

Introductie tot de ..



Stralingshygiëne bij het gebruik van
radiofrequente (RF-) stralingsbronnen
door radiozendamateurs

EMC/EMF-commissie
Willem J. van Gaalen, PAØWJG

18 September 2010

Agenda



In 14 minuten komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- Dromen van antennes
- Stralingsbronnen
- Risico's van radiofrequente straling
- Effecten voor de gezondheid
- Normen
- Bewustwording
- De eigen situatie
- Veilig werken

Dromen



Iedere amateur droomt wel eens.....van hoge antennemasten en grote antennes!

O, ja....



Hoe zit het nu met de stralingsrisico's voor de amateur, zijn gezin en...de burenen?

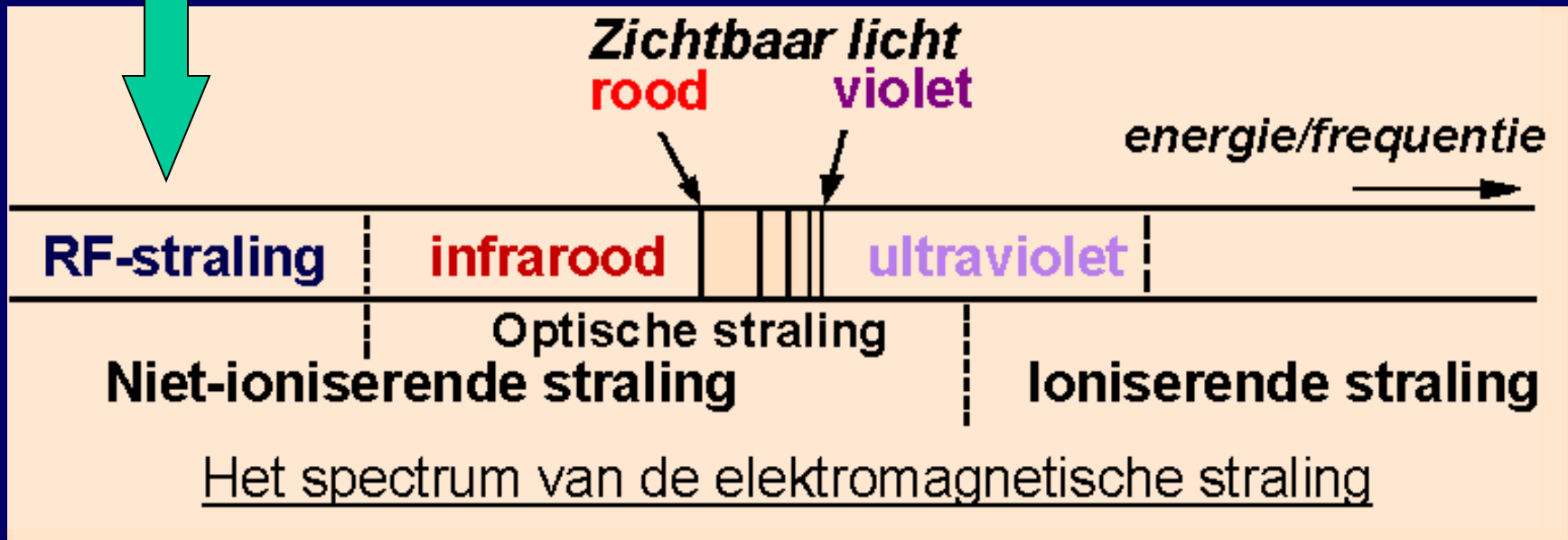


Waar praten we dus eigenlijk over?

Over RF-straling!



Oja, waar vinden we dit ook al weer?....



Het gebruik van RF-straling heeft vele toepassingen!

Toepassingen



Radiofrequente straling wordt in het gebied van 10 kHz tot 300 GHz gebruikt voor:

Verwarmingsdoeleinden (alle energie in warmte omgezet?)

- medische toepassingen (diathermie)
- verwarming van voedsel (magnetronoven)
- industriële verhittingsprocessen (drukinkt, metaal en plastics)

Toepassingen



Radiofrequente straling wordt in het gebied van 10 kHz tot 300 GHz gebruikt voor:

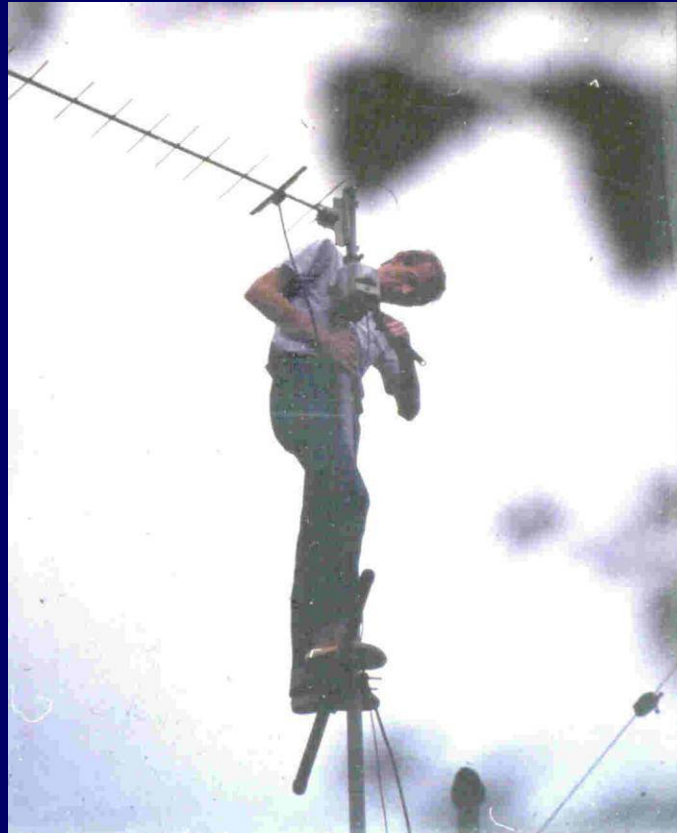
Verwarmingsdoeleinden (alle energie in warmte omgezet?)

