

Elektromagnetische velden en wetenschappelijk onderzoek

Waar natuurkunde en veiligheid elkaar treffen

Marcel Vervoort , 12 april 2022, 30^{ste} NVVA symposium

Hoger veiligheidskundige, coördinerend stralingsdeskundige en Arbeidshygiënist Afdeling QHSE – AFSG



Inhoud

Inleiding

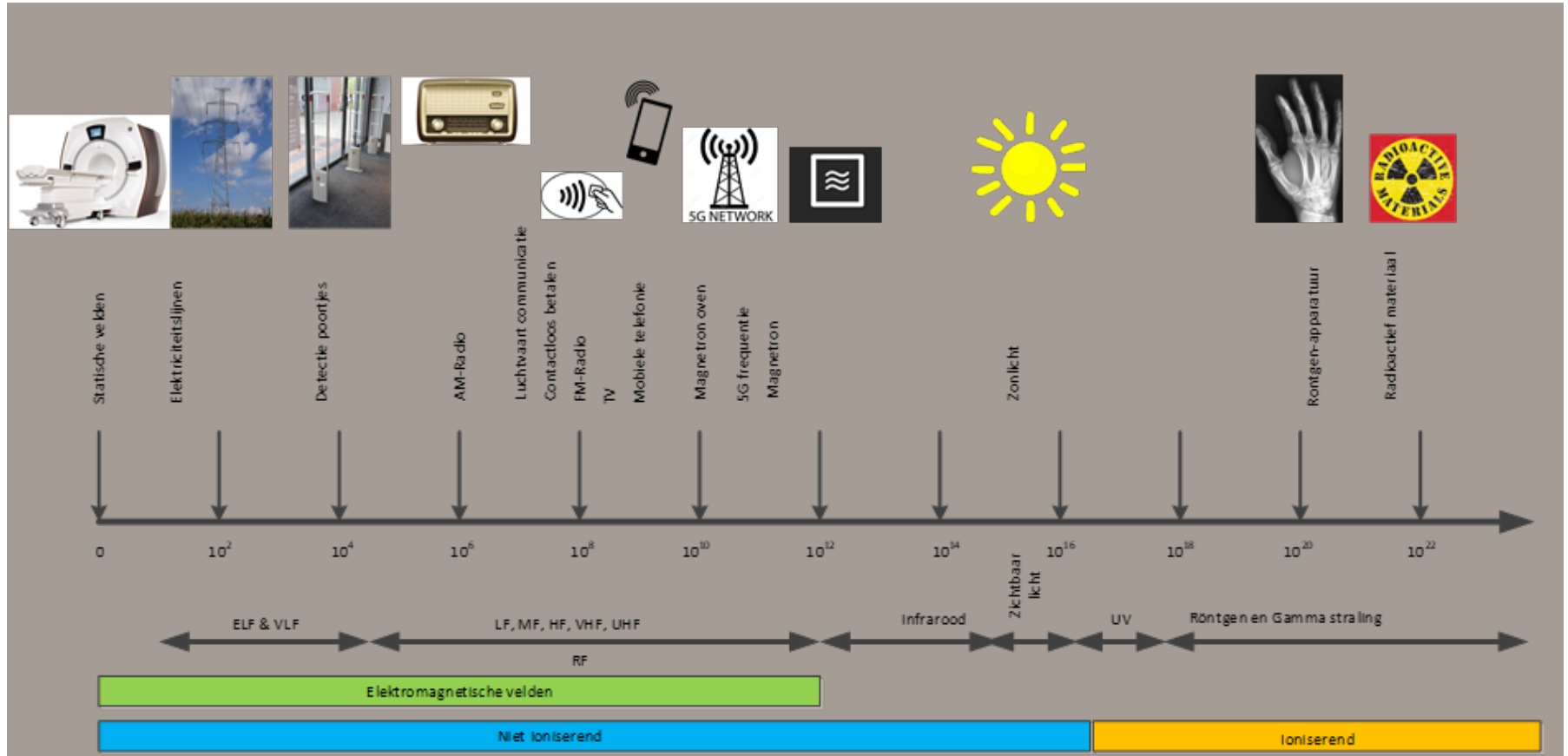
- Kenmerken EMV
- Wettelijke grenswaarden blootstelling
- Effecten blootstelling EMV

Onderzoek

- Vraagstelling
- Resultaten enquête
- Resultaten metingen aan diverse experimentele opstellingen



Wat zijn elektromagnetische velden?



Wat zijn elektromagnetische velden?

Golflengte (λ) > bron -> veld

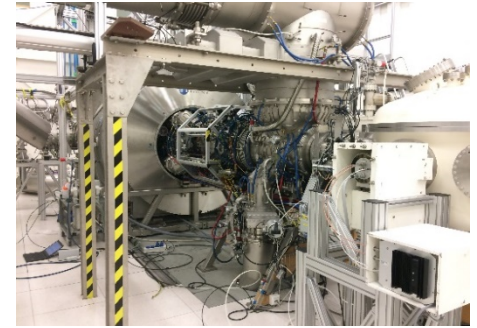
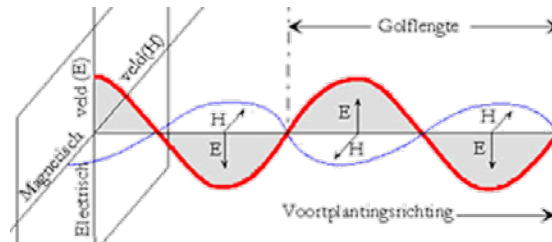
EM-velden: 0 – 300 GHz (λ = oneindig – 1 mm)

Elektromagnetische velden (kenmerken)

- Grote golflengtes
- Eenheid frequentie (Hz (per seconde))
- Verre en nabije veld

Nabije veld: Elektrische en magnetische veld zijn *niet* gekoppeld. Beide moeten worden gemeten.

