepunkt 1 er antatt å være ca. 70 til 100 meter fra Telenors antennemast.



I målepunkt 1 (MP-1) har vi målt GSM 900, GSM 1800 og UMTS. Tabellen nedenfor viser målt feltstyrke og eksponeringsfaktoren i forhold til ICNIRPs grenseverdi.

Målepunkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Feltstyrke E [V/m]	Effektetthet S [mW/m ²]	Grenseverdi L [V/m] ([mW/m ²])	Eksponering s-faktor $ER = E^2/L^2$	Relativ verdi av grense $ER * 1000 \text{ ‰}$
1	GSM 900	0,16	0,071	42 (4500)	1,45 E-5	0,015
1	GSM 1800	0	0	59 (9000)	0	0,000
1	UMTS	0,07	0,013	61 (9800)	0,13 E-5	0,001

Enkeltmåling av frekvensområdet fra 80 MHz til 2500 MHz, som for øvrig dekker GSM 900, GSM 1800 og UMTS frekvensbåndene, gir en total feltstyrke på 0,23 V/m. Dette utgjør 0,036 ‰ av grenseverdien for de målte frekvensbånd.

Målepunkt 2.

Bildet nedenfor viser målepunkt 2 (MP2) utenfor skolen ved lekeplass/ oppholdsplass. Avstand fra Telenors antennemast er antatt å være ca. 100 til 130 meter.



I målepunkt 2 (MP-2) har vi gjennomført en enkeltmåling fra 80 MHz til 2500 MHz. Total feltstyrke målt utendørs er 0,16 V/m. Dette utgjør 0,015‰ av grenseverdien for de målte frekvensbånd.

Kommentarer

Anbefalinger om grenseverdier for elektromagnetisk felteksponering av mennesker er utarbeidet av International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). I Norge støtter Statens strålevern seg til anbefalingene fra ICNIRP ved vurdering av menneskelig eksponering for elektromagnetiske felt.

Feltstyrkeverdiene i disse målingene ligger under gjeldende grenseverdier (ICNIRP). Dersom det likevel skulle være spørsmål om helseeffekter og slike felt, kan Statens strålevern kontaktes. På hjemmesiden til Statens strålevern www.nrpa.no er det mange opplysninger om emnet, samt kontaktinformasjon.

For mer informasjon om Post- og teletilsynets rolle når det gjelder måling av feltstyrke, se www.npt.no

6. Metoder og grenseverdier.

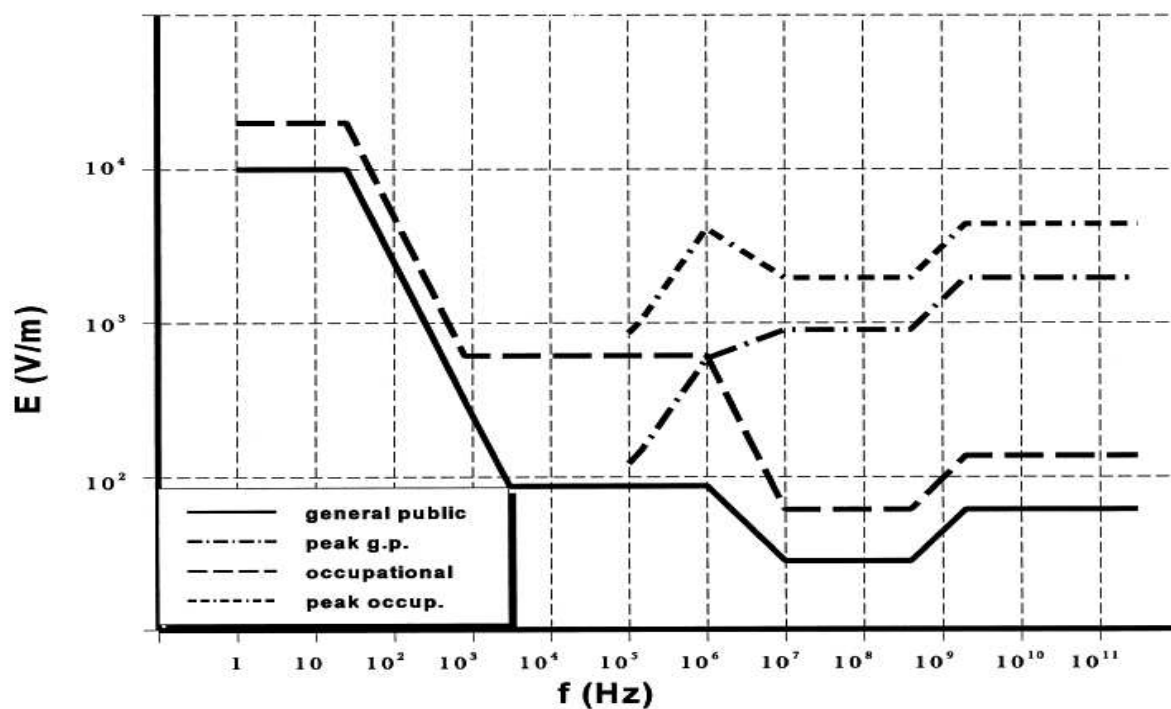
PT har basert sine målinger på *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields April 1998, Volume 74, Number 4* utgitt av *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*.

