

Notat: Beregning av maksimal stråling i et soverom og i en korridor fra en AMS-måler.

Dato: 21.06.2018

Utarbeidet av: Jostein Ravndal, siv.ing. elektroteknikk

Innledning.

I dette notatet er teoretisk effekttetthet (stråling) fra en AMS-måler i et maskenett beregnet for ulike avstander fra målerens antenne. Den ene beregningen er gjort for et soverom der det er en enkel trevegg mellom AMS antennen og soverommet. Den andre beregningen er gjort for en korridor der det er montert en AMS antenne på veggen.

Det er vanlig at AMS-målerne sender på full styrke under innkjøring av AMS maskenettet, etter oppgradering av software, ved reetablering av veier i nettverket etter utfall av sendere eller andre forstyrrelser osv. Det er derfor brukt AMS-målerens maksimalt tillatte sendeeffekt som er 820 mW e.i.r.p., ved beregning av maksimal strålingsbelastning.

AMS-målerne har automatisk justering av sendestyrken. Det betyr at sendestyrken vil variere med avstand og hindringer som finnes for radiobølger mellom AMS-målerne. Dersom en vet aktuell sendestyrke til den installerte AMS-måleren, så kan en redusere tallene i beregningsresultatene pro rata for å finne tilsvarende effekttetthet. Hvis aktuell sendestyrke f.eks. er halvparten av maksimal styrke, så halveres tallverdiene i beregningsresultatene nedenfor.

Beregningsforutsetningene er beskrevet i siste del av notatet.

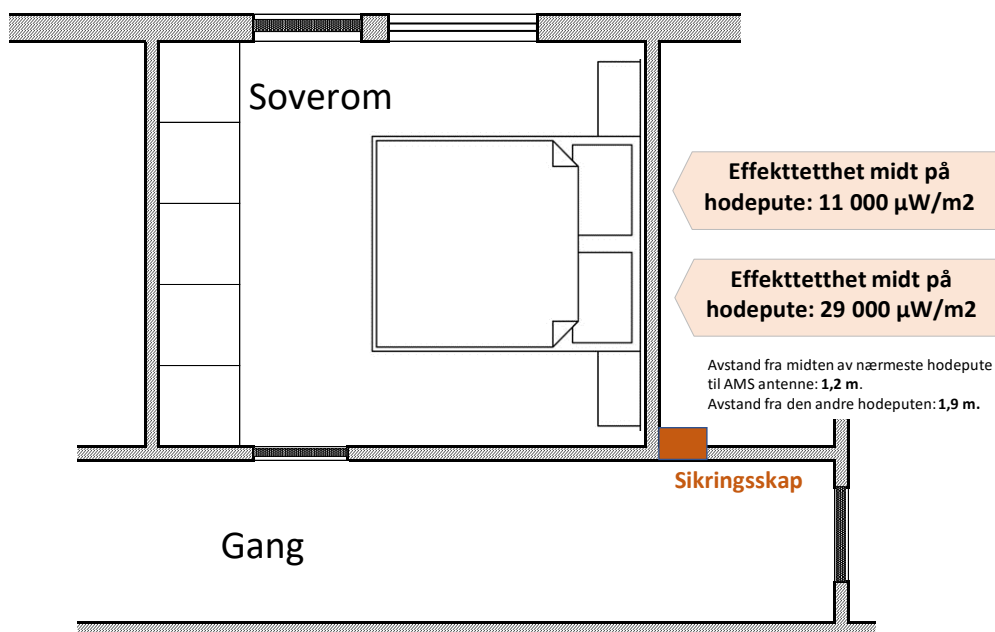
Effekttetthet på soveplassen.

Soverommet som er vist i tegningen i figur 1 under er et reelt eksempel. Tegningen viser soverommet og plassering av sikringsskap i forfatterens hjem. Boligen ble bygget på 70-tallet og da var det var ingen som tenkte på at sikringsskapet burde plasseres lengst mulig borte fra soverommene. Antakelig finnes det mange tilsvarende eksempler på uheldig plassering av sikringsskap i norske boliger.

