

# Inventarisatie van beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische strooivelden van MRI-scanners

**Drs. Kristel Schaap**  
**Prof. Hans Kromhout**

Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS)  
Universiteit Utrecht  
NVvA-symposium 13 april 2011

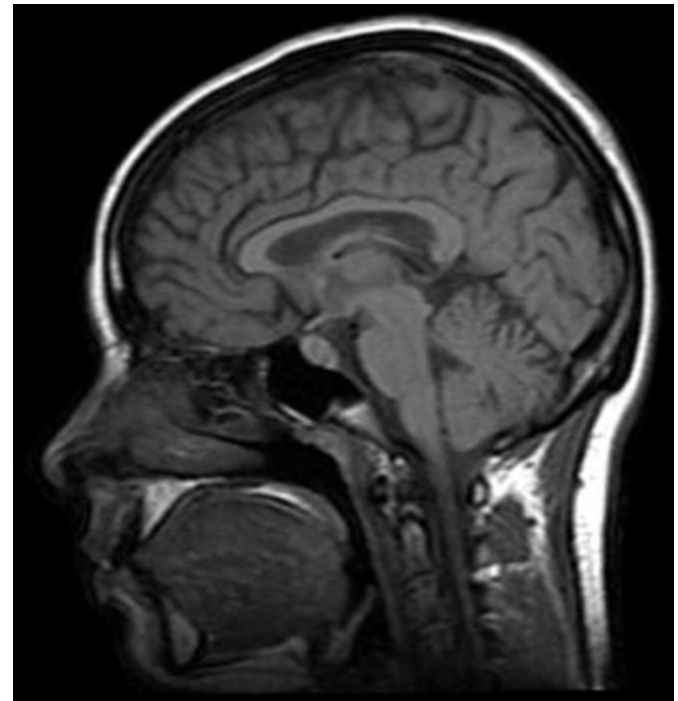
*Financiering: ZonMW. project 8510001*

# Wat is MRI?

**'Magnetic Resonance Imaging'**

**Diagnostische  
beeldvormingstechniek**

- Gezondheidszorg
- Wetenschappelijk onderzoek



# Wat is MRI?

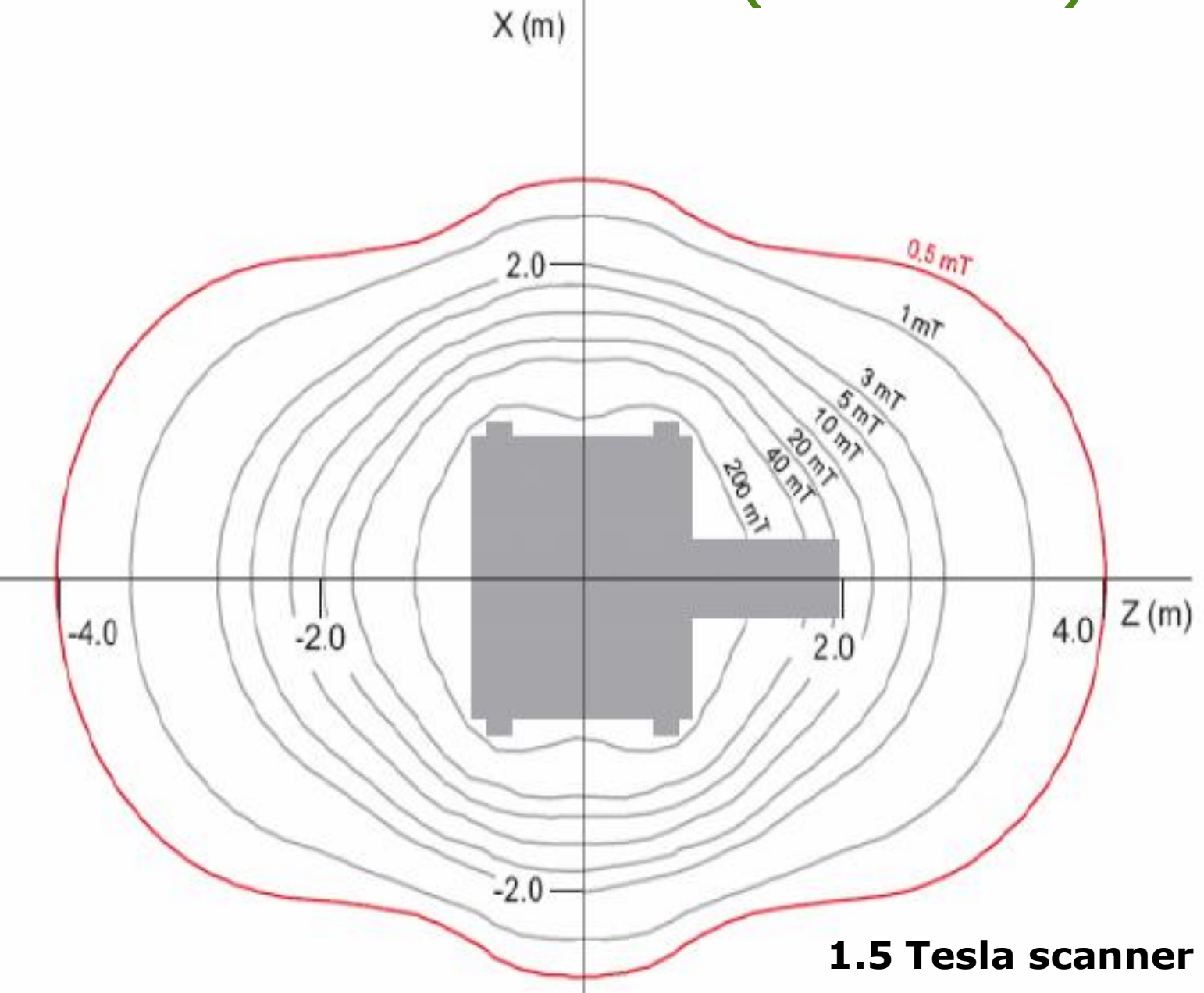


Copyright Siemens

Beeldvorming op basis van elektromagnetische velden:

1. Scanner is een magneet → sterk **statisch magneetveld** (0 Hz; eenheid = Tesla)

# Strooiveld rondom scanner (in miliTesla)





# Wat is MRI?



Copyright Siemens

Beeldvorming op basis van elektromagnetische velden:

1. Scanner is een magneet → sterk **statisch magneetveld** (stroomveld)
2. Tijdens scannen:
  - **radio-frequente velden (MHz)**
  - **schakelende gradientvelden (kHz)**



## Beroepsmatige blootstelling

- **Statisch magnetisch strooiveld:**  
bij betreden scannerruimte
- **Radiofrequente velden en schakelende gradiëntvelden:**  
bij nabijheid scanner tijdens beeldacquisitie



