

## Yttrande angående PTS förslag till föreskrifter om undantag från tillståndsplikt för användning av vissa radiosändare, Dnr. 18-823

Undertecknad är 73 år gammal, är teknologie doktor och teknologie licentiat med vågutbredning och optik som specialitet, och har varit verksam inom telekom, elektronik och optik sedan 1966. Jag har bl.a. arbetat på dåvarande Televerket, LM Ericsson, Institutet för Optisk forskning, Kungliga tekniska högskolan, och Chalmers tekniska högskola. En tid under 80-talet verkade jag i USA vid olika företag, bl.a. vid det anrika National Bureau of Standards i Boulder, Colorado. I början av 90-talet arbetade jag vid tekniska högskolan i Esbo Finland, vid den Teletekniska institutionen, där jag bl.a. undervisade i telekom och handledde doktorander. Jag har även varit fristående konsult inom telekom och optik, och har samarbetat med ESA, European Space Agency inom optik och vågutbredning.

Mitt yttrande berör i första hand bestämningen av ett lämpligt mått för utgående effekt från en amatörradiosändare och mer specifikt den effekt som lämnar antennen i fjärrfältet (anmärkning: ofta, men inte alltid, räcker det att mäta i närfältet). Efter långa diskussioner [Ref 1] kom jag fram till att det bästa sättet är att tillämpa begreppet e.i.r.p (effective isotropic radiated power) [Ref 2], och inte sändarens inmatade effekt till antennen i PEP (Peak Envelope Power) [Ref 2] [Ref 3]. Detta begrepp beskriver ett worst case, som utgår ifrån sändarens uteffekt (räknad i watt eller exempelvis dBm, eller dBW), antennens maximala förstärkning i huvudloben (räknad i gånger förstärkningen hos en isotrop antenn, eller dBi), samt bandbredden hos sändarens modulering (räknad i gånger, eller dB relativt en enhetsbandbredd) i någon vald enhet, exempelvis Hz eller kHz.

Ett exempel gäller en SSB-sändare på 1000 W med ett talband som är 3 kHz brett, vilken matar en halv vågsdipol för 80-metersbandet med en förstärkning av 5 dBi. Uteffekten mätt i e.i.r.p. blir då, räknad i watt för sändaren, gånger för antennen och gånger för bandbredden, 1000 W/kHz. Om man istället räknar i dB, blir på motsvarande sätt uteffekten i e.i.r.p. 30 dBW/kHz, eller om man föredrar dBm och Hz, 90 dBm/Hz.

Dessa resultat verkar kanske till att börja med paradoxala för läsaren! Vad har jag gjort för att få fram dessa resultat? Jo, jag har i första fallet multiplicerat sändarens uteffekt i watt (eller milliwatt) med antennförstärkningen i gånger, relativt en isotrop antenn, och därefter, dividerat med bandbreddsökningen hos moduleringsbandbredden i gånger, relativt enhetsbandbredden. Observera i detta fall, att om exempelvis antennförstärkningen istället skulle vara mindre än den isotropa antennen, och bandbredden mindre än enhetsbandbredden så blir "ökningen" i förstärkning ett positivt tal mindre än 1, och "minskningen" i bandbredd ett negativt tal större än -1! I nästa fall har jag istället adderat sändarens uteffekt i dBW (eller dBm) till antennförstärkningen i dB, relativt en isotrop antenn (dBi, i detta fall ett positivt tal) och bandbreddsminskningen räknad i dB, relativt enhetsbandbredden (dBW eller dBm, i detta fall ett negativt tal). I det andra, motsvarande fallet, får jag istället addera ett negativt dB-tal för antennen, och ett positivt dB-tal för bandbredden.

En uppmärksam läsare observerar nu en paradox: vad händer då bandbredden går mot noll [Ref 4]? Då skulle ju e.i.r.p. gå mot oändligheten! Jag konstaterar dock att detta inte är ett realistiskt fall, eftersom bandbredden, även hos en bärvåg, i praktiken alltid är skild från noll, på grund av t.ex fasbrus hos sändaren. Läsaren hänvisas nu till en annan paradox: vad händer om bandbredden går

mot oändligheten, det vill säga om hela det tillgängliga modulationsspektrumet skulle användas? Är detta ett realistiskt fall?

En annan viktig fråga: Hur tar man fram sändarens uteffekt och bandbredd, samt antennens största förstärkning i huvudloben? De kan naturligtvis mätas, uteffekten med en effektmeter, bandbredden med en spektrumanalysator och antennförstärkningen också med en effektmeter, men placerad på olika platser kring antennen. Den "vanliga" amatören har dock inte ofta tillgång till sådana sofistikerade instrument. Han får då förlita sig på fabrikanternas uppgifter. Den något mindre vanliga amatören kan dock beräkna sin antennförstärkning genom att använda lämpligt datorprogram för antennberäkningar [Ref 5].

Slutligen, i ett appendix [App 1], visar jag exempel på två utskrifter från ett datorprogram utvecklat av VK3UM [Ref 6]. Dessa berör specifikt signaler från amatörradiosändare och speciellt, farlig strålning för människokroppen. Min slutsats i detta speciella sammanhang är, att det är medeleffekten i strålstyrkan ( $W/m^2$ ) från antennen som man bör ta hänsyn till hos en typisk amatörradiosignal. [Ref 6] [Ref 7]. I det följande ska jag försöka belysa detta genom beräkningar, utförda med hjälp av detta datorprogram.