Verre veld: Beide velden zijn gekoppeld -> er is sprake van een golf. Slechts één van beide dient te worden gemeten.



2,5T Magneet MAGNUM-PSI DIFFER



7T MRI Spinoza
Center for Neuroscience

Wat zijn de risico's?

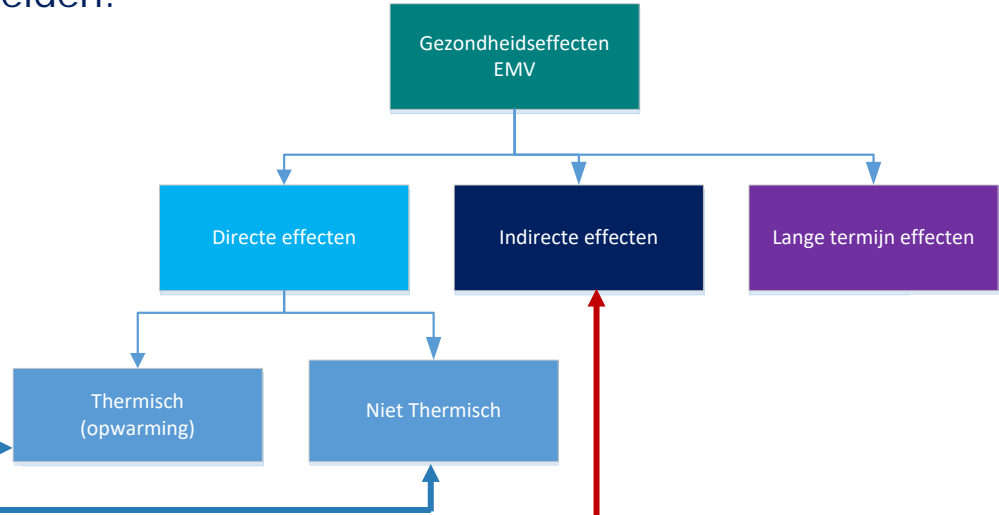
Drie soorten effecten worden onderscheiden:

1. Directe effecten
2. Indirecte effecten
3. Effecten op de lange termijn

Directe effecten: interacties tussen EMV en het lichaam

Directe effecten:

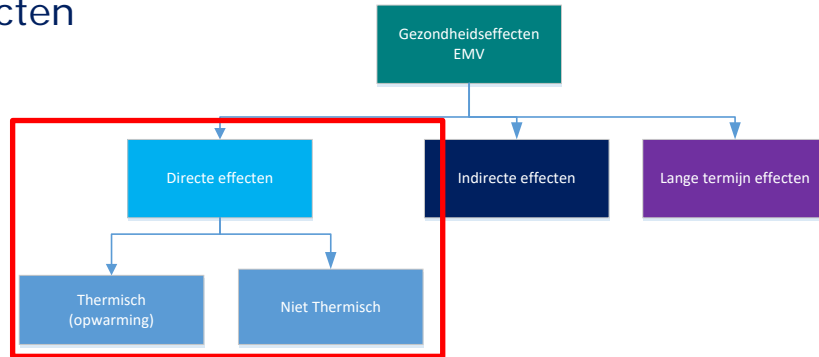
1. Thermische effecten
2. Niet thermische effecten



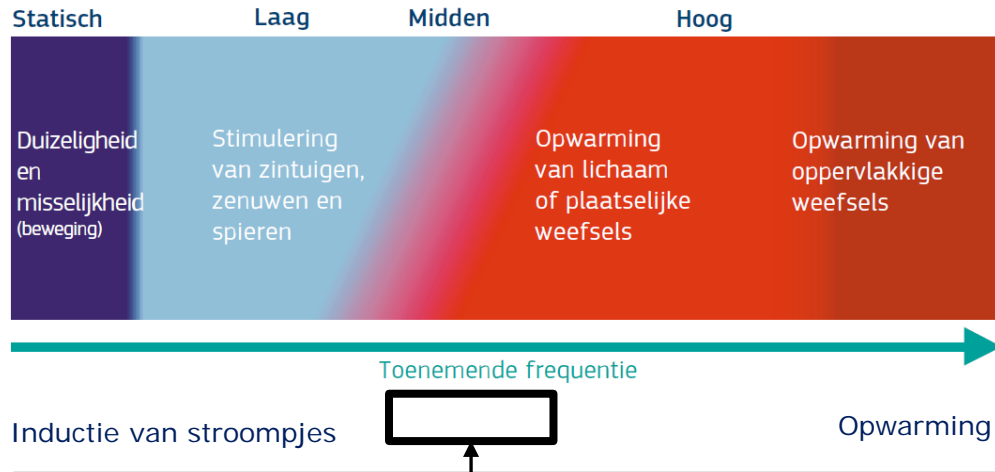
Indirecte effecten: effecten door een object in een EM-veld, wat leidt tot gevaar voor gezondheid en/of veiligheid

Wat zijn de risico's?