# Beroepsmatige blootstelling

## Blootstelling:

Intensiteit

Duur

Frequentie

Type

## Mogelijke blootstellingsdeterminanten:

o.a. veldsterkte scanner, type procedure, patiënt (mobiel, anesthesie), en specifieke handelingen in de ruimte



## Effecten van blootstelling

### 1. Tijdens blootstelling aan de strooivelden van het statische magneetveld:

Kans op kortdurende gezondheidsklachten (minuten tot uren)

- Duizeligheid
- Misselijkheid
- Metaalsmaak

### 2. Tijdens blootstelling aan schakelende gradientvelden:

Kans op zenuw- of spierstimulatie





## Richtlijnen beroepsmatige blootstelling aan EMV

**Voorstel Europese richtlijn voor beroepsmatige blootstelling aan elektromagnetische velden van 0 Hz (statisch veld) tot 300 GHz (Richtlijn 2004/40/EG)**

Actiewaarden gradiëntvelden:

→ gebaseerd op biologische effecten

Actiewaarden (beweging door) statisch veld:

→ grotendeels gebaseerd op verouderde aanbevelingen van ICNIRP

**Vorzorgsprincipe**



## Implicaties voor huidige toepassingen MRI

- **Overschrijding actiewaarden gradiëntvelden**
  - Interventie-MRI, patiënten onder anesthesie, kinderen onder begeleiding, technisch onderzoek



## Implicaties voor huidige toepassingen MRI

- **Overschrijding actiewaarden gradiëntvelden**  
→ Interventie-MRI, patiënten onder anesthesie, kinderen onder begeleiding, technisch onderzoek
- **Overschrijding actiewaarden (beweging door) statisch magnetisch veld**  
→ Routinewerkzaamheden

*"The EU Physical Agents (EMF) Directive 2004/40/EC, puts limits on the exposure of operating staff (including those maintaining equipment) from zero frequency up to 300 GHz."*

Dhr.G.P. Krestin, radioloog, voorzitter "Alliance for MRI"

**Uitstel implementatie richtlijn.  
Voorstel voor uitzonderingspositie MRI.**



# Studie-opzet





# Onderzoek bij MRI-personeel in gezondheidszorg en wetenschap

Blootstelling en gezondheid in de praktijk

## Doelen:

- **Overzicht van de huidige situatie en blootgestelde beroepsbevolking**
- **Blootstellingsonderzoek**
- **Epidemiologisch onderzoek**



## Onderzoeksmethoden

1. Inventarisatie onder MRI-afdelingen
2. Persoonlijke blootstellingsmetingen
3. Vragenlijst MRI-personeel



## Onderzoeksmethoden

1. Inventarisatie onder MRI-afdelingen
2. Persoonlijke blootstellingsmetingen
3. Vragenlijst MRI-personeel



## Inventarisatie MRI in Nederland

Doel:

Systematisch in kaart brengen van  
blootstellingsituaties en blootgestelde  
beroepsgroepen op macro-niveau





## Materiaal en Methode

Methode: Vragenlijst (okt 2009 – mrt 2010)

Doelgroep: Alle organisaties binnen de Nederlandse gezondheidszorg en onderzoekssector die over een MRI-scanner beschikken

Onderwerpen:

- Scanners
- Toepassingen en procedures
- Historische ontwikkelingen
- Blootgestelde beroepsbevolking
- Protocollen



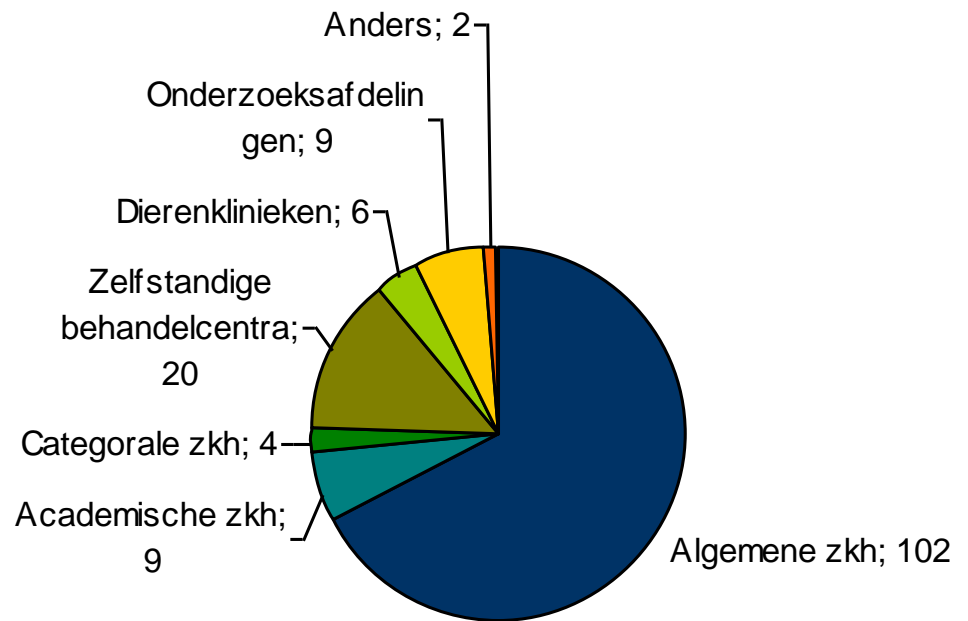
# Resultaten – Deel 1

Blootgestelde beroepsbevolking

## Totale respons: 95%

- 152 MRI-afdelingen geïdentificeerd
- 132 afdelingen (87%) hebben de vragenlijst ingevuld
- Van nog eens 13 afdelingen (9%) is informatie verkregen met behulp van een kort telefonisch interview

### MRI-afdelingen in Nederland



## Aantal medewerkers dat in een MRI-scannerruimte komt (in % van totaal)

	In scannerruimte	In scannerruimte tijdens acquisitie
<b>Totaal aantal medewerkers</b>	<b>7000 (100%)</b>	<b>39%</b>
Minder dan 1 dag per maand	46%	30%
1 tot 4 dagen per maand	18%	4%
1 tot 2 dagen per week	23%	4%
Tenminste 3 dagen per week	13%	1%
	<b>54 %</b>	<b>9 %</b>
	<b>tenminste 1 dag/mnd</b>	



**Aantal medewerkers dat ten minste 1 dag per maand in de scannerruimte komt**

Beroepsgroep	In scannerruimte	In scannerruimte tijdens acquisitie
Radiologiepersoneel	2295	217
Ander medisch personeel	680	256
Onderzoekspersoneel	394	107
Technische staf	133	10
Diergeneeskundige en dier-experimentele staf	26	19
Schoonmakers en ander personeel	234	6

**Grootste groep: radio-diagnostisch laboranten (n=1656)**



## Personeel wordt ook zelf gescand!

- In 96% van de MRI-afdelingen voor patiëntdiagnostiek of humaan onderzoek
- 1 tot 300 medewerkers per afdeling ( $\mu=12$ )
- Grotendeels MRI-laboranten en laboranten in opleiding



