

## Rapport:

### Måling av elektromagnetisk feltnivå

Vestskrenten borettslag  
Søndre Nordstrand bydel

Målingen utført av: Per Eirik Heimdal, seksjonssjef FK, Post- og teletilsynet  
Per Granby, sjefsingeniør FK, Post- og teletilsynet  
Øystein Sølvsberg, overingeniør FK, Post- og teletilsynet

Rapport skrevet av: Øystein Sølvsberg

Oppdragsgiver: Vestskrenten borettslag v/ Gyro Sølvsberg

Dato for målingene: Tirsdag 21. september 2010



## 1. Innledning

På bakgrunn av henvendelse fra Vestskrenten borettslag ved styreleder Gyro Sølvsberg, har Post- og teletilsynet (PT) ved Frekvenskontrollen (FK) i Ski foretatt måling av feltstyrke i tre forskjellige rekkehusleiligheter. Bakgrunnen for å foreta målinger er at oppdragsgiver ønsker å få kartlagt feltstyrkenivå i forbindelse med at Direktoratet for nødkommunikasjon (DNK) og Telenor har basestasjon for henholdsvis nødnett og mobiltelefoni på området, samt at beboere har tatt i bruk trådløse telefoner og trådløst nettverk.

## 2. Målinger

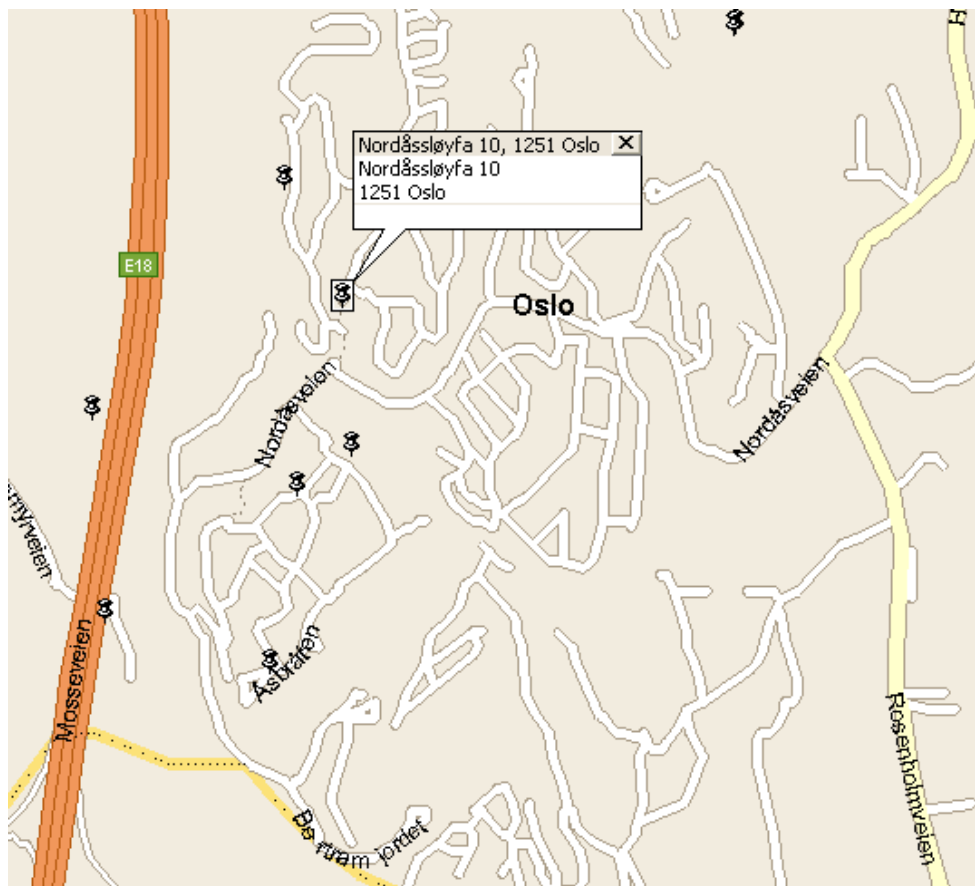
Målingene ble utført tirsdag 21. september 2010, mellom kl. 1800 og 2010. Målepunktene er valgt ut etter ønske fra oppdragsgiver og etter samråd fra PT. Noen av målepunktene er valgt slik at det ble målt på de stedene som blir mest eksponert, og der hvor personell oppholder seg mye av tiden. Det er målt både innendørs og utendørs.