Konsekvensen av at sikringsskapet står nær soverommet er at effekttettheten blir høy på soveplassen når det installeres en AMS-måleren i sikringsskapet med en ekstern antenne som stikker ut på undersiden av skapet:

- Effekttettheten blir hele 29 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ i hodeenden på sengen nærmest sikringsskapet (avstand 1,2 m).
- Effekttettheten blir 11 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ i hodeenden på sengen lengst borte fra sikringsskapet (avstand 1,9 m).

Dersom AMS-måleren ikke sender på full styrke, men f.eks. 50% av full styrke, så blir effekttettheten på soveplassene tilsvarende lavere, nemlig 14 500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ og 5 500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.



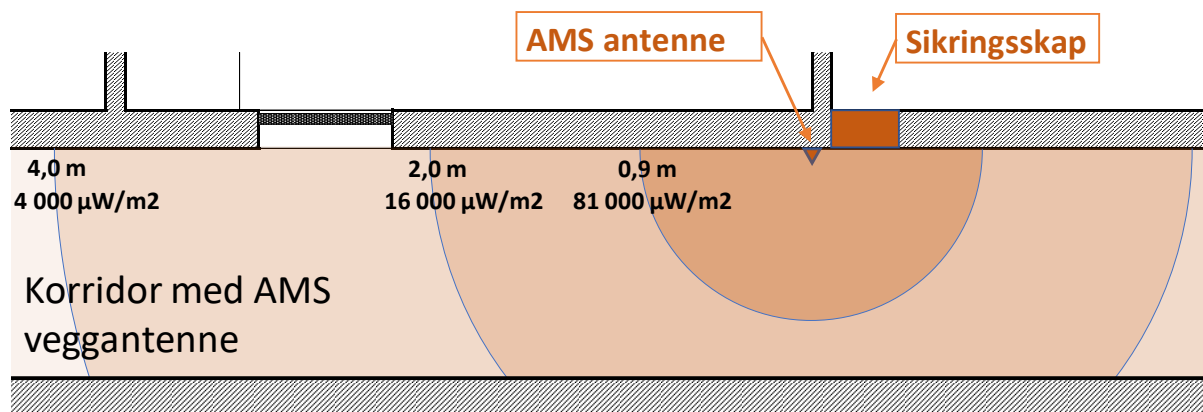
Figur 1 Skisse av soverom og effekttetthet når AMS-måleren sender med full styrke.

Effekttetthet i korridor

I figur 2 nedenfor er det vist et eksempel på beregning av maksimal effekttetthet fra en AMS antenne som er plassert i en korridor. Effekttettheten er beregnet på 0,9 m, 2,0 m og 4,0 m avstand fra antennen:

- I avstander nærmere antennen enn 0,9 m blir effekttettheten høyere enn 81 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ når det sendes på full styrke.
- På 2 m og 4 m avstand blir effekttettheten henholdsvis 16 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ og 4 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

Dersom AMS-måleren ikke sender på full styrke, men f.eks. 50% av full styrke, så blir effekttettheten tilsvarende lavere, nemlig henholdsvis 2 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ og 8 000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ på henholdsvis 4 m og 2 m avstand. På avstander mindre enn 0,9 m blir den høyere enn 40 500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.



Figur 2 Skisse av 1,2 m bred korridor og effekttetthet når AMS-måleren sender med full styrke.

Beregningsforutsetninger.

AMS-målerne, maksimal utstrålt effekt og målesystem for utstrålt effekt.

Det finnes to forskjellige målesystemer for å angi utstrålt effekt fra en radiosender. Disse brukes litt om hverandre i standarder og retningslinjer. Begge systemene bruker mW eller W som måleenhet. For å skille mellom systemene brukes betegnelsene e.r.p. (ekvivalent utstrålt effekt) og e.i.r.p. (ekvivalent isotropisk utstrålt effekt). Omregningsfaktor fra e.r.p. til e.i.r.p. systemet er 1,64.

