

Rapport:

Måling av elektromagnetisk feltnivå

Bekketunet barnehage
Hjalmar Johansensgate 4, 4019 Stavanger.

Målingen utført av: Tor Mydland, overing. FK, Post- og teletilsynet
Anders Lyngstad, overing. FK, Post- og teletilsynet
Øystein Bakke, overing. FK, Post- og teletilsynet

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

Oppdragsgiver: Stavanger kommune, v/ eiendomssjef Jostein Førland

Dato for målingene: Onsdag 22. oktober 2008



1. Innledning.

På bakgrunn av henvendelse fra Stavanger kommune v/ eiendomssjef Jostein Førland, har Post- og teletilsynet (PT) ved Frekvenskontrollen i Stavanger og Bergen foretatt målinger av feltstyrke i tre forskjellige bygg som disponeres av Bekketunet barnehage. Bakgrunnen for å foreta målinger er at Stavanger kommune ønsker å få kartlagt feltstyrkenivå i forbindelse med en basestasjon for mobiltelefon som står i nærheten av Bekketunet barnehage.

2. Målinger.

Målingene ble utført onsdag 22. oktober 2008. Målingene ble utført som stikkprøver i lokalene. Punktene er valgt ut i forhold til antennen til basestasjonen, slik at det ble målt på de stedene som blir mest eksponert, og som personell oppholder seg. Det er bare målt innendørs.

Frekvenser.

Tjenester med følgende frekvenser ble målt:

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



Bekketunet barnehage, Hjalmar Johansensgate 4, 4019 Stavanger. (Foto er tatt før utbygging av alle avdelingen ved barnehagen)

Pos N 58° 57' 01' E 005° 43' 36'

3. Måleutstyr.

Målingene er utført med spektrumsanalysator og måleprogrammet RFEX ver. 4.1 levert av Rohde & Schwarz. I denne målepakken inngår en kalibrert antenne TS-EMF som måler i tre plan. Det er benyttet målemaler for WLAN, UMTS, DECT og GSM 900 / GSM 1800, samt FM-båndet.

Måleprogrammet foretar målinger etter anbefalinger fra ICNIRP.

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100032
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert ved innkjøp i 2004

Spektrumsanalysator	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: FSH 6	Serie nr. 103864
Frekvensområde: 9 kHz – 6 GHz	Kalibrert: 15.8.2008

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 flere målinger i forskjellige punkter 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: $ER\% = ER \cdot 100\%$.

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.

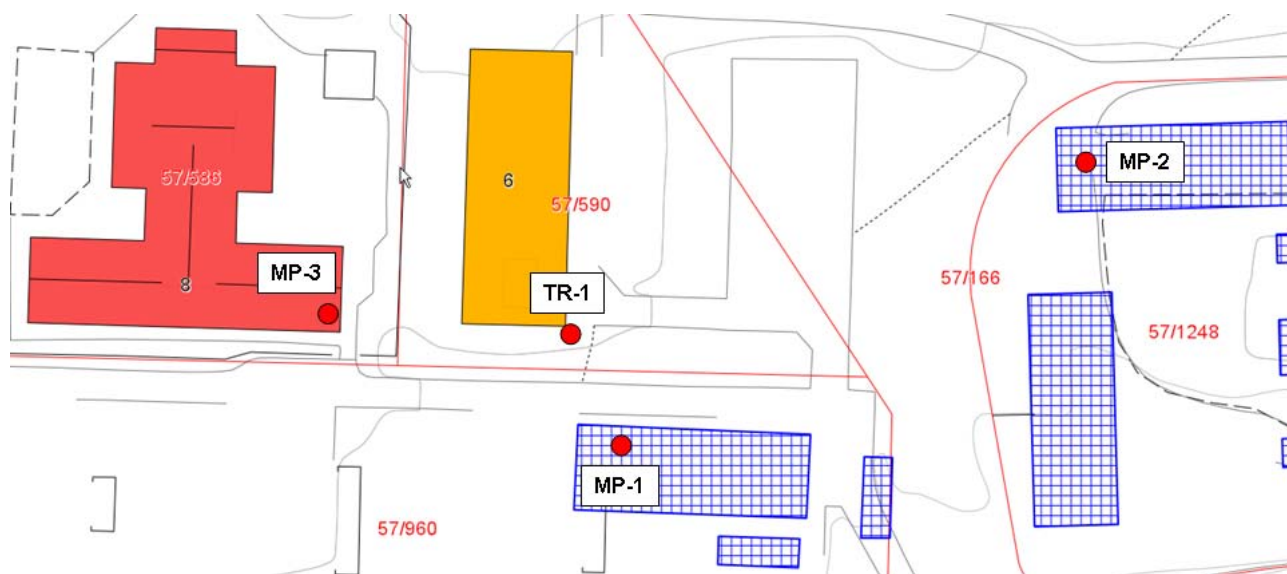
Det måleoppsettet som blir brukt for målinger i frekvensområdet 80 – 3000 MHz genererer de ovennevnte verdiene automatisk, samtidig som det måler gjennomsnittet over en 6 minutters periode slik det er anbefalt å gjøre i følge ICNIRP.