### Frekvenser.

Basestasjoner har følgende sendefrekvenser for disse tjenestene:

Tjeneste	Teknologi	Basestasjon sendefrekvens
Nødnett	TETRA	390 MHz til 395 MHz
Mobiltelefoni	GSM 900	921 MHz til 959 MHz
Mobiltelefoni	GSM 1800	1805 MHz til 1879 MHz
Trådløs hustelefon	DECT	1882 MHz til 1897 MHz
Trådløst hjemmenettverk	WLAN	2400 MHz til 2485 MHz

Kartutsnittet nedenfor viser Vestskrenten borettslag, 1251 Oslo. Antenner for nødnett og mobiltelefoni er plassert på taket av blokken i Nordåssløyfa 10, se bildet på neste side.



Bildet nedenfor viser to av tre antenner for nødnettet, samt antenne for mobiltelefoni på taket av Nordåssløyfa nr. 10/ 12. Alle nødnettantennene har mottaksfunksjon, bare en av antennene har senderfunksjon. Antennen for mobiltelefoni har både sender og mottaksfunksjon.



Bilde av Nordåssløyfa nr. 10/ 12 med antenner på taket. Bildet er tatt fra soverom i Nordåssløyfa ■■■.

### 3. Måleutstyr

Målingene er utført med spektrumsanalysator og måleprogrammet RFEX ver. 4.1, sp 7, levert av Rohde & Schwarz. I denne målepakken inngår en kalibrert antenne, TS-EMF, som måler i tre plan. Det er benyttet målemaler for TETRA, GSM 900, GSM 1800, DECT og WLAN. 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	
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  $\pm 2$  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/meter<sup>2</sup>) 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/m<sup>2</sup>] som tilsvarer 1000 mW/ m<sup>2</sup>

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.

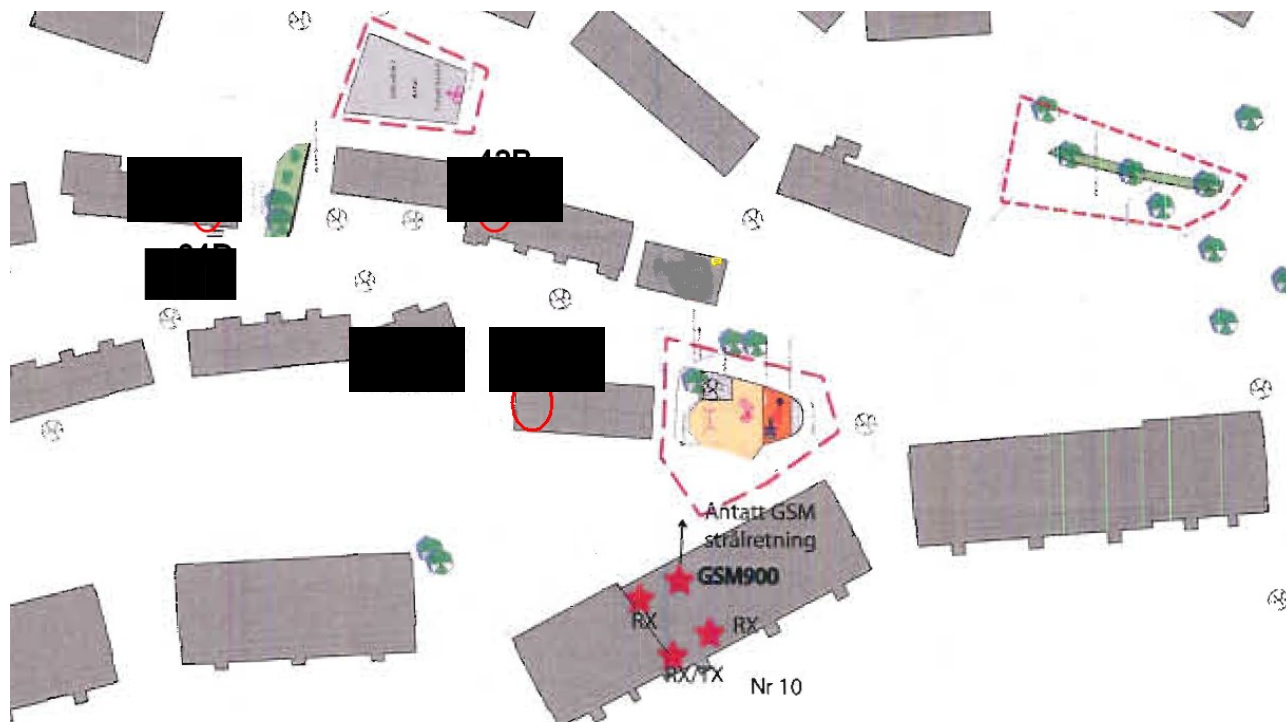
Felles for alle systemer for mobilkommunikasjon er at feltstyrken i et aktuelt punkt vil kunne variere en del alt etter som hvor mye trafikk som går over de aktuelle basestasjonene som gir dekning i punktet. Slike variasjoner er det vanskelig å fange opp med de måleprosedyrene som blir brukt.