- medische toepassingen (diathermie)
- verwarming van voedsel (magnetronoven)
- industriële verhittingsprocessen (drukinkt, metaal en plastics)

Informatieoverdracht (richtingsgevoeligheid)

- radarinstallaties
- communicatiesystemen (radioamateurs, portofoons, GSM-UMTS)
- straalverbindingen
- omroep (radio en televisie)

De radiozendamateur (HAM)



Loopt dus vele risico's!

Geldt dit ook voor de blootstelling aan RF-straling?

Neen, want..



De radiozendamateur is zich bewust van de risico's verbonden aan het gebruik van RF-straling, zoals bij:

HOOG/GROOT zendvermogen

- * binnenshuis /kleine antenne,
- * magnetische antenne (loop),
- * moonbounce,
- * meteorscatter.

LAAG/KLEIN zendvermogen

- * microgolfopstellingen,
- * paraboolantenne,
- * portofoon.

De HAM kent ...



De **neveneffecten** en gaat hiermee bewust om, zoals met:

Directe blootstelling aan:

- hoofdbundel, zijlussen (spillover, sidelobes)
- hoogspanning (brandwonden)
- bestraling door parasitaire röntgenstraling

De HAM kent ...



De **neveneffecten** en gaat hiermee bewust om, zoals met:

Directe blootstelling aan:

- hoofdbundel, zijlussen (spillover, sidelobes)
- hoogspanning (brandwonden)
- bestraling door parasitaire röntgenstraling

Indirecte blootstelling door effecten van inductie van spanning en stroom in geleiders:

- pacemaker (EMC, LFD en RFI)
- botpennen, gebit, ringen
- brand en explosie

De HAM weet....



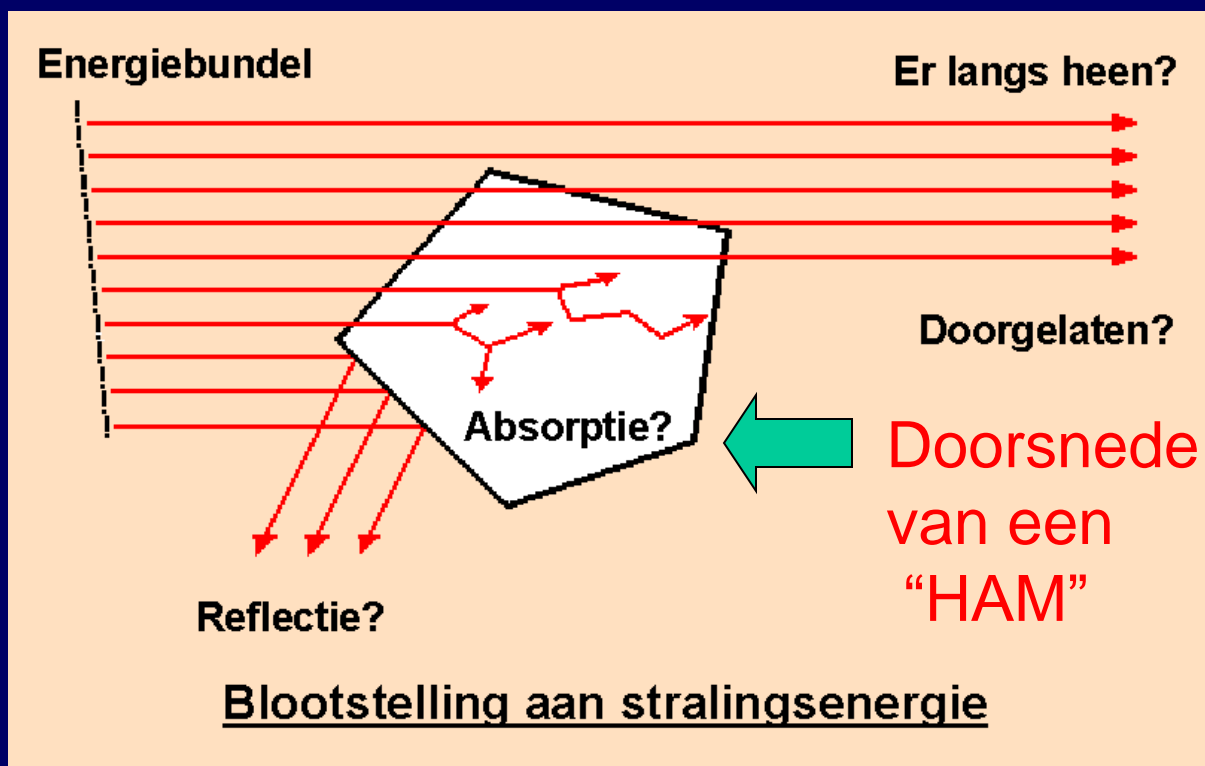
Dat bij blootstelling aan RF-straling de volgende effecten kunnen optreden:

- * **Het opwarmings- of thermisch effect**
(Dit is de basis voor de normstelling)
- * **Andere biologische effecten** (als resultaat van laboratorium onderzoeken):
 - resonantieverschijnselen
 - bloedafwijkingen
 - verstoring EEG en ECG
 - Chromosoomafwijkingen
- * **Subjectieve bevindingen**

De HAM weet bij “blootstelling” ...



Welke factoren een rol spelen



De HAM-vraag is hoeveel absorberen we en kan dit kwaad?

De HAM weet....



Dat absorptie van energie al sinds mensenheugenis een normale zaak is!