1. Directe effecten



Frequentie



Grenswaarden

Twee 'soorten' grenswaarden

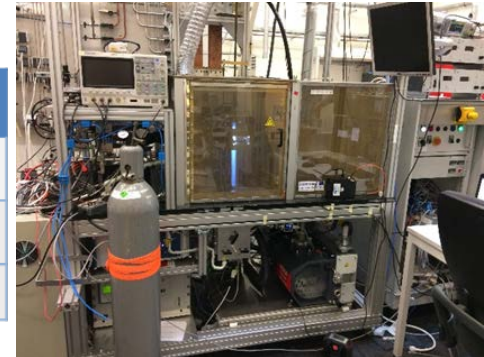
Actieniveau: direct meetbare eenheid (E-veld (V/m) of H veld (A/m))
Indien gemeten eenheid < actieniveau -> geen maatregelen
Indien gemeten eenheid > actieniveau -> overschrijding grenswaarde?

Grenswaarde: niet direct meetbare waarde (W/kg, mJ/gram)
De grenswaarde *mag niet* worden overschreden.
Indien 'gemeten' eenheid > grenswaarde -> nemen van maatregelen!

| | Elektrische veldsterkte AN(E) [V/m] (RMS) | | | Magnetische veldsterkte AN(B) [A/m] (RMS) | | |
|------------------|--|---------|--------|--|---------|--------|
| | Beroeps matig | Publiek | DIFFER | Beroeps matig | Publiek | DIFFER |
| 10 MHz – 400 MHz | 61 | 28 | 19,3 | 0,16 | 0,073 | 0,05 |
| 2 GHz – 6 GHz | 140 | 61 | 44,3 | 0,36 | 0,16 | 0,113 |



13,56 MHz opstelling DIFFER



2,45 GHz opstelling DIFFER

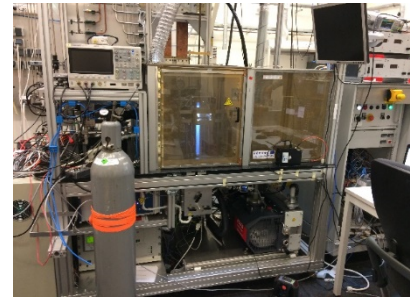
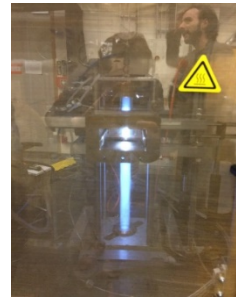
Vraagstelling en aanpak van het onderzoek

Vraagstelling:

In hoeverre vormt blootstelling aan EMV bij onderzoeksinstellingen een risico en indien dit het geval is, worden actieniveaus en/of grenswaarden dan overschreden?

Demarcatie:

EMV moeten doelbewust worden gebruikt bij het wetenschappelijk onderzoek.



Vraagstelling en aanpak van het onderzoek

Literatuuronderzoek

Enquête onderzoekinstellingen

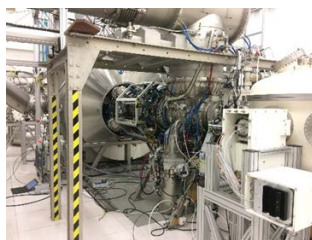
Interviews experts



Wetenschappelijke opstellingen

DIFFER – MAGNUM-PSI - UPP

2,7T en 0,2T open magneten



DIFFER RF Solar Fuels

13,56 MHz – Spoelen 2X

2,45 GHz Cilinders 2X



Spinoza Center for Neuroscience

3T en 7T MRI

Wageningen University & Research

6X NMR

Resultaten enquête

Enkele getallen:









Enquête o.a. uitgezet bij:

Universiteiten, Academische ziekenhuizen, NWO-instituten, KNAW instituten, Philips & ECN

| | Enquetes | Opmerkingen |
|--------------------------|----------|---|
| Totale respons | 23 | 21 volledig ingevuld |
| Universiteiten | 10 | 6 verschillende Universiteiten |
| Academische ziekenhuizen | 3 | Onderwerpen Enquete: 1. RI&E en preventiemedewerker 2. Maatregelen (AH-strategie) 3. Instructie en training |
| NWO-onderzoeksinstituten | 7 | |
| KNAW-instituten | 1 | |
| Overig | 2 | |
| | | |

Resultaten enquête

Veel gebruikte technieken en onderzoek waarbij EMV wordt toegepast

| Techniek/ toepassing | Toegepast (%) | EMV | Frequenties |
|-----------------------------------|------------------|---|---------------------------------|
| MRI Magnetic Resonance Imaging | 42 |   | 0 – 1 Hz 15 – 300 MHz (RF) |
| NMR Nuclear Magnetic Resonance | 52 |   | 0 – 1 Hz 40 – 900 MHz (RF) |
| Massaspectro- metrie | 53 |  | 0 - 1 Hz |
| Plasma vorming | 44 |   | 0 - 1 Hz 10 MHz – 3 GHz (RF) |
| Verhitting met RF | 34 |  | 10 MHz – 3 GHz (RF) |