# Resultaten – Deel 2

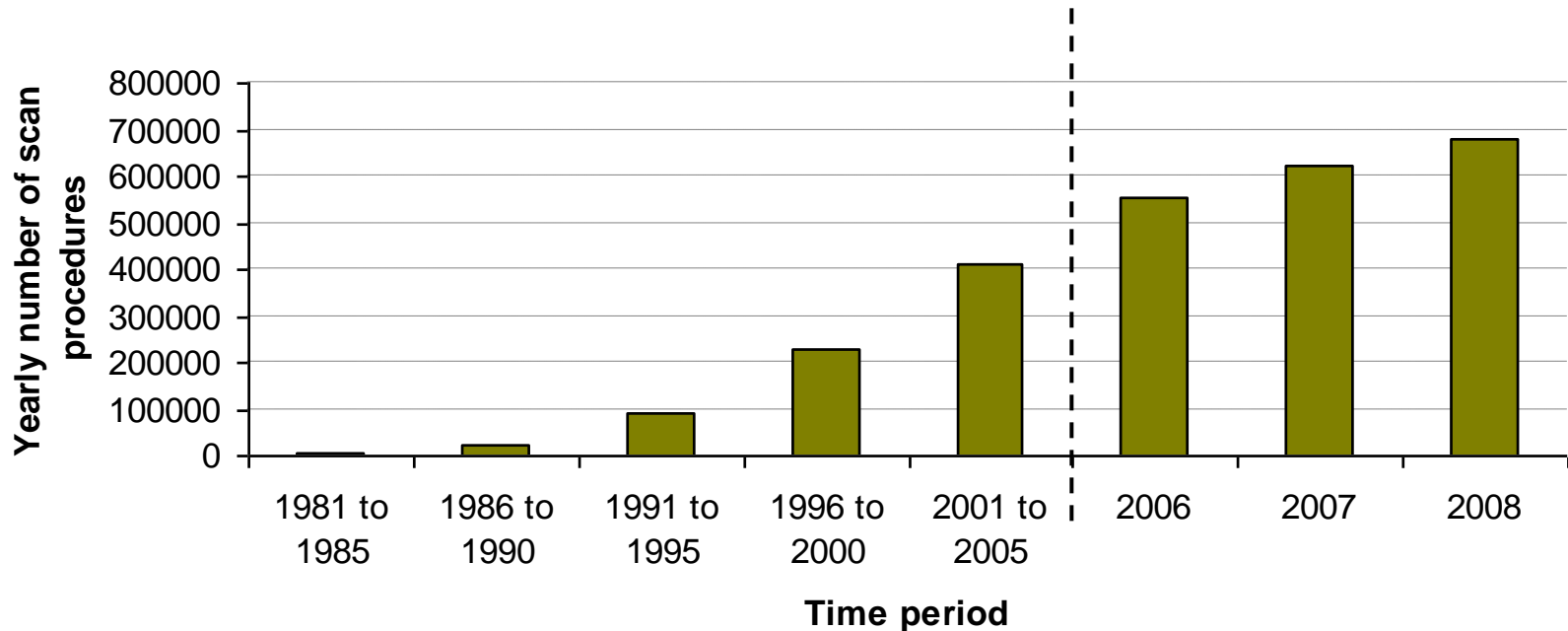
## Historische ontwikkelingen



## Totaal aantal scanprocedures

In 2008 werden er naar schatting **682.000 MRI-procedures** uitgevoerd

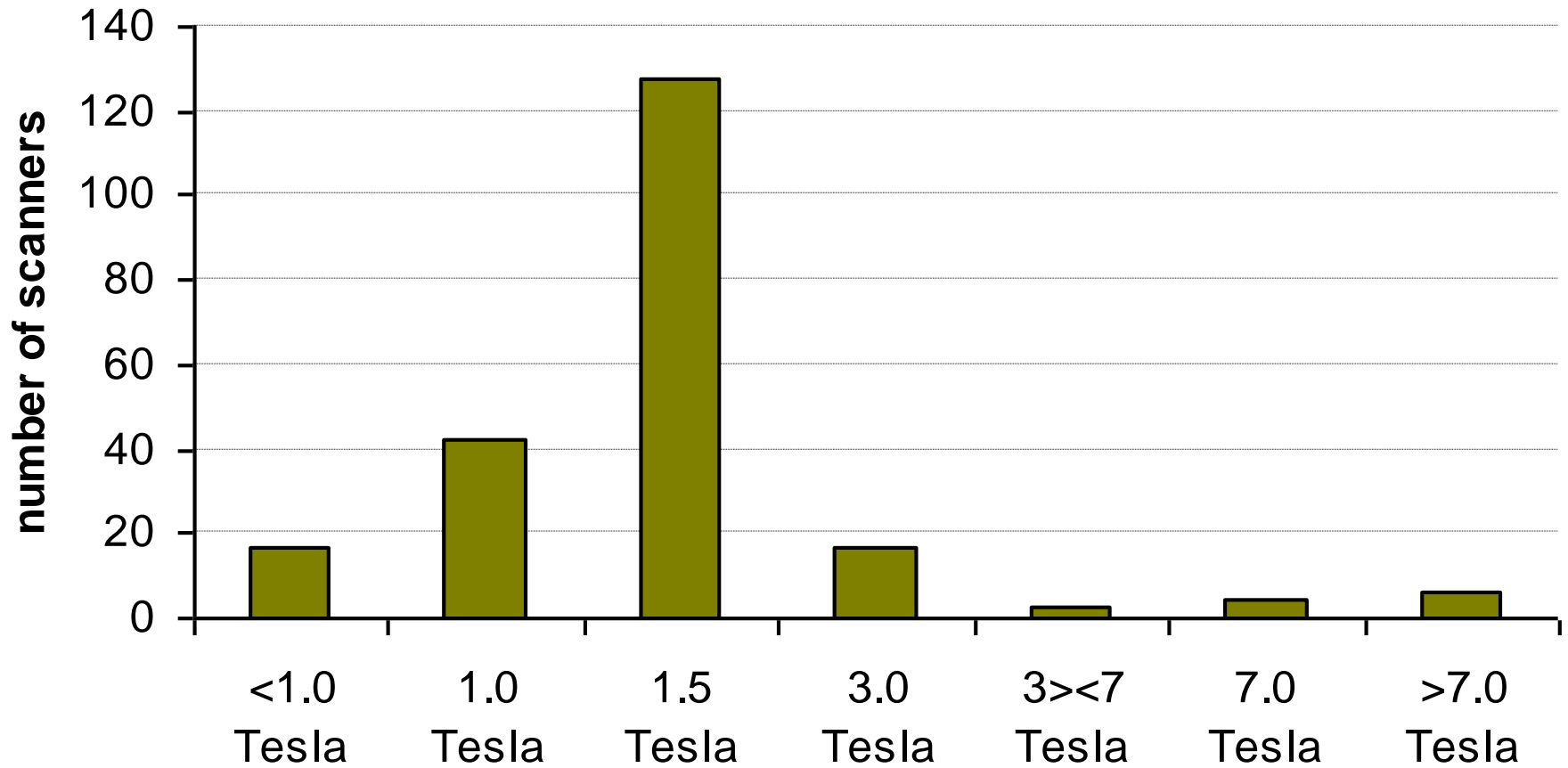
Estimated yearly number of scan procedures in The Netherlands between 1981 and 2008