Straling	Voordeel (+)	Nadeel (-)
- Warmte	behaaglijkheid	verbrandingen
- Ultraviolet	vitaminevorming	lasogen, zonnebrand
- Licht	het zien	verblinding

De mate van absorptie is afhankelijk van de frequentie



Frequentieafhankelijkheid bij wisselwerking in biologisch weefsel (naar H.P. Swan).

Frequentie (MHz)	Golflengte (cm)	Absorptie * (%)	Indringdiepte (cm)	Opmerkingen
<150	>200	weinig	>20	Lichaam veelal transparant
150 – 1000	200 – 30	30 – 50	20 – 3	Schade aan interne organen
1000 – 3000	30 – 10	20 – 100**	3 – 1	Ooglens, testes
>3000	<10	40 – 70	<1	Huid (brandwonden), ooglens
± 2500	± 12			Kritische frequentie ooglens

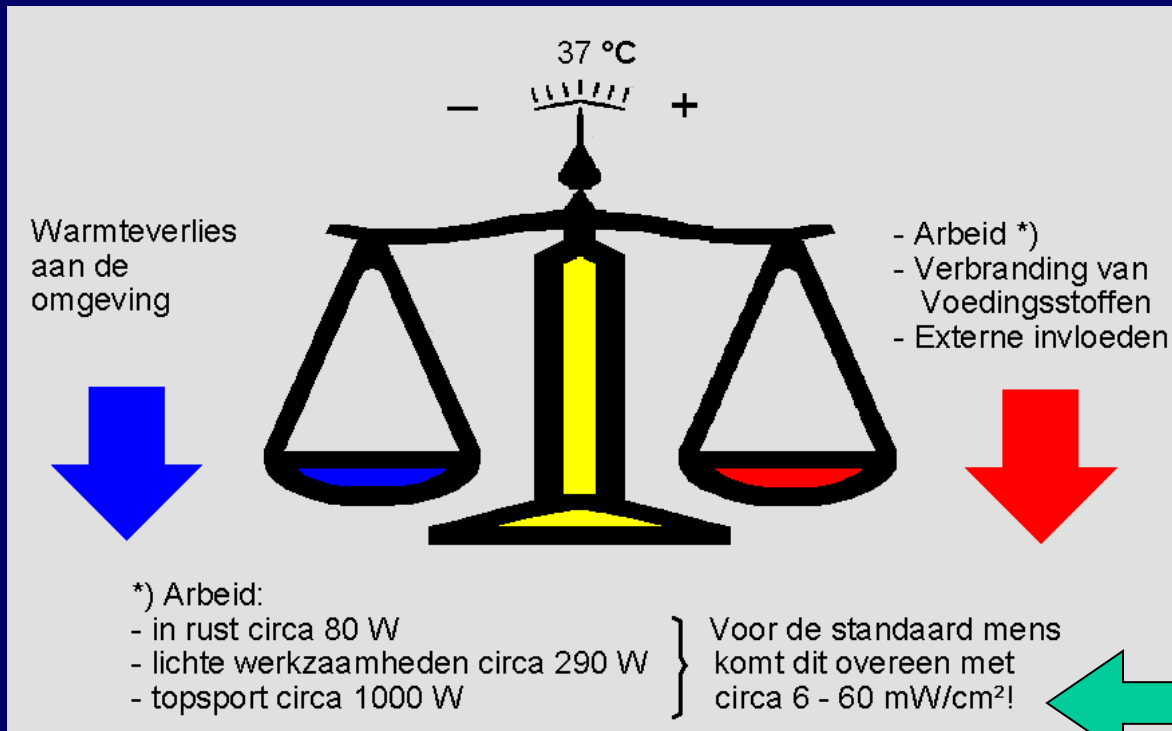
* De rest wordt gereflecteerd of doorgelaten.

** Is zeer afhankelijk van de weefstdikte en samenstelling.

Ook de lichaamstemperatuur.....

van de HAM wordt automatisch geregeld.

Zoals bij ieder ander mens!



Vergelijk dit met de normwaarde van 10 mW/cm²!

De lichaamstemperatuur mag slechts binnen nauwe grenzen variëren.

De vraag is nu....



1. Of we ons er van bewust zijn dat de extra warmte het gevolg is van absorptie van (stralings)energie,
2. Of we dit effect wel **bewust** kunnen waarnemen.

Waarneming & pijndrempel (2)



Bij de mens zijn er in de waarnemingsdrempel grote verschillen. De pijngrens ligt voor de meeste mensen op hetzelfde niveau.

Pijndrempel op de onderarm (naar Cook)

Pd (mW/cm ²)	Tijd (s)	Opmerkingen
3100	20	Frequentie 3 GHz; met een bestraald oppervlak op de onderarm van 9,5 cm ² .
2500	30	
1800	60	
1000	120	
830	> 180	

Let op: bij een overschrijding van 310 tot 83 x de normwaarde van 10 mW/cm²!

Elektromagnetische (EM-) straling van de zon



Absorptie van “warmte” in de huid

Hieraan zijn we gewend!



Hieraan laaft u zich maar al te graag!

Naast warmte effecten....



Bestaan er ook vele ander verschijnselen welke aan blootstelling van stralingsenergie worden toegeschreven....

De zogenaamde **subjectieve bevindingen.**

Subjectieve bevindingen (1)



Heb ik dat nou alleen?

- slecht concentratievermogen
- geheugenstoornis
- verminderde potentie
- gebrek aan eetlust
- slapeloosheid
- vermoeidheid
- bloeddrukdaling
- hartritme stoornissen
- verminderde reuk
- hoofdpijn
- haaruitval
- angst

Subjectieve bevindingen (2)



Bedenk, dat zelfs ...

bij blootstelling aan RF-straling met een niveau van de limietwaarde van $100\text{W}/\text{m}^2$ ($= 10\text{ mW}/\text{cm}^2$) gedurende:

uren per dag,..... en dagen achter elkaar,

Het verband tussen blootstelling en deze effecten niet is aangetoond!