Dersom man måler på et GSM-signal (eller tilsvarende system) så vil middeffekten varierer 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 tilsvarende måte vil vi for WLAN oppgi en måleverdi som vil gjelde full belastning i kanalen.

5. Måleresultater.

Oversikt målepunkter:

Kode	Beskrivelse	Avstand fra basestasjon
MP-1	Avdeling fiolett	12 m
MP-2	Avdeling blå	56 m
MP-3	Avdeling hvit	25 m
TR-1	Basestasjon	0 m



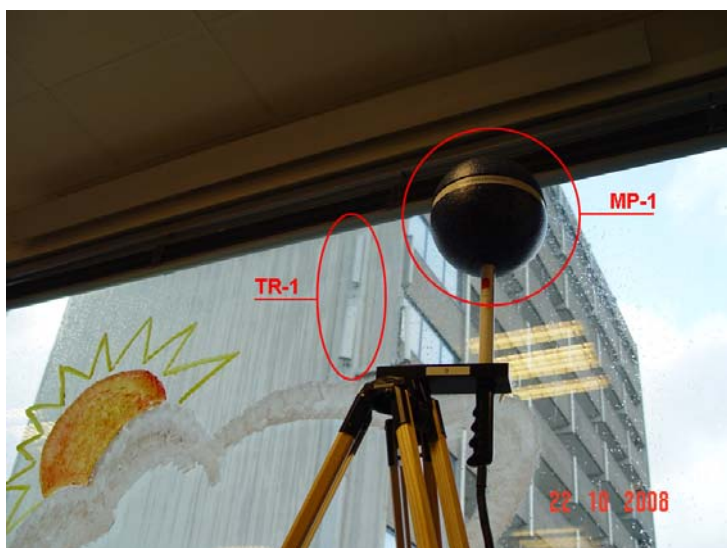
Målepunkt 1 (MP-1), avdeling fiolett.

Målingen ble utført i 2. etasje, i nærmeste rom til TR-1. Det er målt med måleantenne i to forskjellige høyder; 1,70 m. over gulvet og 1,00 m. over gulvet. Målepunktet vises på bilde som MP-1. Tabellen viser gjennomsnitt av de to høydene.

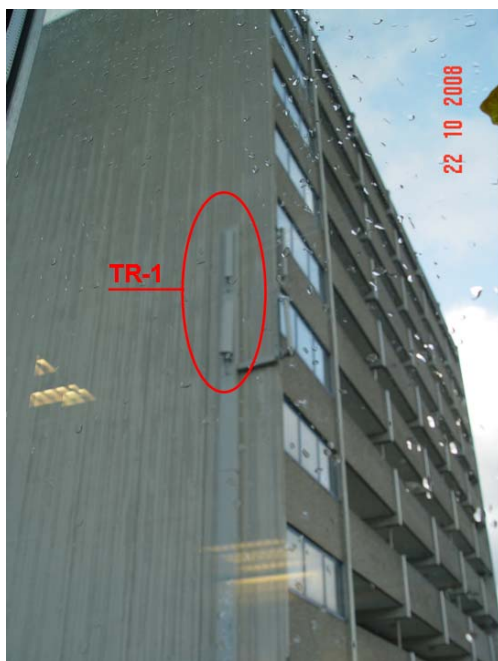
Avstand fra TR-1 til målepunkt (MP-1) er ca.12 meter.

I målepunkt 1 har vi målt GSM 900/ GSM 1800 og UMTS.

Målepunkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Feltstyrke E [V/m]	Effekttetthet S [mW/m ²]	Grenseverdi L [V/m] ([mW/m ²])	Eksposering s-faktor $ER = E^2/L^2$	Relativ verdi av grense $ER*1000^{0/100}$
MP-1	GSM / 900	0,470	0,592	42,5 (4750)	0,00012	0,12
MP-1	GSM / 1800	0,226	0,137	59,5 (9350)	0,000014	0,014
MP-1	UMTS / 2100	0,0459	0,00565	61,0 (10000)	0,00000057	0,00057
Sum pkt 1	-	0,524	0,736	-	-	-



MP-1 nærmest, TR-1 på boligblokk.



TR-1 plassert på boligblokk.

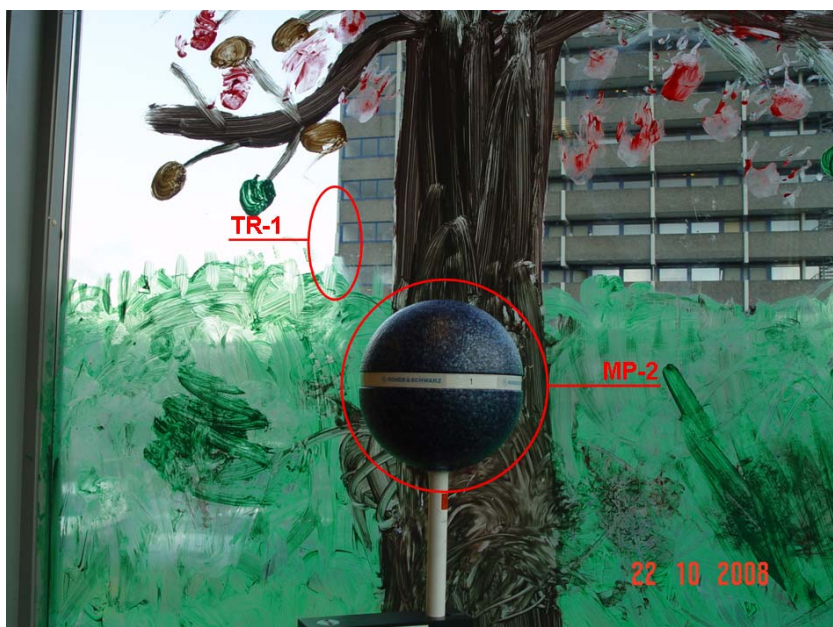
Målepunkt 2 (MP-2), avdeling blå.

Målingen ble utført i 2. etasje, i nærmeste rom til TR-1. Det er målt med måleantenne i to forskjellige høyder; 1,70 m. over gulvet og 1,00 m. over gulvet. Målepunktet vises på bilde som MP-2. Tabellen viser gjennomsnitt av de to høydene.

Avstand fra TR-1 til målepunkt er ca.56 meter.

I målepunkt 2 har vi målt GSM 900/ GSM 1800 og UMTS.

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 $ER*1000^{0/00}$
MP-2	GSM / 900	1,45	5,62	42,5 (4750)	0,00116	1,16
MP-2	GSM / 1800	0,185	0,0915	59,5 (9350)	0,0000096	0,0096
MP-2	UMTS / 2100	0,053	0,00754	61,0 (10000)	0,00000075	0,00075
Sum pkt 2	-	1,46	5,75	-	-	-



MP-2 nærmest, TR-1 på boligblokk.



Plassering av MP-2.

Målepunkt 3 (MP-3), avdeling hvit.

Målingen ble utført i 1. etasje, i nærmeste rom til TR-1. Det er målt med måleantenne i to forskjellige høyder; 1,70 m. over gulvet og 1,00 m. over gulvet. Målepunktet vises på bilde som MP-3. Tabellen viser gjennomsnitt av de to høydene.

Avstand fra TR-1 til målepunkt er ca.25 meter. Målepunktet ligger delvis bak antennen.

I målepunkt 3 har vi målt GSM 900/ GSM 1800 og UMTS.

Målepunkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Feltstyrke E [V/m]	Effekttetthet S [mW/m ²]	Grenseverdi L [mW/m ²] (V/m)	Eksposering s-faktor $ER = E^2/L^2$	Relativ verdi av grense $ER*1000^{0/100}$
MP-3	GSM / 900	0,215	0,125	42,5 (4750)	0,000026	0,026
MP-3	GSM / 1800	0,0773	0,0161	59,5 (9350)	0,0000017	0,0017
MP-3	UMTS / 2100	*1	*1	61,0 (10000)	*1	*1
Sum pkt 3	-	0,228	0,14	-	-	-

*1: Ikke målbart



Plassering målepunkt 3.



Plassering målepunkt 3.

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 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

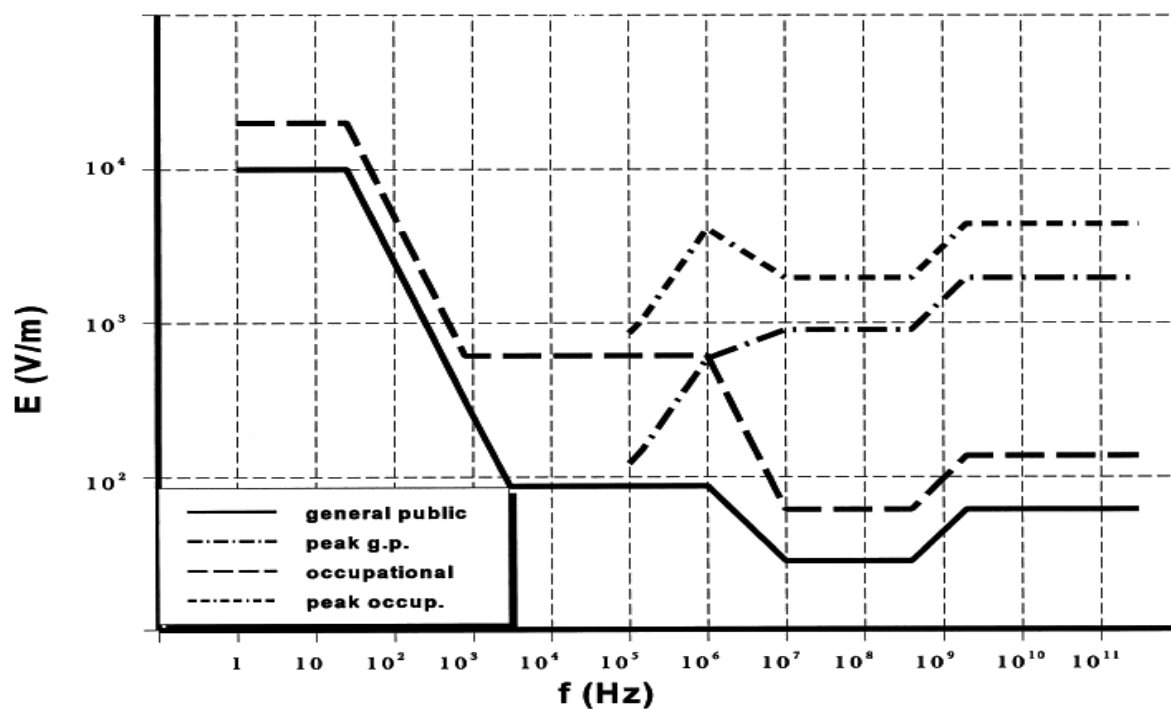
6. Metoder og grenseverdier.

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.

En kort oppsummering av måleresultatene viser at det største nivået som ble målt er på $5,75 \text{ mW/m}^2$ ($1,46 \text{ V/m}$), målt på avdeling blå. Dette er totalverdien av GSM 900/1800 samt UMTS. Om vi legger den strengeste grenseverdien til grunn, dvs for GSM 900, utgjør dette i verste fall ikke over 2,25 promille av ICNIRP grenseverdi på 4750 mW/m^2 .

Måleusikkerhet: Dersom vi tar hensyn til usikkerheten i målingene (se pkt 4), vil nivået kunne ligge i intervallet mellom $1,5 \text{ mW/m}^2$ ($0,75 \text{ V/m}$) og $21,4 \text{ mW/m}^2$ ($2,82 \text{ V/m}$) Til sammenligning er ICNIRP grenseverdi for GSM 900 4750 mW/m^2 og for UMTS 10000 mW/m^2 .

Post og teletilsynet, FK
3. november 2008

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