Måleresultatene i tabellene nedenfor er oppgitt i W/m<sup>2</sup> eller mW/m<sup>2</sup>. Med andre ord, den effekten som virker på en flate på 1x1 meter. Dersom man ønsker å vite feltstyrken kan man enkelt regne seg tilbake ved hjelpa av formlene gjengitt ovenfor. Valg av målenhet er gjort i samråd med Statens strålevern.

## 5. Måleresultater

Situasjonskartet nedenfor viser målepunktene som ble valgt i samråd med oppdragsgiver. Det ble foretatt måling i Nordåssløyfa [redacted], [redacted] og [redacted]. Mobilantenne og nødnettantenner er markert med rød stjerne.

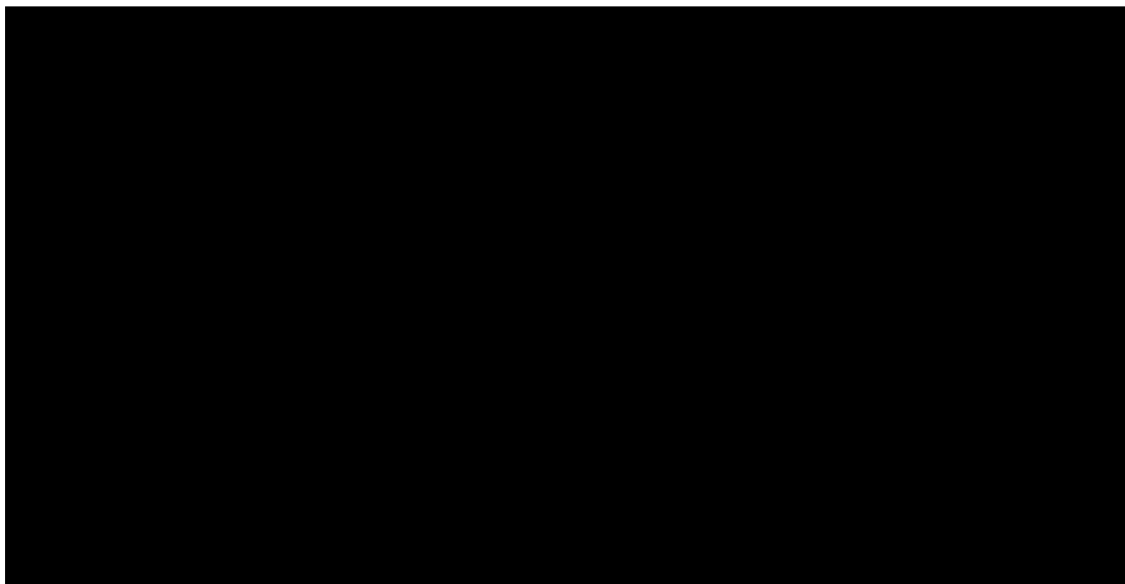
Avstand mellom antenner på taket av Nordåssløyfa nr. 10/ 12 og Nordåssløyfa [redacted] er målt til å være ca. 35 meter.