Wettelijk kader RF-straling



Er bestaat nog géén wettelijk kader!

In Arbowet alleen “zorgen voor..”

- Militair: STANAG 2345 MED (8 maart 2002)
- Civiel:
 - Advies Gezondheidsraad GR97/1
 - ICNIRP
 - Europese richtlijnen

Alle adviezen en normen gaan uit van basisbeperkingen!

Basisbeperkingen ⁽¹⁾



De basisbeperkingen zijn afgeleid van het vermogen van een organisme om warmte te verdragen.

Deze stelling is ontleend aan het wetenschappelijk inzicht over de toe te laten stroomdichtheid in het lichaam.

Als dosimetrische eenheid wordt gehanteerd de “specific absorption rate”(SAR).

Dit is de opgenomen hoeveelheid warmte per massa eenheid per tijd, uitgedrukt in watt per kilogram (W/kg).

Basisbependingen (2)



De SAR is zelf niet meetbaar. Wel meetbaar zijn de fysische grootheden zoals vermogensdichtheid (W/m^2) en veldsterkte (A/m en V/m).

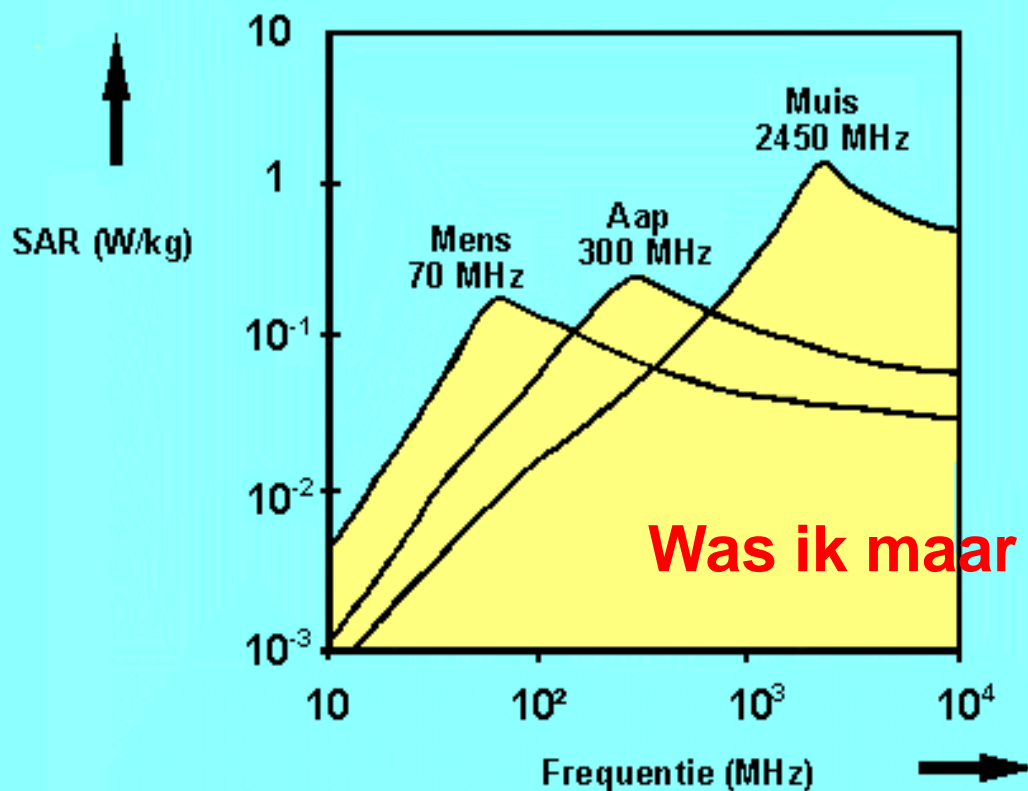
Als basisbepending voor het maximum toelaatbare blootstellingsniveau wordt bij frequenties:

- <100 MHz (HF) rekening gehouden met de SAR-waarden en de limieten van enkel- en contactstromen;
- >100 MHz gelden alleen de SAR-waarden.

SAR (2)



Het gemiddelde absorptietempo (SAR) in een standaard model mens, aap en muis, bij een blootstelling aan 10W/m^2 met E-polarisatie