## Huidige MRI-scanners in Nederland

Totaal 227 scanners

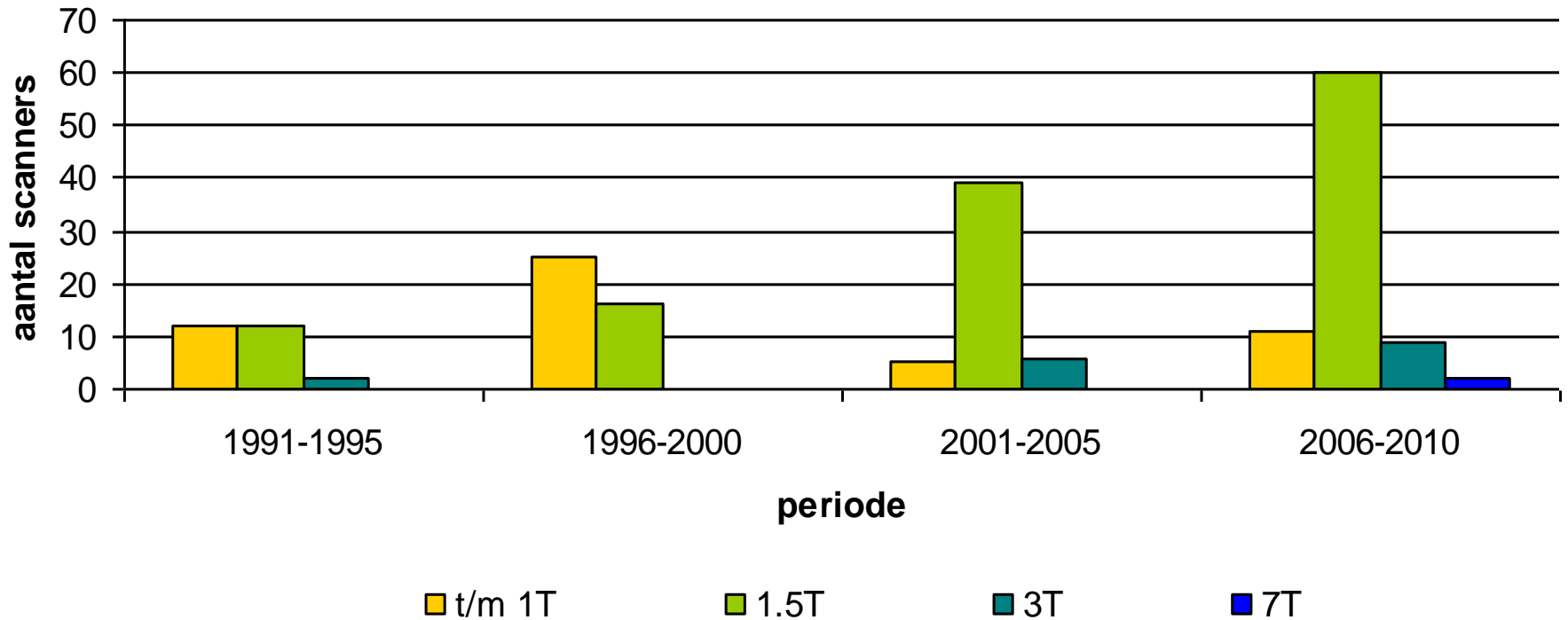






## Toename veldsterkte

Veldsterkte per aanschafjaar, humane toepassingen





# Resultaten – Deel 3

Distributie van mogelijke  
blootstellingsdeterminanten



# Resultaten – Deel 3

## Distributie van mogelijke blootstellingsdeterminanten

→ Contrast o.b.v. MRI-toepassing van een afdeling



# Beroepsmatige blootstelling

## Blootstelling:

Intensiteit

Duur

Frequentie

Type

## Mogelijke blootstellingsdeterminanten:

o.a.

Veldsterkte scanner  
Aantal scanprocedures  
Type procedures  
Type patiënten

## Verdeling veldsterkte

**Dierenklinieken:**

< 1 Tesla

**Patiëntdiagnostiek**

Voornameijk 1 en 1.5  
Tesla

**Academische zkh en  
humaan onderzoek:**

Voornameijk 1.5 en 3  
Tesla.