## Målepunkt 1: Nordåssløyfa ■

Måling ble foretatt innendørs i 2. etasje i soverom vendt mot vest. Det er tilnærmet fri sikt mot antennene på taket av Nordåssløyfa nr. 10, imidlertid står noen bukker imellom. Avstand er estimert til å være 50 til 60 meter.

Leilighet er en del av et rekkehus, vegger og reisverk av tre.

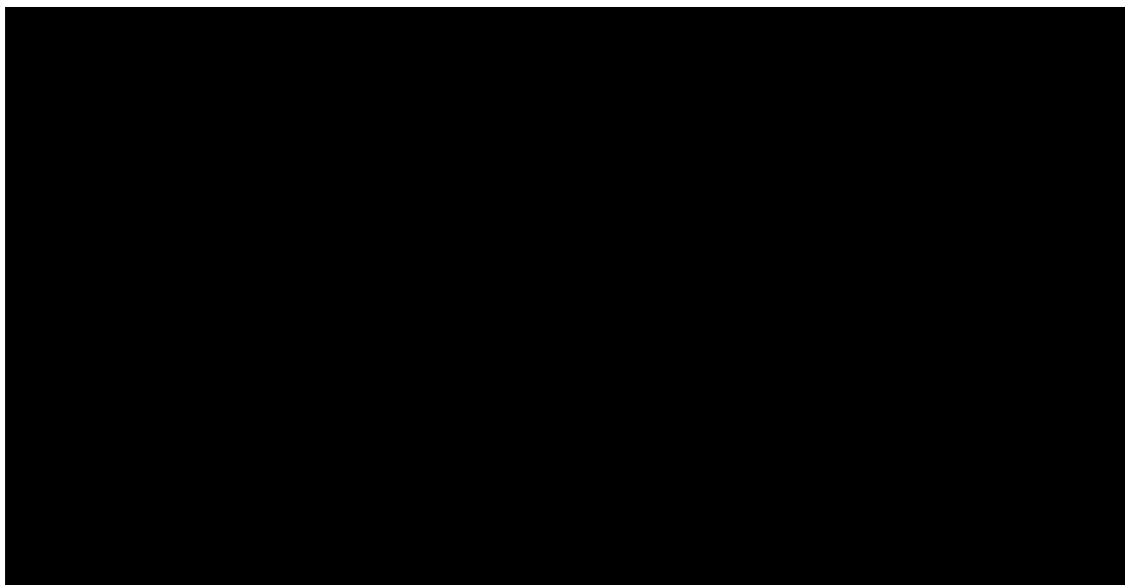


Målepunkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Effekttetthet S [mW/m <sup>2</sup> ]	Grenseverdi L [mW/m <sup>2</sup> ]	Eksponerings -faktor $ER = S/L$	Relativ verdi av grenseverdi i ‰
1	GSM900	0,048	4700	0,0000102	0,010 ‰
1	GSM1800	0,404	9200	0,0000439	0,043 ‰
1	DECT	0,014	9200	0,0000015	0,002 ‰
1	WLAN	0,754	9900	0,0000762	0,076 ‰
1	TETRA	0,399	2080	0,0001918	0,192 ‰
Sum pkt 1					0,32 ‰

## Målepunkt 2: Nordåssløyfa ■

Måling ble foretatt innendørs i 2. etasje i soverom vendt mot vest. Det er fri sikt mot antennene på taket av Nordåssløyfa nr. 10. Avstand er målt til å være ca. 35 meter.