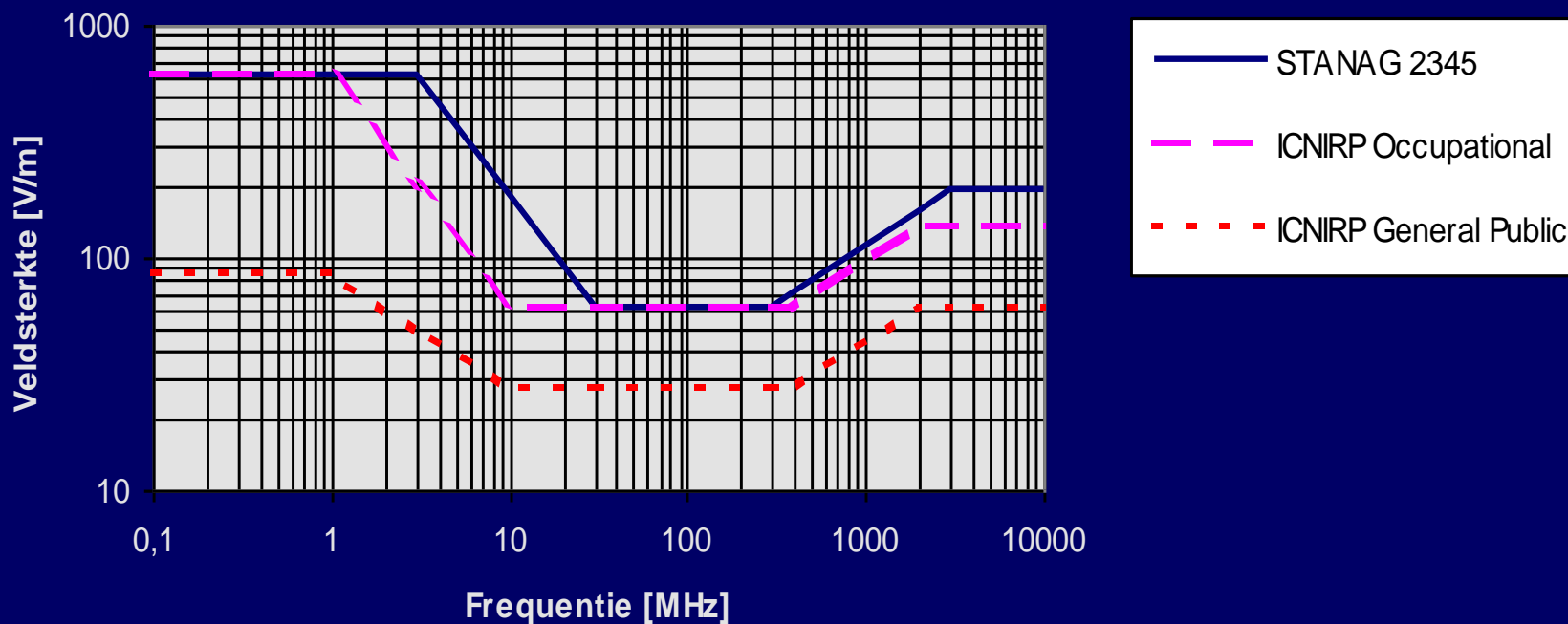


Voor het gebied waarin de mens het meest gevoelig is gelden dus lagere limietwaarden!

Vergelijking van normen



STANAG versus ICNIRP



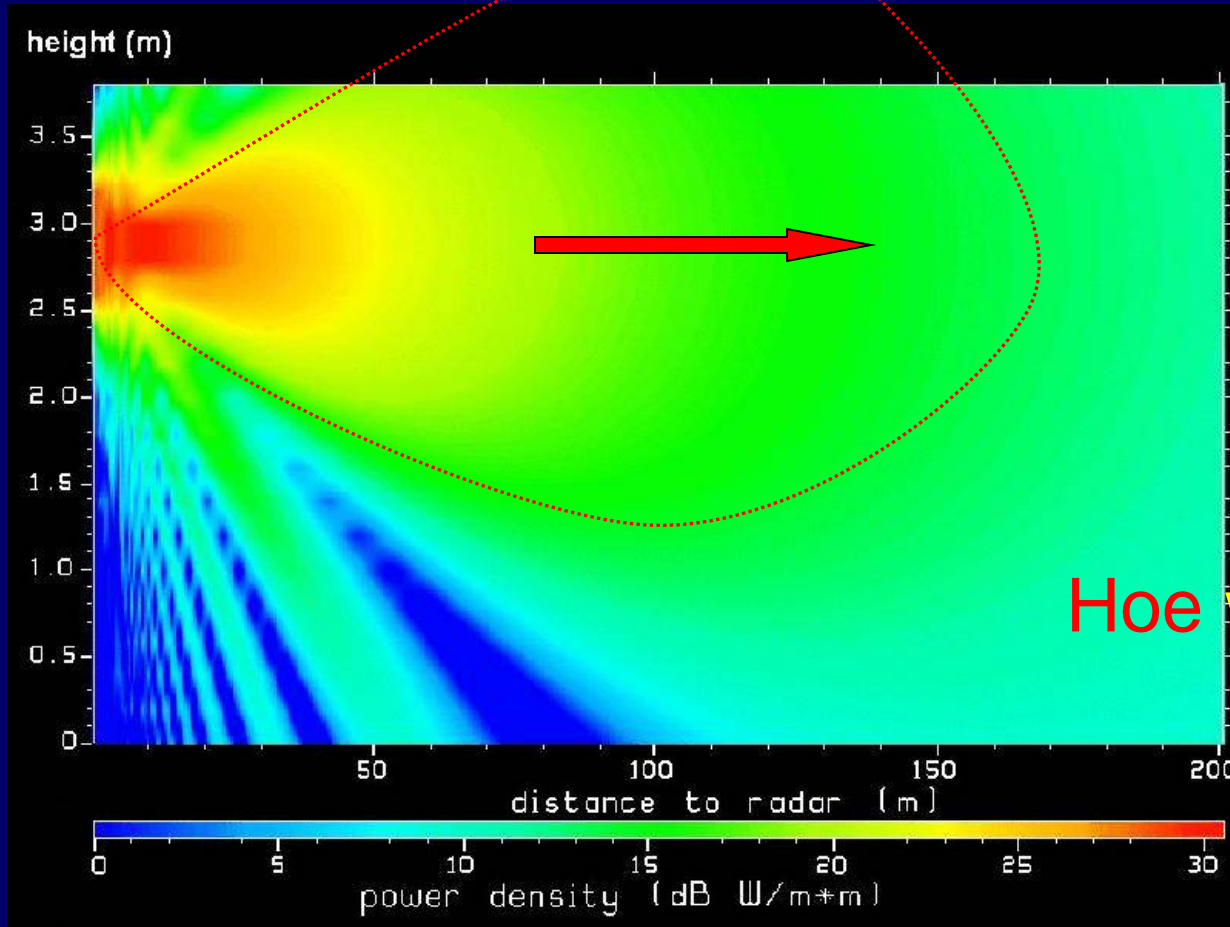
Voor radio(zend)amateurs geldt de ICNIRP!