I detta fall görs beräkningar av medelvärdet av strålstyrkan i de s.k. närfältet och fjärrfältet av antennen. I en referens från Strålsäkerhetsmyndigheten nämner man också strålstyrkan eller ekvivalent strålningstäthet för en plan våg (dvs vågen i fjärrfältet) för frekvenser över 10 MHz (se Tabell 2 i [Ref 8]).

Resultatet av praktiska antennstudier speciellt för en yagi, med en tre våglängder lång bom för 144 MHz (en modifierad YU7EF-antenn [Ref 8]) stämmer väl överens med VK3UM:s datorprogram. I detta appendix redovisas också en halvvågsdipol för 3,5 MHz. Det skulle kunna vara intressant att utvärdera även andra typer av antenner än de ovan nämnda med hjälp av VK3UM:s metoder. Även andra frekvenser kunde studeras. En intressant referens i detta sammanhang behandlar den om praktiska fältmätningar gjord av Strålsäkerhetsmyndigheten på olika typfall av antenner vid olika frekvenser, se Tabell 1 i [Ref 9].

Slutligen kan jag nu hävda att det inte bara är medeleffekten i strålstyrkan hos en utsänd amatörradiosignal som har betydelse, utan att även hänsyn måste tas till frekvensspektrum hos signalen. Ett förvrängt spektrum (orsakat exempelvis av sidbands- och fasbrus, samt av intermodulationsprodukter [Ref 1]) kunde störa annan radiotrafik och även känsliga elektroniska apparater. Även hög sändareffekt kan störa. Dessa typer av störningar bör alltså regleras av PTS. Störningar på grund av hög uteffekt från en amatörradiosändare kan ofta avhjälpas med lite god vilja från inblandade parter. Nämnda störningar från spektralinhåll och styrkan hos signalen regleras redan i viss mån av PTS, men sammanfattningsvis anser jag att PEP-effekten tillförd antennen är onödig att reglera för en amatörradiosignal, och att istället e.i.r.p.-värdet är den relevanta storheten. Det maximalt tillåtna värdet för medelvärdet av strålstyrkan i  $W/m^2$  är å andra sidan avgörande som ett gränsvärde för människokroppen, och blir då specifik för använda frekvenser och kan lätt mätas med befintlig apparatur.

För fortsatta studier i radioteknik och antenner kan jag rekommendera Anders Svärdröms bok "Modulation och teleteknik" (Studentlitteratur 1996) [Ref 10].

*Med vänlig hälsning*

*Peder Rodhe  
SM5DWF*

Ref 1: Diskussion med Rolf Folkesson, SM5HP.

Ref 2: PTS, 2018, Samråd om PTS förslag om nya föreskrifter om undantag från tillståndsplikt för användning av vissa radiosändare. <http://pts.se/sv/dokument/remisser/radio/2018/samrad-om-pts-forslag-om-nya-foreskrifter-om-undantag-fran-tillstandsplikt-for-anvandning-av-vissa-radiosandare/>

Ref 3: ESR, Experimenterande svenska radioamatörer, SM0AOM, 2015-02-14, Peak Envelope Power - PEP. <http://www.esr.se/index.php/maetteknik/1138-peak-envelope-power-pep>

Ref.4: Diskussion med Per Green, SM0DFP.

Ref 5: <http://www.qsl.net/4nec2/>

Ref 6: VK3UM Site Radiation (EMR) Calculator, Ver.7.12.  
<http://www.vk3um.com/emr%20calculator.html>

Ref 7: FCC, Federal Communications Commission Office of Engineering & Technology, Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, OET Bulletin 65, Edition 97-01, August 1997.

Ref 8: Strålsäkerhetsmyndigheten, Rapport 2015-12-16, Fältmätning av amatörradioanläggningar, Jimmy Estenberg, handläggare.

Ref 9: <http://www.yu7ef.com/ef0211b.htm>

Ref 10: Anders Svärdröm: Modulation och teleteknik, Studentlitteratur 1996, ISBN 91-44-00139-8.

App 1: VK3UM:s beräkning för halvvågsdipol för 3,5 MHz och för yagi, 144 MHz, med tre våglängder lång bom.

Sändlista: PTS [pts@pts.se](mailto:pts@pts.se), SSA (SM5PHU) [sm5phu@ssa.se](mailto:sm5phu@ssa.se), ESR (SM7EQL) [info@sm7eql.se](mailto:info@sm7eql.se), ESR (SM0AOM) [medlem@esr.se](mailto:medlem@esr.se), FRO Norrtälje [xter@wigulf.se](mailto:xter@wigulf.se), FRO Stockholm [jan.lennstrom@fro.se](mailto:jan.lennstrom@fro.se), SM5HP [henrietta.petronella76@gmail.com](mailto:henrietta.petronella76@gmail.com), SKOEN (SM0DFP) [per@sm0dfp.se](mailto:per@sm0dfp.se), SM6ENG [sm6eng@gmail.com](mailto:sm6eng@gmail.com), SM5BSZ Jäders Prästgård 635 05 ESKILSTUNA, SM0AQW Gamla Ekerövägen 42 178 34 EKERÖ, SM4BDQ [tord.ritzen@telia.com](mailto:tord.ritzen@telia.com)

Författarens adress:

Peder Rodhe

Södra Edebyvägen 12

764 91 VÄDDÖ

Email: [sm5dwf@telia.com](mailto:sm5dwf@telia.com) eller [peder.rodhe@telia.com](mailto:peder.rodhe@telia.com)

Tel.: +46 70 798 74 83

Amatörradiosignal: SM5DWF

Medlemskap:

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

Sveriges Sändareamatörer (SSA)

Experimenterande Svenska Radioamatörer (ESR)

Försvarets radioorganisation (FRO)

Väddö radioklubb (SKOEN)