Table 7. Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
0.025–0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8–3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

Health Physics

April 1998, Volume 74, Number 4



Målemetoder og rapport oppsett er basert på rekomendasjonen ECC/REC/(02)04 Edition 060207.

7. Konklusjon.

Feltstyrkemåling er utført ved Steinerskolen på Nesodden i to forskjellige målepunkter. I målepunkt 1 (innendørs) ble total feltstyrke målt til 0,23 V/m. Dette utgjør 0,036 ‰ av ICNIRPs grenseverdi. I målepunkt 2 (utendørs) ble total feltstyrke målt til 0,16 V/m, som utgjør 0,015 ‰ av ICNIRPs grenseverdi.

Post- og teletilsynet, FK
01. juli 2009

Uncertainty Calculation TS-EMF with Spectrum Analyzer FSH

Input Quantity	Probability Distribution	Uncertainty / dB	Remark
Antenna Factor Tri-Axis-Probe	Normal (k=2)	± 1.0	1)
Antenna factor Interpolation	Normal (k=2)	± 0.5	
Isotropy	Rectangular	± 1.0 (@ 900 MHz) ± 1.7 (@ 1.8 GHz) ± 2.1 (> 2.4 GHz)	2)
Spectrum Analyzer (Spec. FSH)	Rectangular	± 1.5	
VSWR (Reflection Coefficient) Spectrum Analyzer: $\Gamma_e = 0.2$ Uncertainty Limit: $20\log(1 \pm \Gamma_e \Gamma_a)$	U-Distribution	$\Gamma_a = 0.33$ (VSWR=2) + 0.55 / - 0.59	3)
Extension Cable (Option)	Normal (k=2)	0.05	
Combined Uncertainty			
f = 0.9 GHz	Normal	1.253	4)
f = 1.8 GHz	Normal	1.483	4)
f > 2.4 GHz	Normal	1.645	4)

Remarks:

- 1) Tri-axis probe with individual calibration. Uncertainty 1.0 dB acc. to calibration protocol.
- 2) According to data sheet.
- 3) Data sheet: Tri-axis probe with integrated solid state switch features a VSWR of max. 2.0 for f > 800 MHz. For other frequencies the input attenuation of FSH has to be at least 10 dB.
- 4) Values with extension cable

Calculation of the combined uncertainty for measurement of the electric field strength:

TS-EMF with FSH, f @ 1.8 GHz (without Extension Cable):

$$\sqrt{\left(\frac{1.0}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{2}\right)^2 + \frac{1.7^2 + 1.5^2}{3} + \frac{0.59^2}{2} + \frac{0.05^2}{2}} = \sqrt{0.25 + 0.0625 + 1.713 + 0.174 + 0.001} = \sqrt{2.20} = 1.483$$

Result:

Measurement uncertainty for electric field strength :

(Confidence Level 95%)

Expanded measurement uncertainty: ± 2.51 dB @ 0.9 GHz (Isotropy 1.0 dB)

Expanded measurement uncertainty: ± 2.97 dB @ 1.8 GHz (Isotropy 1.7 dB)

Expanded measurement uncertainty: ± 3.29 dB > 2.4 GHz (Isotropy 2.1 dB)

Reference: "Meßunsicherheit in der EMV", Autor H. Stecher, Rohde & Schwarz