Resumé blootstellingslimieten



- Gebaseerd op korte termijn effecten (het voorkomen van ontoelaatbare temperatuurverhoging in weefsel).
- Basisbeperking is SAR (Specific Absorption Rate).
- SAR is niet meetbaar, daarom afgeleide meetbare grootheid voor veldsterkte (E-, H- en B-velden), vermogensdichtheid, lichaamsstroom en piekwaarden.
- Gemiddeld over elke 6-minuten periode.

Staan de bureen aan straling bloot?



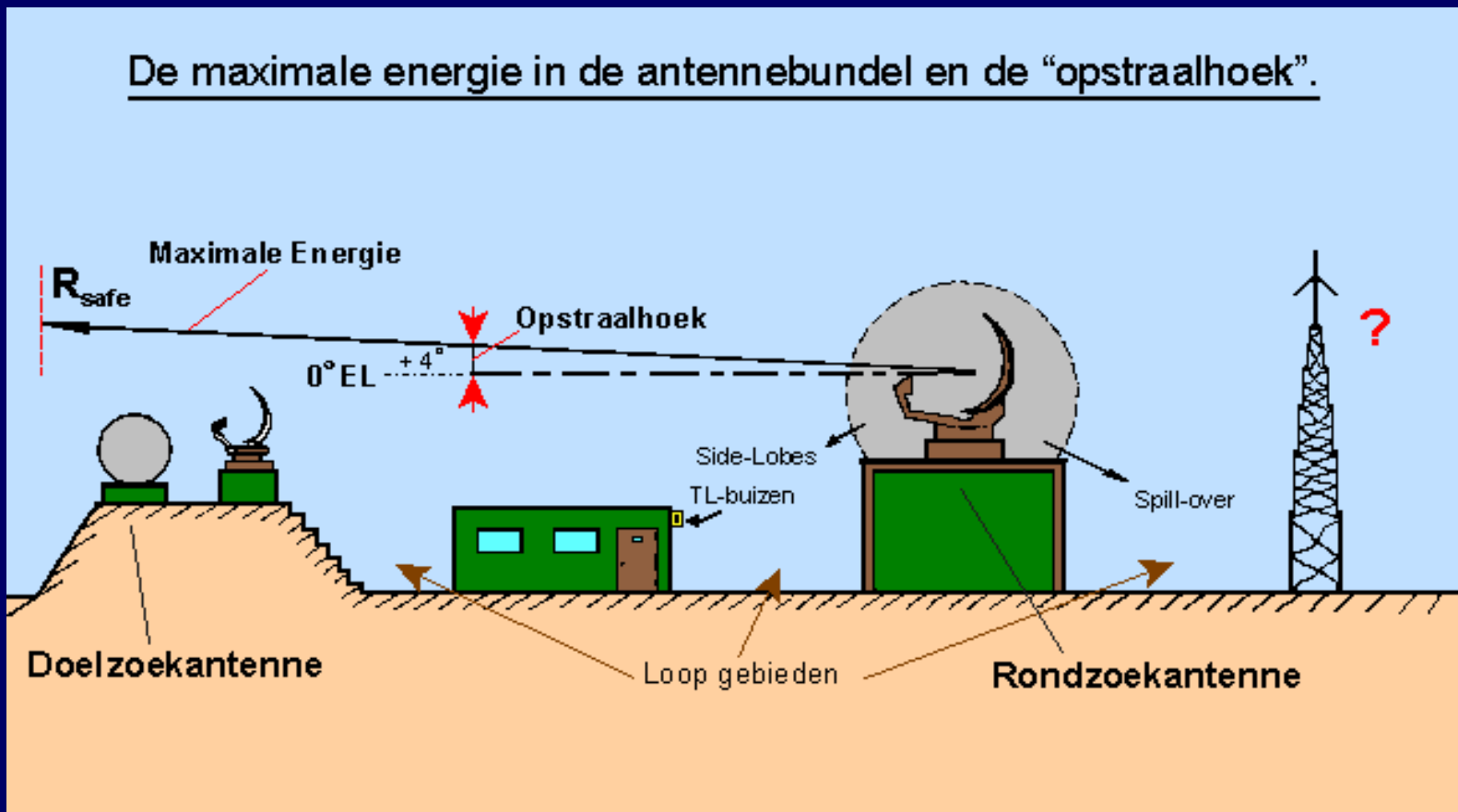
Hoe weten we dat?

Afstand tot... en “de hoek waaronder” zijn van belang!