MRI



NMR



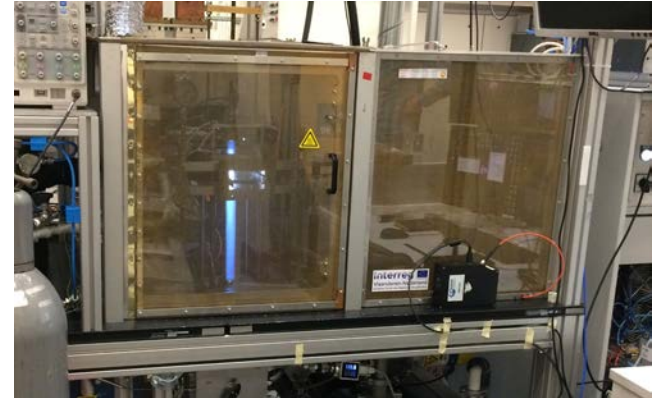
Plasma
met RF

Resultaten enquête

| Onderwerp | % Ja |
|--|------|
| Risico- Inventarisatie en Evaluatie | |
| EMV in RI&E | 78 |
| Verdiepende RI&E | 31 |
| RI&E EMV experimenten | 52 |
| Metingen | 38 |
| Maatregelen | |
| Afscherming | 62 |
| Interlocks | 48 |
| Veilige zone bediening | 43 |
| Training en instructie | |
| Voorlichting EMV | 67 |

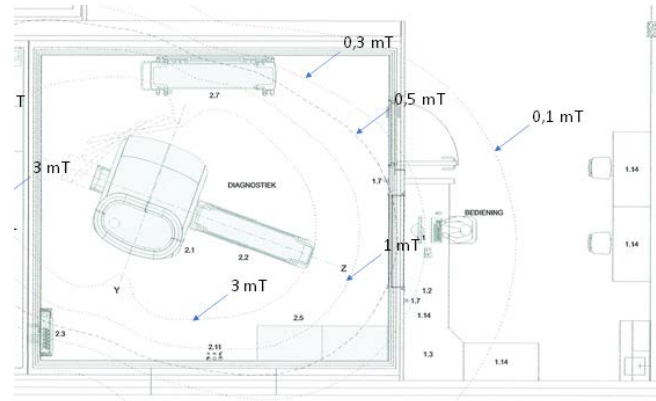
Afscherming en interlocks

Plasma onderzoek
m.b.v. 2,4 GHz
(NWO-I DIFFER)



Veilige zone t.b.v. bediening

3T MRI
(Spinoza Centre for
Neuro imaging
KNAW)



Meten aan wetenschappelijke opstellingen

Metingen aan diverse wetenschappelijke opstellingen

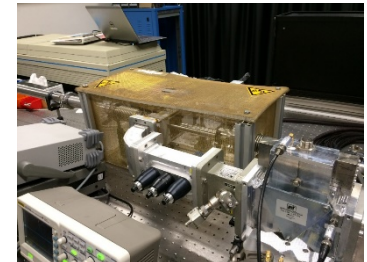
- 0 – 1 Hz NMR – WUR →



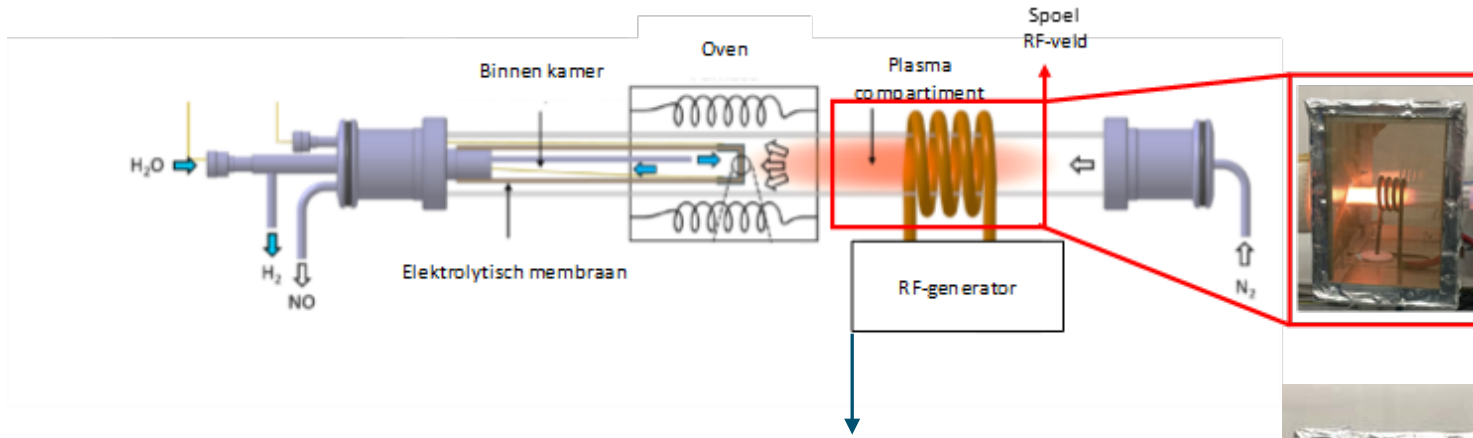
- 13.56 MHz H₂ productie NWO-I DIFFER →



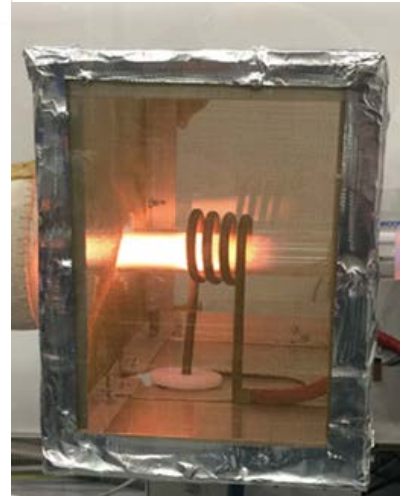
- 2,45 MHz plasma vorming NWO-I DIFFER →