**Proefdieronderzoek:**

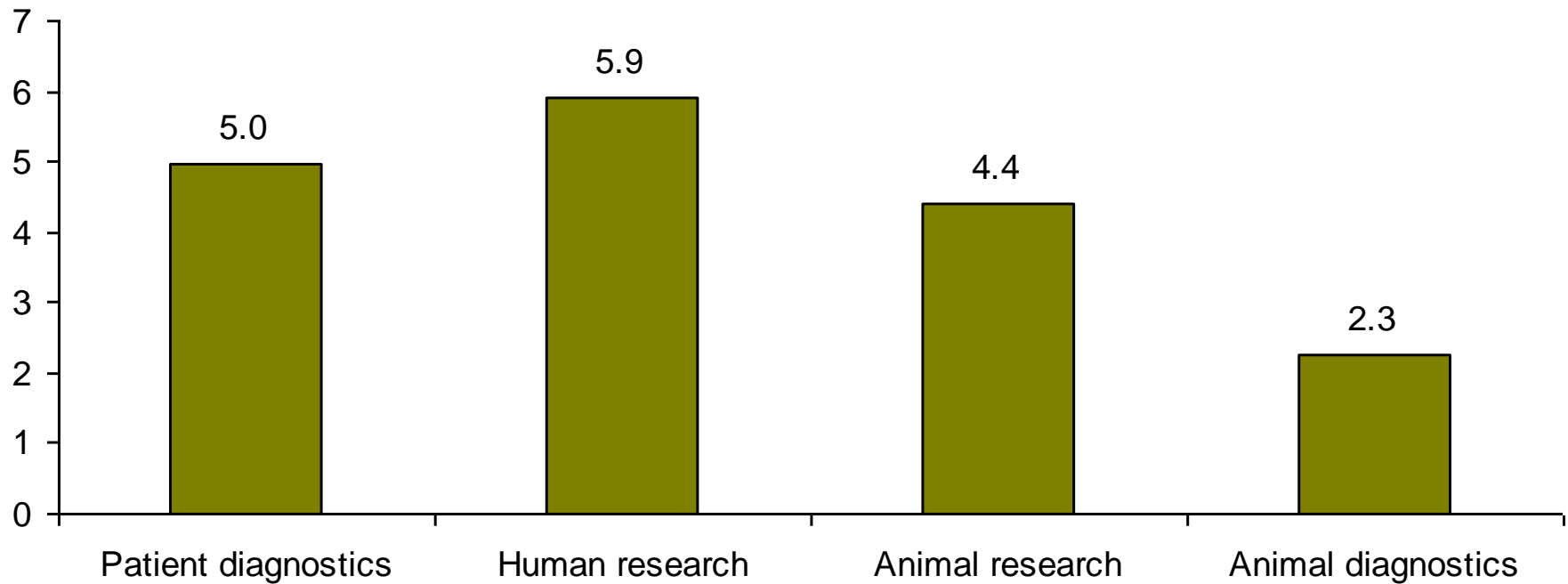
> 3 Tesla.  
Hoogste Veld = 17.4 Tesla





## Scan-activiteit 1

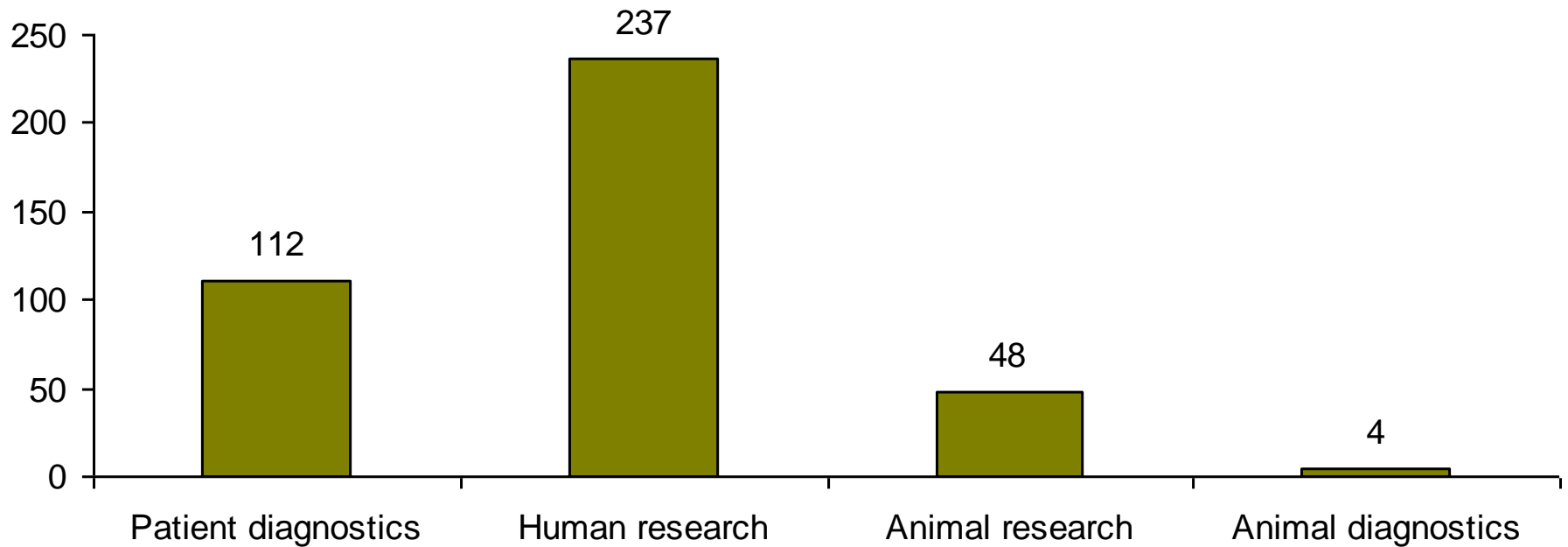
Number of days per week a scanner is in use





## Scan-activiteit 2

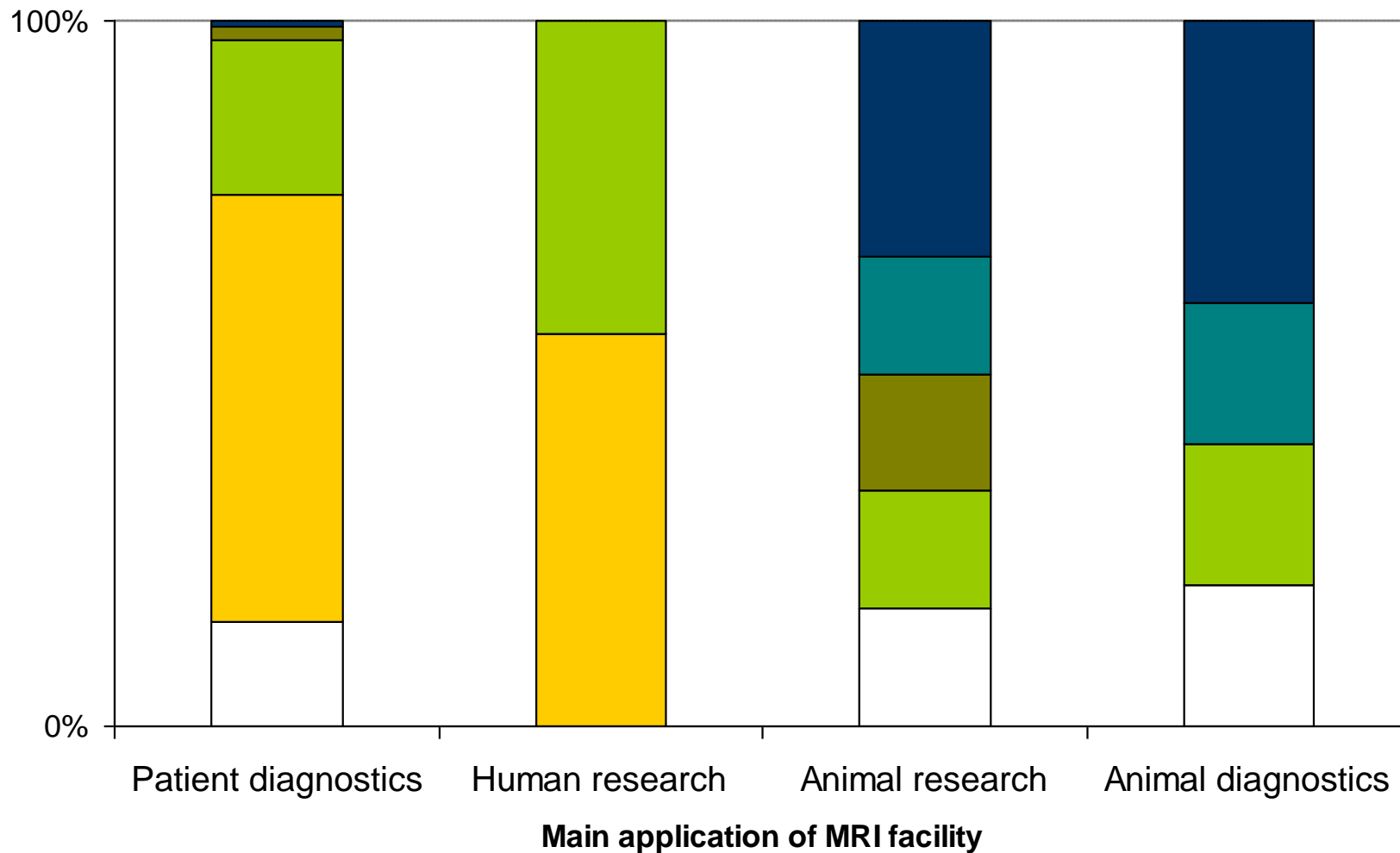
Average number of scan procedures performed weekly per department