Het potentieel gevaarlijk gebied



Het gebied rondom de antenne is potentieel gevaarlijk

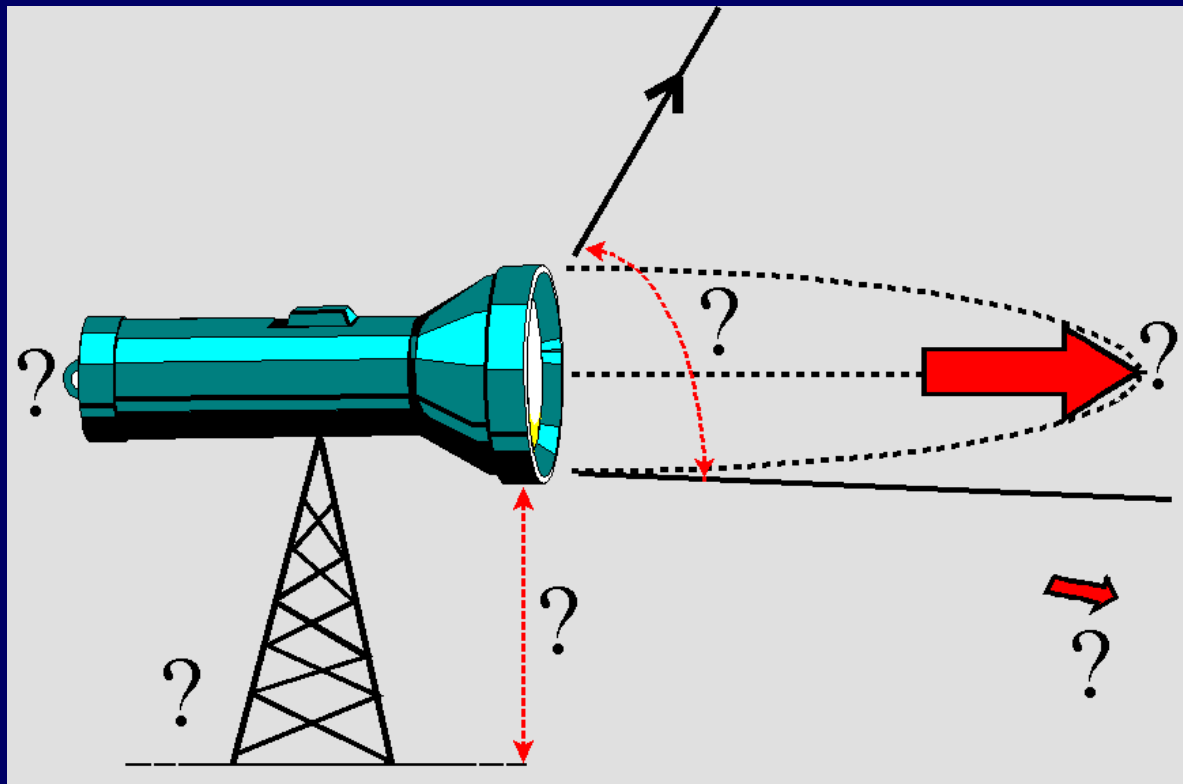


Voor de eigen situatie kunnen we dit uitrekenen!

Bewustwording



Stel iedere stralingbundel voor als een lichtbundel!



Berekening (1)



De relatie tussen de gemiddelde vermogensdichtheid en de afstand wordt voor de worst-case situatie berekend met de formule:

$$P_d = \frac{P_0 \cdot g}{4 \pi \cdot R^2}$$

Waarin:

P_d = gemiddelde vermogensdichtheid (W/m²)

P_0 = het aan de antenne toegevoerde vermogen (W)

g = antenneversterking (x)

R = afstand tot de antenne (m)

NB.: In het nabije veld van een antenne geeft het gebruik van deze formule een overschatting van de te verwachten vermogensdichtheid!

Altijd een overschatting van de werkelijke niveau's!

Berekening (3)



Hoe zit het ook al weer?

Omrekening van vermogensdichtheid naar veldsterkte*)

Een gemiddelde vermogensdichtheid,
uitgedrukt in P_d of S ,
van 10 mW/cm^2 of 100 W/m^2

is gelijk aan
een elektrische veldsterkte van 194 V/m ,
en
een magnetische veldsterkte van $0,51 \text{ Ampère per meter (A/m)}$

1 mW/cm^2 is gelijk aan $61,4 \text{ V/m}$
en
 $0,1 \text{ mW/cm}^2$ is gelijk aan $19,4 \text{ V/m}$

*) Alleen geldig voor het verre veld!

Berekening (4)



Normwaarden en afstanden, leuk voor de burens!

[1] $S = P \cdot g / 4 \cdot \Pi \cdot R^2$ en $S = U^2 / Z$ waarbij $Z = 377 \text{ Ohm}$

[2] voor $g = 1$ geldt $P = U^2 \cdot R^2 / 30$ of $U = 5,48 \Pi(P \cdot g / R^2)$ of $R = 5,48 \Pi(P \cdot g / U^2)$

[3] voor $g = 1,64$ geldt $P = U^2 \cdot R^2 / 49,2$ of $U = \Pi(49,2P / R^2)$ of $R = \Pi(49,2P / U^2)$

In het verre veld wordt, voor de gegeven normwaarde van het E-veld en met de factor $g = 1,64$ (halve golf dipool t.o.v. isotrope straler), de afstand R gegeven bij verschillende zendvermogens direct aan de antenne.

Norm	Waarde (V/m)	R voor P = 1000 W (m)	R voor P = 600 W (m)	R voor P = 400 W (m)	R voor P = 100 W (m)	R voor P = 30 W (m)
STANAG 2345 (100 W/m ²):	194	1,1	0,9	0,7	0,4	0,2
(10 W/m ²):	61	3,6	2,8	2,3	1,1	0,6
30 - 100 MHz:	61,4	3,6	2,8	2,3	1,1	0,6
- 3 MHz:	614	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1
GR, beroeps 2 MHz:	137	1,6	1,3	1,0	0,5	0,3
8 MHz:	68,6	3,2	2,5	2,0	1,0	0,6
10 – 400 MHz:	61	3,6	2,8	2,3	1,1	0,6
GR, publiek 2 MHz:	61,5	3,6	2,8	2,3	1,1	0,6
8 MHz:	30,8	7,2	5,6	4,6	2,3	1,2
10 – 400 MHz:	28	7,9	6,1	5,0	2,5	1,4

Berekening (2)

Daar zijn de burens blij mee!



De Pd in mW/cm² voor verschillende antenneversterkingen (g) en toegevoerde vermogens.