Leilighet er en del av et rekkehus, vegger og reisverk av tre.

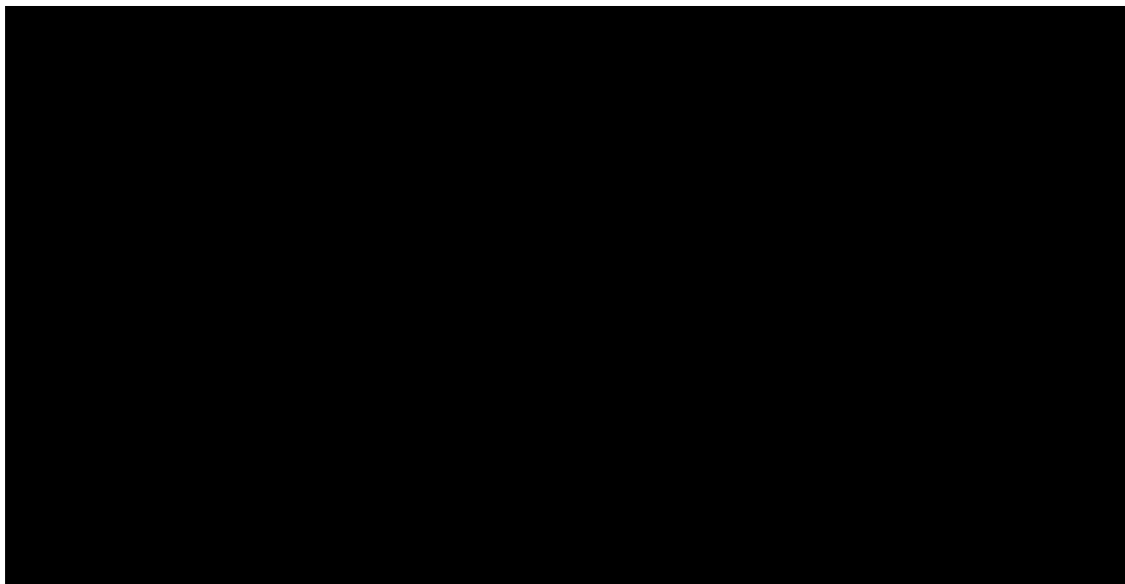


Målepunkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Effekttetthet S [mW/m <sup>2</sup> ]	Grenseverdi L [mW/m <sup>2</sup> ]	Eksponeerings- faktor $ER = S/L$	Relativ verdi av grenseverdi i ‰
2	GSM900	0,065	4700	0,0000138	0,014 ‰
2	GSM1800	0,412	9200	0,0000448	0,045 ‰
2	DECT	0,000	9200	0,0000000	0,000 ‰
2	WLAN	0,006	9900	0,0000006	0,001 ‰
2	TETRA	2,040	2080	0,0009808	0,981 ‰
Sum pkt 2					1,04 ‰



### Målepunkt 3: Nordåssløyfa ■■■

Måling ble foretatt utendørs på balkong i 2. etasje. Balkongen vender mot vest. Det er fri sikt mot antennene på taket av Nordåssløyfa nr. 10. Avstand er estimert til å være 100 til 150 meter.



Målepunkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Effekttetthet S [mW/m <sup>2</sup> ]	Grenseverdi L [mW/m <sup>2</sup> ]	Eksponeerings- faktor $ER = S/L$	Relativ verdi av grenseverdi i ‰
3	GSM900	0,114	4700	0,0000243	0,024 ‰
3	GSM1800	0,436	9200	0,0000474	0,047 ‰
3	DECT	0,004	9200	0,0000004	0,0004 ‰
3	WLAN	0,000	9900	0,0000000	0,000 ‰
3	TETRA	0,736	2080	0,0003538	0,354 ‰
Sum pkt 3					0,43 ‰

**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 betydelig 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](http://www.nrpa.no), er det mange opplysninger om emnet, samt kontaktinformasjon. Statens strålevern får kopi av denne rapporten.