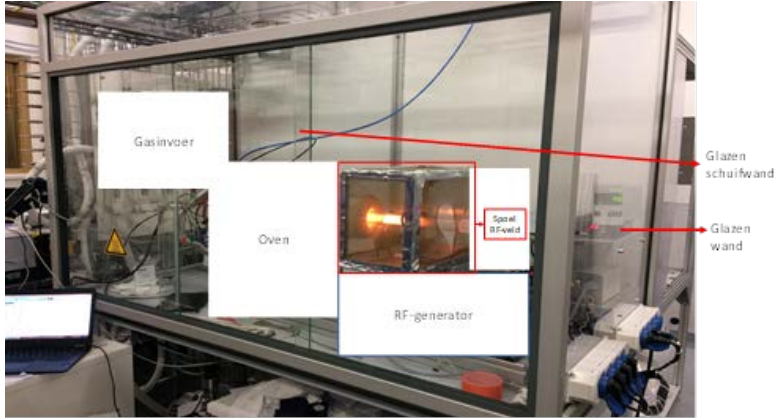
13,56 MHz - Productie H₂ m.b.v. EMV en hitte



Spoel – 13,56 MHz - 4 windingen



Resultaten 13,56 MHz opstelling

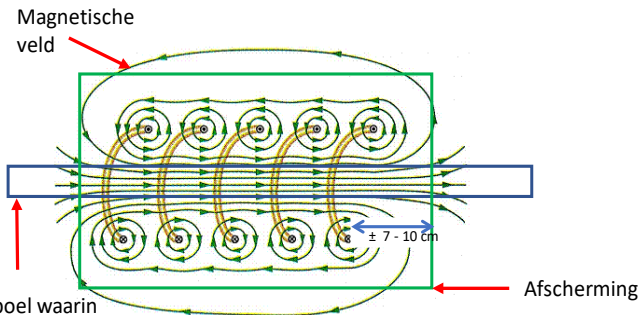


Solar Fuels
Plasma inductie m.b.v.
RF-EMV

Enkele getallen:
 $f = 13,56 \text{ MHz}$
 $\lambda = 22 \text{ meter}$
 $P_{\text{max}} = 300 \text{ W}$
 $P_{\text{use}} = 100 - 120 \text{ W}$
Spaol met 4 windingen
Lengte spaol = 7 cm

Vraag: wat is van belang:
E-veld of H-veld?

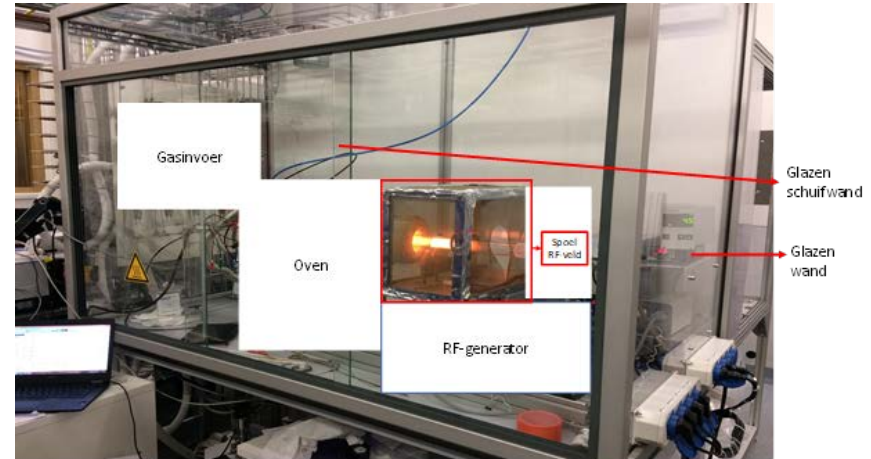
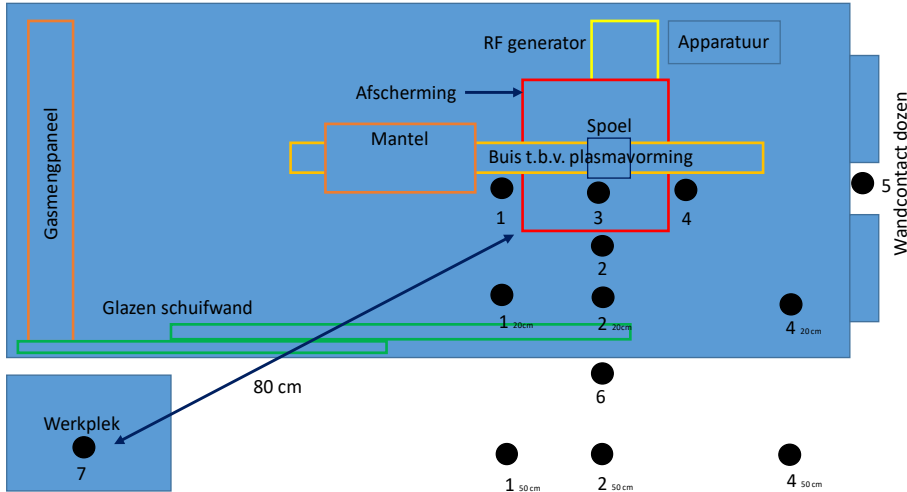
Waarom?



Buis door de spaol waarin
m.b.v. EMV plasma's worden
gevormd in gas.