Type

### Scans performed with worker inside scanner room, by facility type

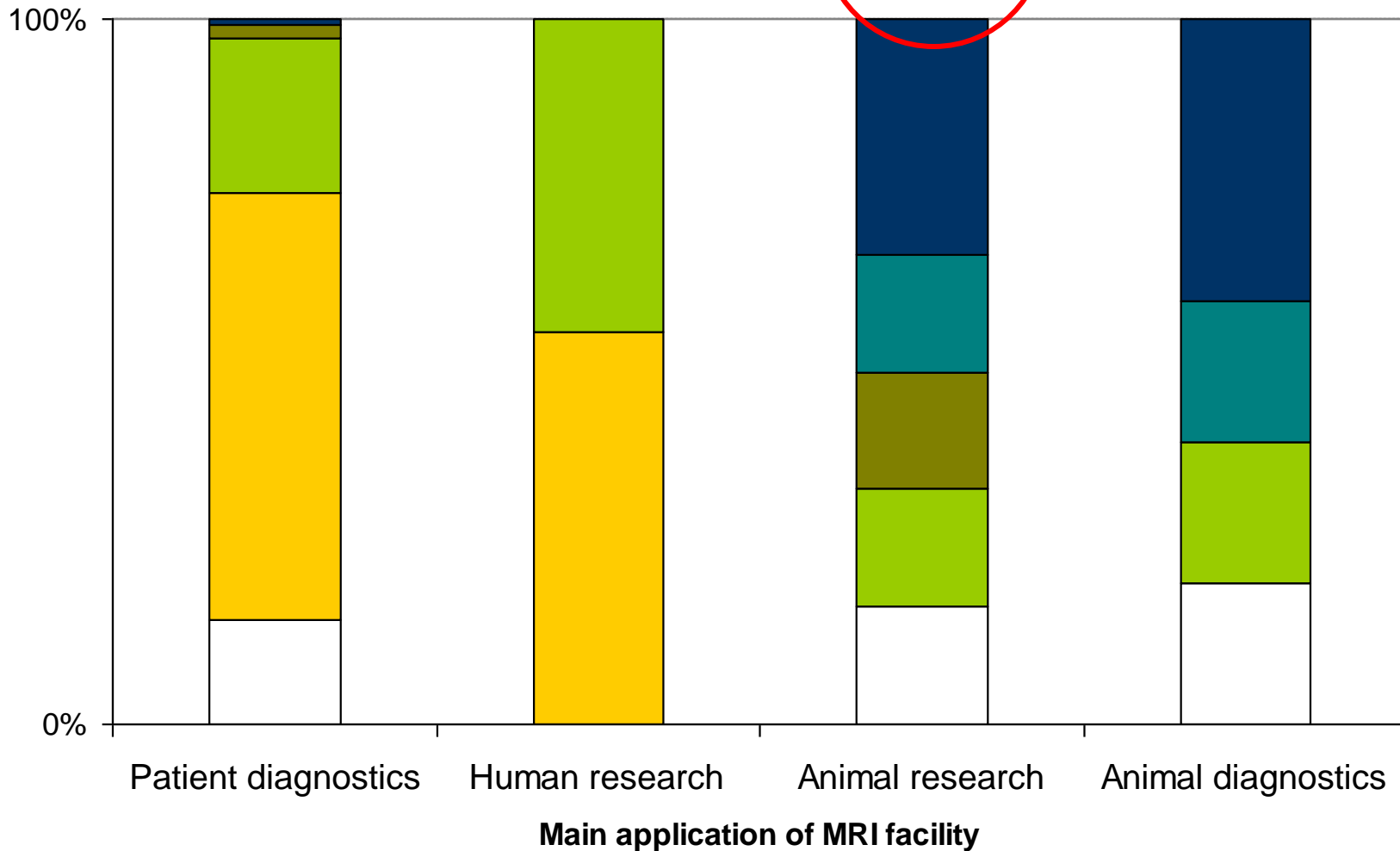
None   ≤ 1%   1-5%   10-20%   20-80%   80-99%   All



Type

### Scans performed with worker inside scanner room, by facility type

None   ≤ 1%   1-5%   10-20%   20-80%   80-99%   All





## Andere mogelijk relevante procedures en toepassingen

### **Procedures:**

- Toediening contrastmiddel
- Patiënten onder narcose
- Patiënten die extra begeleiding nodig hebben (kinderen, claustrofobie)

### **Toepassingen:**

- MR-geleide interventies: in NL geen werknemers in scannerruimte tijdens acquisitie





# Resultaten – Deel 4

## Veiligheidsprotocollen



## Veiligheidsprotocollen per afdeling

1. 36% informeert laboranten over mogelijk optreden van symptomen bij blootstelling aan het SMV



## Veiligheidsprotocollen per afdeling

1. 36% informeert laboranten over mogelijk optreden van symptomen bij blootstelling aan het SMV
2. 44% heeft protocol voor zwangere werknemers (m.n. ziekenhuizen):



## Veiligheidsprotocollen per afdeling

1. 36% informeert laboranten over mogelijk optreden van symptomen bij blootstelling aan het SMV
2. 44% heeft protocol voor zwangere werknemers (m.n. ziekenhuizen):
  - Voorschrift (86%) vs. advies (14%)
  - 1e trimester (32%) vs. gehele zwangerschap (68%)
  - Strooiveld van de magneet vs. velden tijdens acquisitie

# Veiligheidsprotocollen per afdeling

1. 36% informeert laboranten over symptomen bij blootstelling aan
  2. 44% heeft protocol voor zwang (ziekenhuizen):
    - Voorschrift (86%) vs. advies (14%)
    - 1e trimester vs. gehele zwang
    - Strooiveld van de magneet vs. draad
- Praktijkregels voor personeel: blootstelling tijdens acquisitie (43%)







# Conclusies



## Conclusies MRI-inventarisatie

→ Representatief overzicht van de **huidige stand van zaken** in de Nederlandse MRI sector



## Conclusies MRI-inventarisatie

- Representatief overzicht van de **huidige stand van zaken** in de Nederlandse MRI sector
- **Verschillen tussen beroepsgroepen** in frequentie en type blootstelling (alleen statisch veld of mogelijk ook schakelend gradiëntveld)