For mer informasjon om Post- og teletilsynets rolle når det gjelder måling av feltstyrke, se [www.npt.no](http://www.npt.no).

## 6. Metoder og grenseverdier

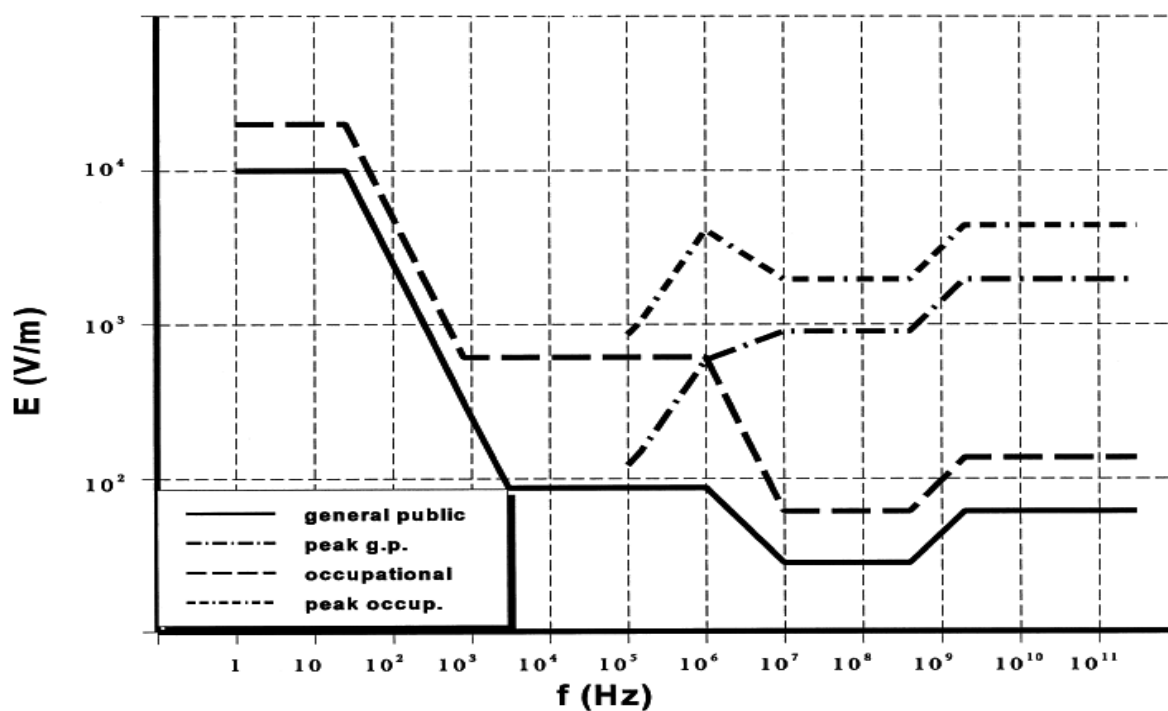
PT har basert sine målinger på *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields April 1998, Volume 74, Number 4* utgitt av *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*.

**Table 7.** Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).<sup>a</sup>

Frequency range	E-field strength (V m <sup>-1</sup> )	H-field strength (A m <sup>-1</sup> )	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density $S_{eq}$ (W m <sup>-2</sup> )
up to 1 Hz	—	$3.2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	—
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**

Måleresultatene viser lave verdier. Eksponeringen er størst i målepunkt 2, hvor total eksponering utgjør 1,04 promille av ICNIRP grenseverdi.

At eksponeringen er størst i målepunkt 2 i forhold til de to andre målepunktene, skyldes først og fremst at avstanden mellom senderantenne og måleantenne er minst i dette punktet.

Post- og teletilsynet, Frekvenskontrollen  
24. september 2010

### 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