Op 1 meter afstand

g	1W	5W	10W	20W	50W
1x	0,008	0,04	0,08	0,16	0,4
10x (10 dB)	0,08	0,4	0,8	1,6	4
31,6x (15 dB)	0,25	1,25	2,5	5,0	12,5

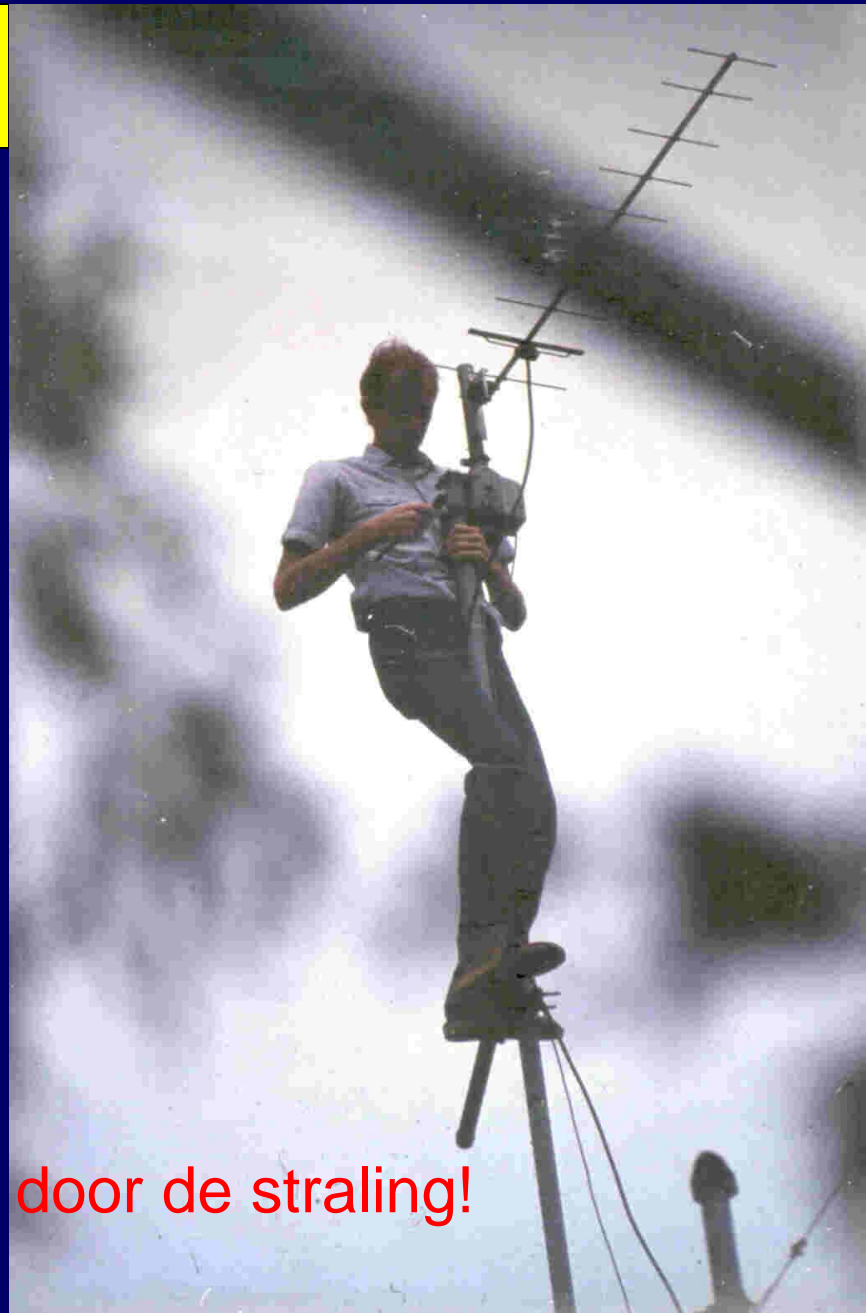
Op 0,1 meter afstand

g	1W	5W	10W	20W	50W
1x	0,8	4	8	16	40
10x (10 dB)	8	40	80	160	400
31,6x (15 dB)	25	125	250	500	1250

* 28 Mhz, halve golf dipool met 1000 Watt geeft 8 mW/cm² op 1 meter en 0,08 mW/cm² op 10 meter afstand!

* Whip antenne, f = 2,1 Mhz, P_o = 1000 Watt geeft 500 V/m op 1,5 meter afstand.

Gevaarlijk?



Ja, maar niet door de straling!

Veilig werken



- Beschouw het verblijf bij een “beschenen” object binnen de onveilige afstand als gevaarlijk.
- Blijf zover mogelijk weg van de hartlijn of voorzijde van een antenne.
- Gebruik bij het testen zoveel mogelijk een kunstantenne of dummyload.
- Gebruik grote zendvermogens NIET in besloten ruimten.
- Kijk NOOIT in golfpijpopeningen van werkende bronnen.
- Richt uw stilstaande antenne altijd naar een vrije sector.
- Vertrouwt u uw situatie niet?... Laat dit onderzoeken, ook de **EMC-commissie** kan u hierbij helpen!

Niets aan de hand...



Ook in uw situatie?

Dit kan wel wachten!



../N_W004

De "shack" anno 2010

73 de Willem, pa0wjg.

Verschillen tussen GSM en UMTS



	GSM	UMTS
Zendvermogen per cel	< 80 Watt	< 24 Watt
Maximale datacapaciteit per cel	700 kbits/s	2400 kbits/s
Vermogen per spraakverbinding basisstation	0,8 Watt	< 0,2 Watt
Vermogen voor spraakverbinding handset	< 0,25 Watt	< 0,12 Watt
Vermogensefficiëntie	12 kb/J	40 - 6000 kb/J
Meest gebruikte antennelengte	2,6 meter	1,3 meter
Actiewaarde ARBO (>1 minuut)	2 meter	0,4 meter
Elektrisch vermogen basisstation	3 kWatt	1 kWatt
Aantal kasten/basisstation	2 tot 6	1