## Conclusies MRI-inventarisatie

- Representatief overzicht van de **huidige stand van zaken** in de Nederlandse MRI sector
- **Verschillen tussen beroepsgroepen** in frequentie en type blootstelling (alleen statisch veld of mogelijk ook schakelend gradiëntveld)
- **Contrast tussen MRI-afdelingen** op basis van mogelijke blootstellingsdeterminanten



## Toepassing data

→ Grove **classificatie van blootstelling** aan MRI-gerelateerde elektromagnetische velden

Deze kennis kan worden toegepast bij het opzetten van **verder onderzoek** naar persoonlijke blootstelling en gezondheidsklachten binnen deze beroepsgroep:

- Identificatie van relevante blootstellingsomgevingen
- Gerichte benadering van MRI-afdelingen voor metingen van persoonlijke blootstelling



# Dwarsdoorsnede-onderzoek onder beroepsmatig blootgestelde populatie

## Metingen van persoonlijke blootstelling aan statisch magnetveld

- Draagbare dosimeter
- Continue registratie van blootstelling aan SMV en verandering van SMV.
- Volledige shifts
- Logboekje per shift: werkzaamheden en gezondheidsklachten







## Dwarsdoorsnede-onderzoek onder beroepsmatig blootgestelde populatie

### Metingen van persoonlijke blootstelling aan statisch magnetveld

- Draagbare dosimeter
- Continue registratie van blootstelling aan SMV en verandering van SMV.
- Volledige shifts
- Logboekje per shift: werkzaamheden en gezondheidsklachten

### Vragenlijst voor werknemers

- Blootstelling aan MRI-gerelateerde EMV
- MRI-gerelateerde symptomen
- Determinanten van gevoeligheid voor symptomen



## Dwarsdoorsnede-onderzoek onder beroepsmatig blootgestelde populatie

→ **Combinatie van metingen en vragenlijst** voor epidemiologische studie naar associatie tussen blootstelling aan MRI-gerelateerde EMV en acute symptomen

→ **Combinatie van blootstellingsdeterminatiemodel en inventarisatiegegevens** ter identificatie van hoge blootstellingssituaties en impact EU-richtlijn in Nederland



**Hartelijk dank voor uw aandacht**

**Kristel Schaap**

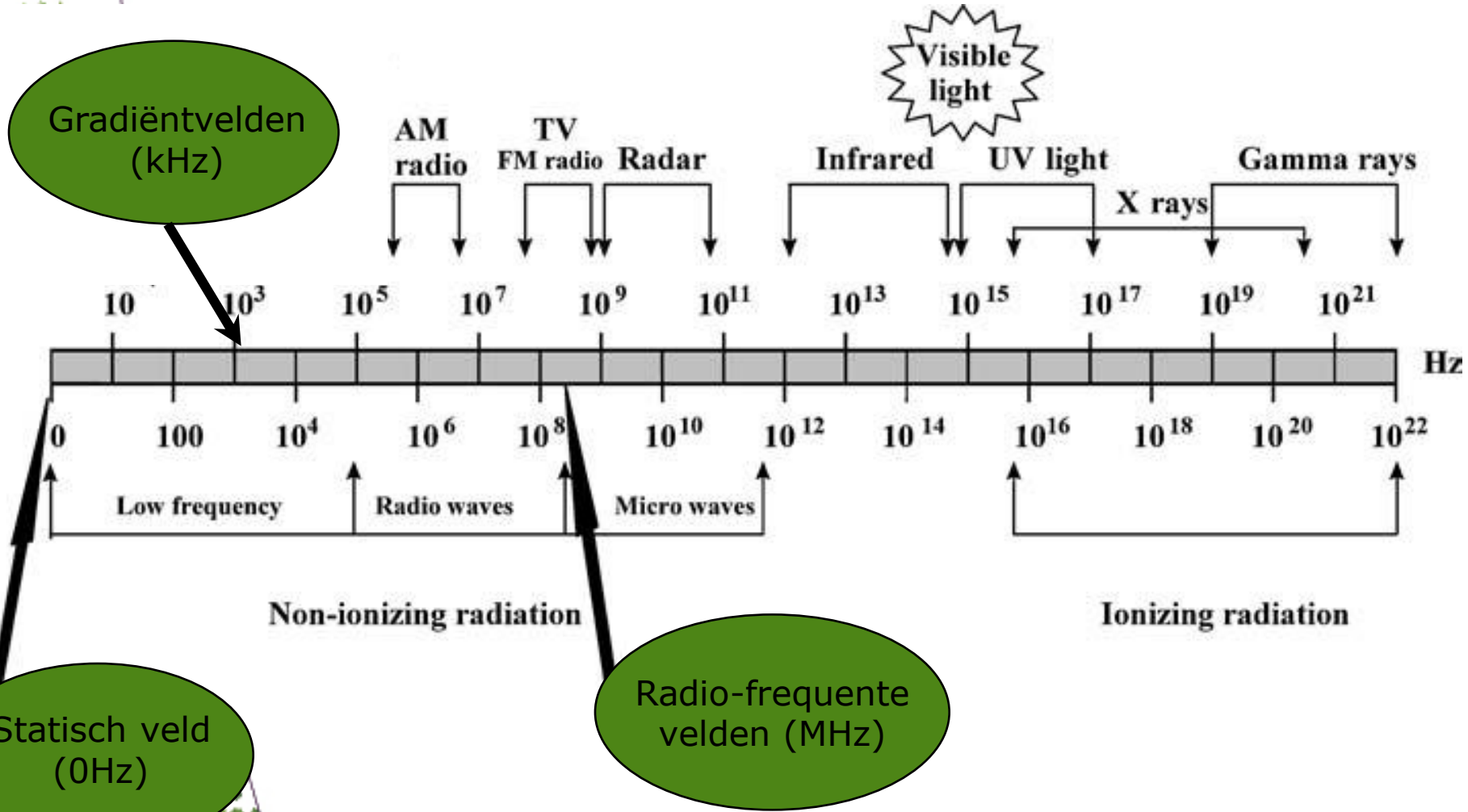
Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS)  
Universiteit Utrecht

*Institute for Risk Assessment Sciences*





# Het elektromagnetisch spectrum





# links

- <http://www.iras.uu.nl/>
- <http://www.zonmw.nl/nl/onderwerpen/alle-programmas/elektromagnetische-velden-en-gezondheid/>
- <http://osha.europa.eu/en/legislation/directives/exposure-to-physical-hazards/osh-directives/directive-2004-40-ec-of-the-european-parliament-and-of-the-council>
- <http://www.icnirp.de/PubEMF.htm>
- <http://www.alliance-for-mri.org>
- **Praktijkregels:**  
[http://docs.minszw.nl/pdf/92/2008/92\\_2008\\_1\\_22101.pdf](http://docs.minszw.nl/pdf/92/2008/92_2008_1_22101.pdf)