Resultaten 13,56 MHz opstelling

Metingen: posities van metingen



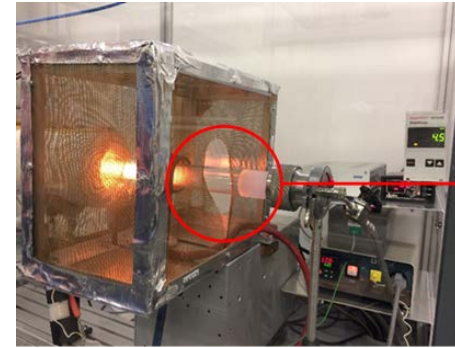
Meetprotocol:

1. Probe in de positie plaatsen
2. 6X 1 minuut meten van H- en E-veld
3. 6 waarden middelen (RMS)

| Actieniveaus | Beroepsmatige blootstelling | | Risico Classificatie |
|--------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| Frequentie | E-veld (V/m) | B-veld (μ T) | |
| 10 – 400 MHz | 61 | 0,2 | |
| | Publieke blootstelling | | |
| | 28 | 0,092 | |
| | Bedrijfnorm DIFFER | | |
| | 19,3 | 0,06 | |
| | < 19,3 | < 0,06 | |

Resultaten 13,56 MHz opstelling

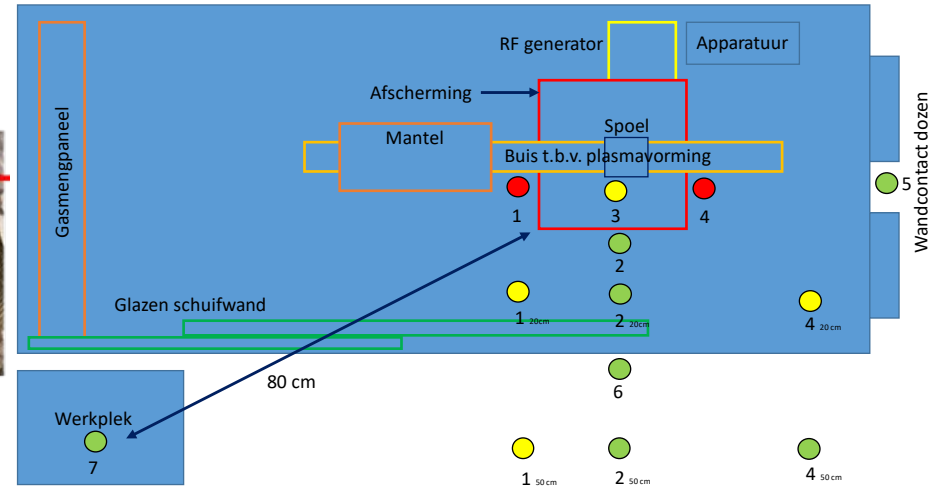
| Meetresultaat | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------------|----|------|----|
| Positie | Eenheid | μT | | | |
| | | 100 | RC | 120 | RC |
| 1 Opening linkerzijde afscherming | 0 cm | 0,23 | | 0,28 | |
| | 20 cm | 0,07 | | 0,08 | |
| | 50 cm | 0,05 | | 0,06 | |
| 4 Opening rechterzijde afscherming | 0 cm | 0,19 | | 0,21 | |
| | 20 cm | 0,07 | | 0,08 | |
| | 50 cm | 0,05 | | 0,05 | |
| 3 Afscherming bovenzijde | 0 cm | 0,05 | | 0,06 | |



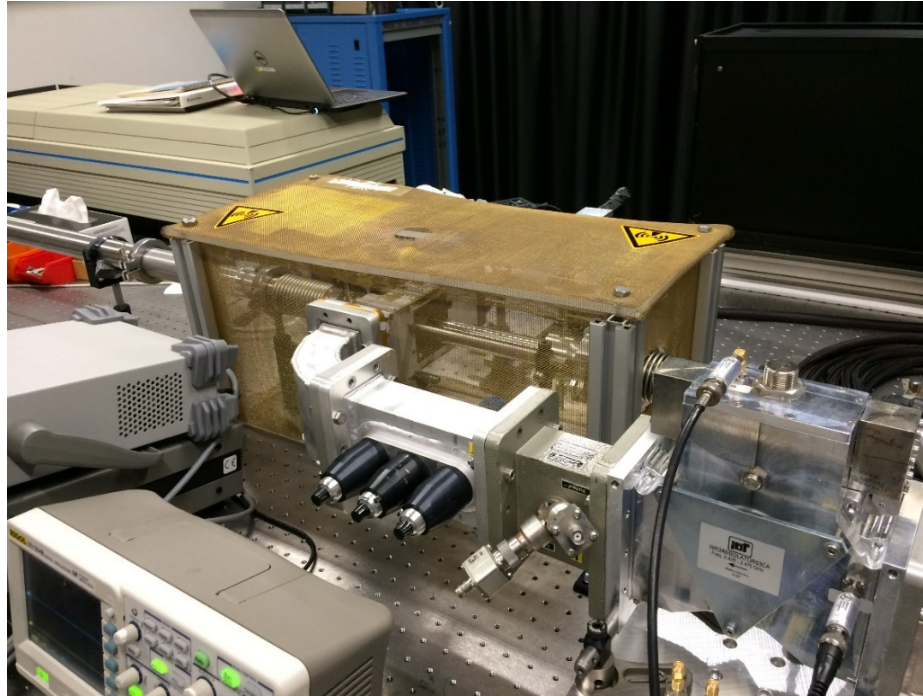
Positie 4

Gat
± 35 cm
doorsnede

Probleem: openingen in de afscherming



Resultaten 2,45 GHz opstelling



Solar Fuels
Plasma inductie m.b.v.
RF-EMV

Enkele getallen:

$f = 2,45 \text{ GHz}$

$\lambda = 12 \text{ cm}$

$P_{\text{max}} = 1000 \text{ W}$

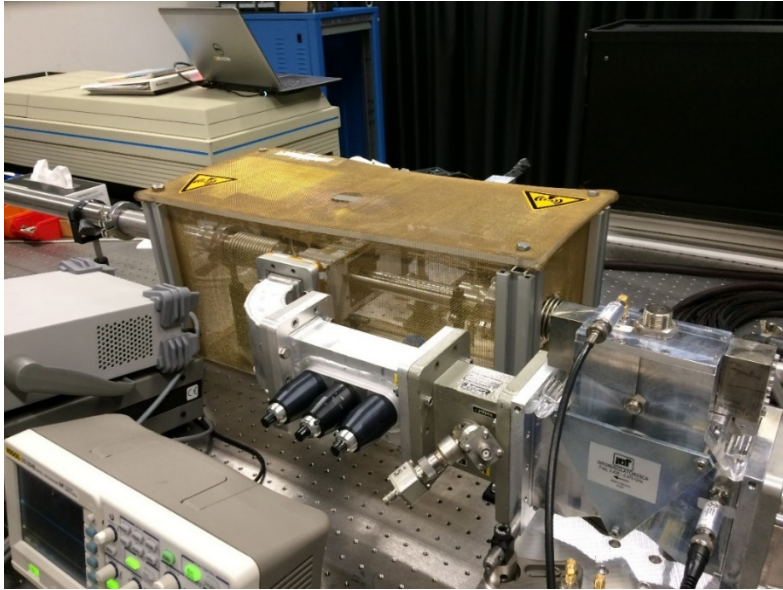
$P_{\text{use}} = 100 - 120 \text{ W}$

Cilinder lengte 12 cm

Vraag: wat is van belang:
E-veld of H-veld?

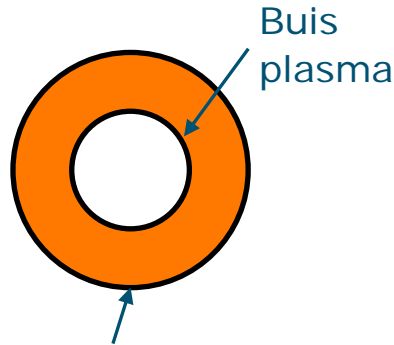
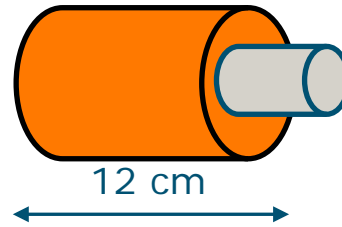
Waarom?

Resultaten 2,45 GHz opstelling



| Opstelling | Golflengte (cm) | Verre veld (cm) |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| 0.36 (verticaal) | 12 | 23,5 (24) |
| 0.36a (horizontaal) | 12 | 23,5 (24) |

Dus $d > 24$ cm E of H meten

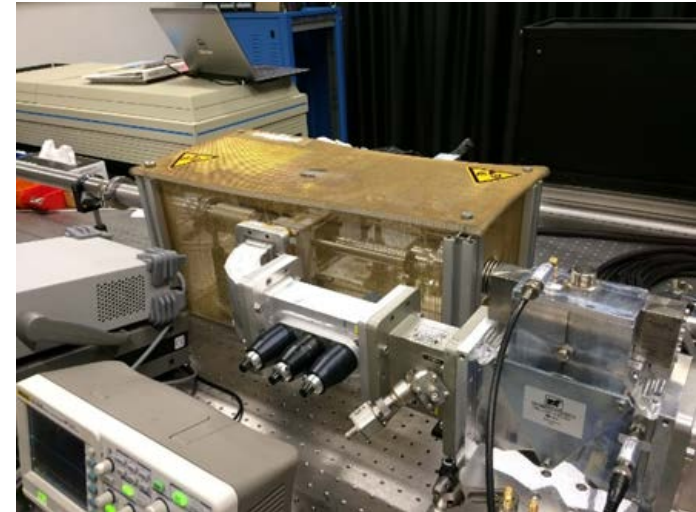
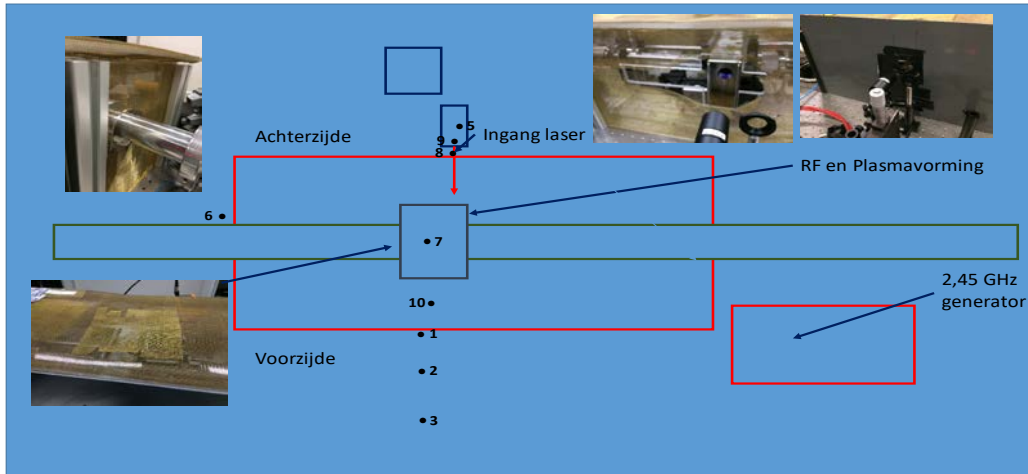