Når en skal beregne strålingens styrke (effektettheten) på en viss avstand så forutsetter den beregningsformelen vi bruker at utstrålt effekt oppgis i e.i.r.p. systemet. Også ved sammenligning av utstrålt effekt med f.eks. mobiltelefoner, må en bruke e.i.r.p. systemet da mobiltelefonenes utstrålte effekt er oppgitt i dette systemet.

Alle AMS-målerne følger samme regelverk mht maksimal sendestyrke, denne er gitt i fribruksforskriftens § 7a. I denne forskriften er maksimal tillatt utstrålt effekt oppgitt til 500 mW e.r.p. Omregnet til e.i.r.p.-systemet blir maksimal utstrålt effekt fra en AMS-måler **820 mW e.i.r.p.**

Beregningsforutsetninger.

I beregninger av sendestyrke i forhold til grenseverdier eller påvirkning av mennesker brukes såkalte worst-case verdier. Dette for å sikre at en ikke undervurderer forhold av betydning.

Sendestyrke. Det er vanlig at AMS-målerne sender på full styrke under innkjøring av AMS maskenettet, oppgradering av software, reetablering av veier i nettverket etter utfall av sendere eller andre forstyrrelser osv. Det er derfor rimelig å bruke maksimal sendeeffekt ved vurdering av maksimal strålingsbelastning.

Antenneplassering. For beregning av effektetthet i soverommet er det forutsett at det er brukt en antenne som stikker ut i underkant av sikringsskapet (se fig 1). Det betyr at det er en enkel trevegg mellom antennen og soverommet. For beregningen i korridoren er det forutsatt en veggmontert antenne på veggen ut mot korridoren (se fig 2).

Demping i vegger. Det forutsettes trematerialer i skillevegger mellom sikringsskap og soverom. Jeg kjenner ikke spesifikt til norske målinger av demping i trehus og har derfor tatt utgangspunkt i en tysk oversikt over demping i ulike materialer ref. „[Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld](#)“, utgitt av Bayerisches Landesamt für Umwelt, side 21. Jeg har brukt samme verdier for demping i innervegger som de som er vist for yttervegger i ferdighus. Dempingen blir da 2 dB per trevegg svarende til en faktor på 1,58.

Formel for beregning av effektetthet.

Formelen nedenfor er benyttet for beregning av effektetthet. Formelen gjelder for beregning av effektetthet i det såkalte fjernfeltet, dvs i en viss avstand fra antennen. Det er ikke en klar grense for når fjernfeltet begynner, og det er også ulike meninger om dette blant fagfolk. Ofte angis fjernfeltet å begynne et sted mellom 2 og 3 bølgelengder fra antennen. I dette notatet har jeg brukt en verdi på 2,5 bølgelengder.

For AMS-målere som sender i 870 MHz området (Aidon og Nuri) gjelder beregningene for avstander større enn 0,9 meter fra antennen. For målere som sender i 440 MHz området (Kamstrup) blir tilsvarende tall 1,7 m.

Den enkle beregningsformelen som er vist nedenfor kan ikke brukes til å beregne effektettheten nærmere antennen enn disse minimumsavstandene. Effektettheten vil øke desto nærmere en

kommer senderantennen. Å beregne hvor mye, lar seg ikke gjøre på generell basis, og er meget komplisert. Det blir normalt ikke gjort, og er ikke omhandlet i dette notatet.

Formel for beregning av effekttetthet:

$$S = \left(\frac{P}{4\pi R^2} \right) * \frac{1}{D}$$

- **S: Effekttetthet (stråling)**
- **P: utstrålt effekt eirp**
- **R: avstand fra AMS sender**
- **D: demping**

Dempingen (D) i en trevegg er satt til 1,58. Når RF-strålingen ikke dempes av vegger eller lignende er dempingen (D) lik 1.

Grenseverdier

Det uenighet om hvilke grenseverdier som skal benyttes – biologisk baserte eller grenseverdier basert på oppvarming av kroppsvev. Dette notatet er en ren teknisk beregning av maksimal effekttetthet i RF strålingen fra en AMS måler og diskusjon av grenseverdier er derfor utelatt.

Stavanger 21.06.2018

Jostein Ravndal