Solar Fuels
Plasma inductie m.b.v.
RF-EMV

Enkele getallen:
 $f = 2,45$ GHz
 $\lambda = 12$ cm
 $P_{\max} = 1000$ W
 $P_{\text{use}} = 100 - 120$ W
Cilinder lengte 12 cm

Resultaten 2,45 GHz opstelling

Metingen: posities van metingen



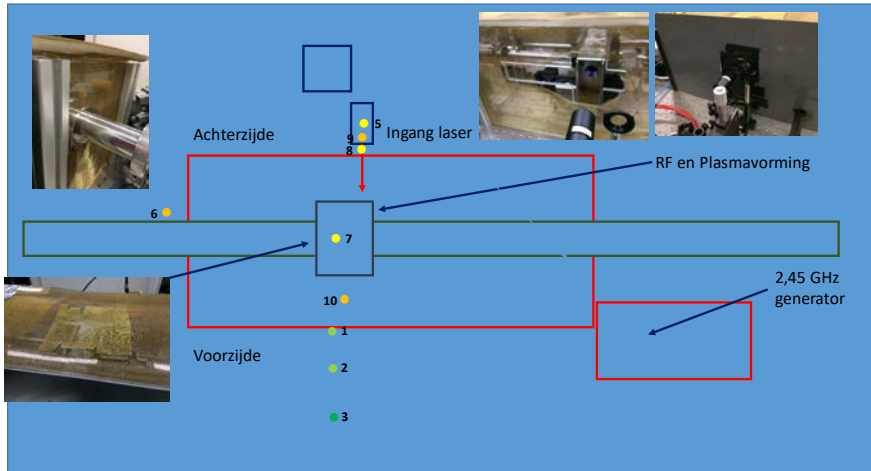
Meetprotocol:

1. Probe in de positie plaatsen
2. 6X 1 minuut meten van H- en E-veld
3. 6 waarden middelen (RMS)

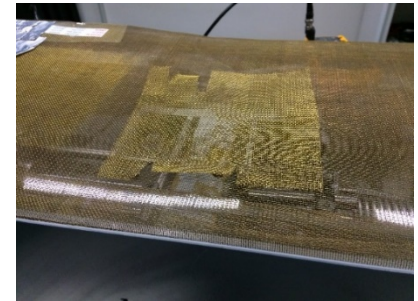
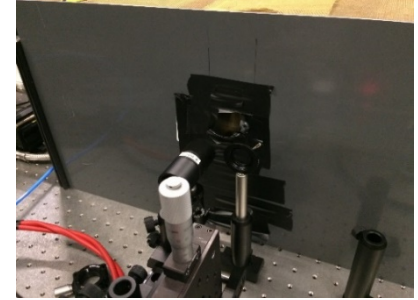
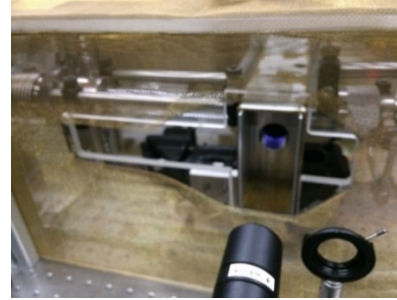
| Actieniveaus | Beroepsmatige blootstelling | Risico Classificatie | |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|
| Frequentie | E-veld (V/m) | B-veld (μT) | |
| 2 - 6 GHz | 140 | 0,45 | |
| Publieke blootstelling | | | |
| | 61 | 0,2 | |
| Bedrijfsnorm DIFFER | | | |
| | 44 | 0,14 | |
| | <44 | <0,14 | |

Resultaten 2,45 GHz opstelling

| Ex-tech | | | | |
|---------|------------------------------|---------------------|-------------------------|----|
| Positie | Afstand (cm) tot afscherming | Veldsterkte E (V/m) | Magnetische flux B (uT) | RC |
| 6 | 0 | 61,6 | 0,21 | |
| 7 | 0 | 12,4 | 0,04 | |
| 8 | 0 | 55,5 | 0,19 | |
| 9 | 4 | 61,4 | 0,20 | |
| 10 | -10 | 83,6 | 0,29 | |



Positie 8 & 9



Positie 7

Positie 6

Conclusies

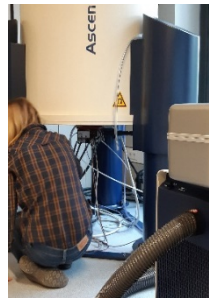
Enquête

1. Niet alle wetenschappelijke instituten hebben inzicht in EMV gebruik bij wetenschappelijke opstellingen;
2. Bij diverse onderzoeksinstellingen is EMV geen onderdeel van de RI&E;
3. Het nemen van technische maatregelen heeft de voorkeur (vooral afscherming);
4. Medewerkers die met EMV werken worden in 2/3 van gevallen voorgelicht.

Metingen

Genomen maatregelen zijn in de meeste gevallen afdoende **echter**;

1. Openingen in afscherming leveren hogere potentiële blootstellingsniveaus op;
2. Actieniveaus worden kortdurend overschreden waarbij vnl. extremiteiten worden blootgesteld;
3. Bijzondere handelen zorgen voor verhoogde blootstelling;
4. Wetenschappelijke opstellingen veranderen continue (management of change).



Vragen?

Bedankt voor jullie aandacht