# References

- ICNIRP 1994 guidelines on limits of Exposure to Static Magnetic fields. Health Physics 66 (1), 100-106; 1994
- ICNIRP 2009 guidelines on limits of Exposure to Static Magnetic fields. Health Physics 96 (4), 504-514; 2009
- Chadwick, 2007. Assessment of electromagnetic fields around magnetic resonance imaging (MRI) equipment. HSE research report RR570.
- Capstick et al, 2008. An Investigation into Occupational Exposure to Electromagnetic Fields for Personnel Working With and Around Medical Magnetic Resonance Imaging Equipment. European Commission Project VT/2007/017

Patient diagnostics: general hospitals, specialized hospitals, treatment centers, local community health center and surgery facility (n = 123)

Human research: academic hospitals, academic children's hospital, research departments with main focus on human studies (n = 10)

Animal research: research departments with main focus on experimental animal studies (n = 6)

Animal diagnostics: animal clinics (N = 6)

# Interventie-MRI



Clip insertion procedure (picture: Capstick et al. 2008)





## Opzet meetonderzoek

- 10 tot 15 algemene en academische ziekenhuizen
- 3 tot 5 proefdier-MRI afdelingen
- 1 dierenkliniek
  
- 1 week per locatie
- Geschat aantal deelnemers: 150 tot 300



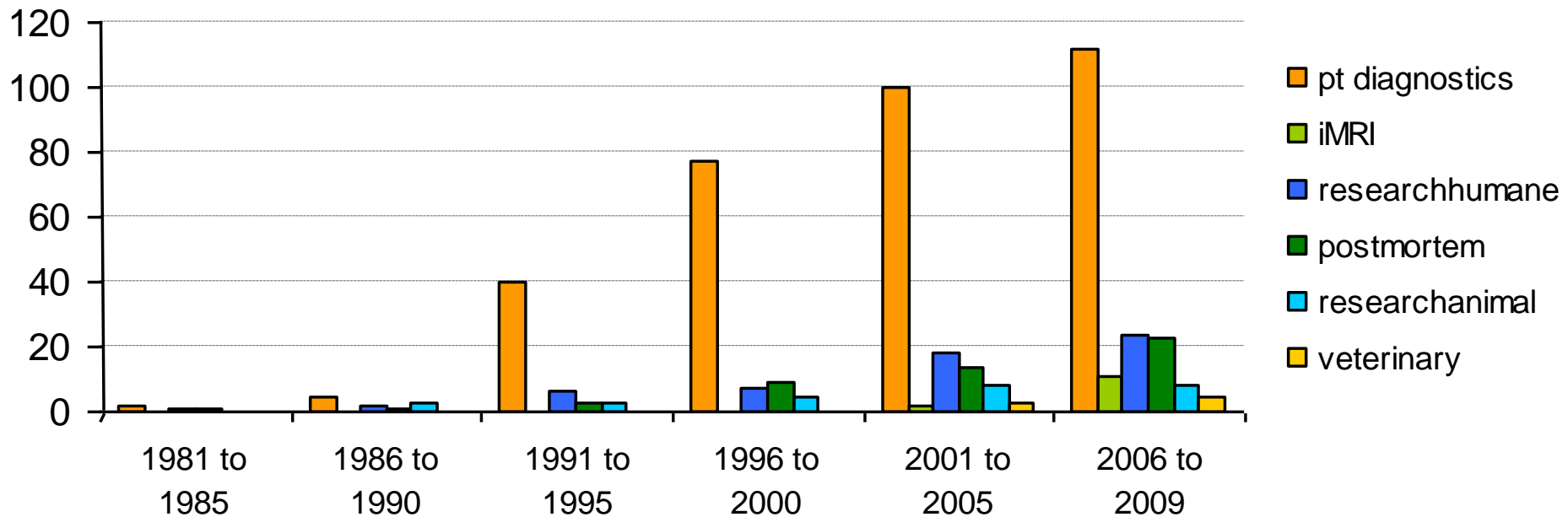


## Selectiecriteria meetonderzoek

- Field strength
- Main application
- Exposed jobs
- Procedures and work practise
- Work load
- Scanner type

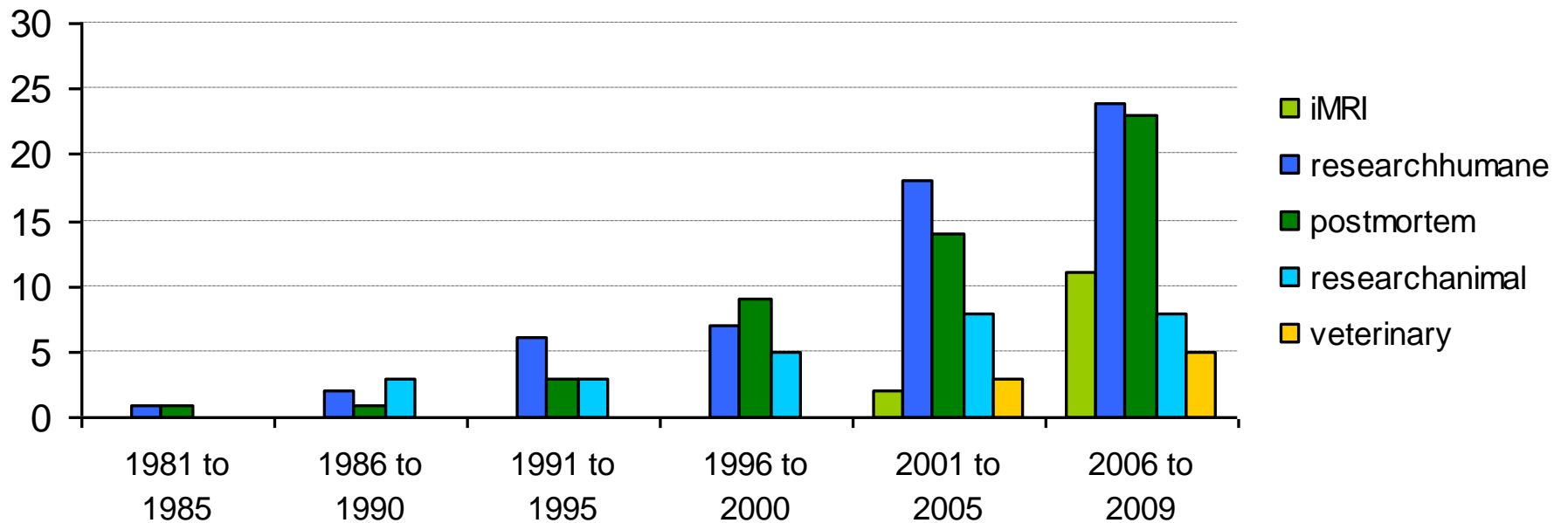
# Toepassingen

## Number of current departments using application

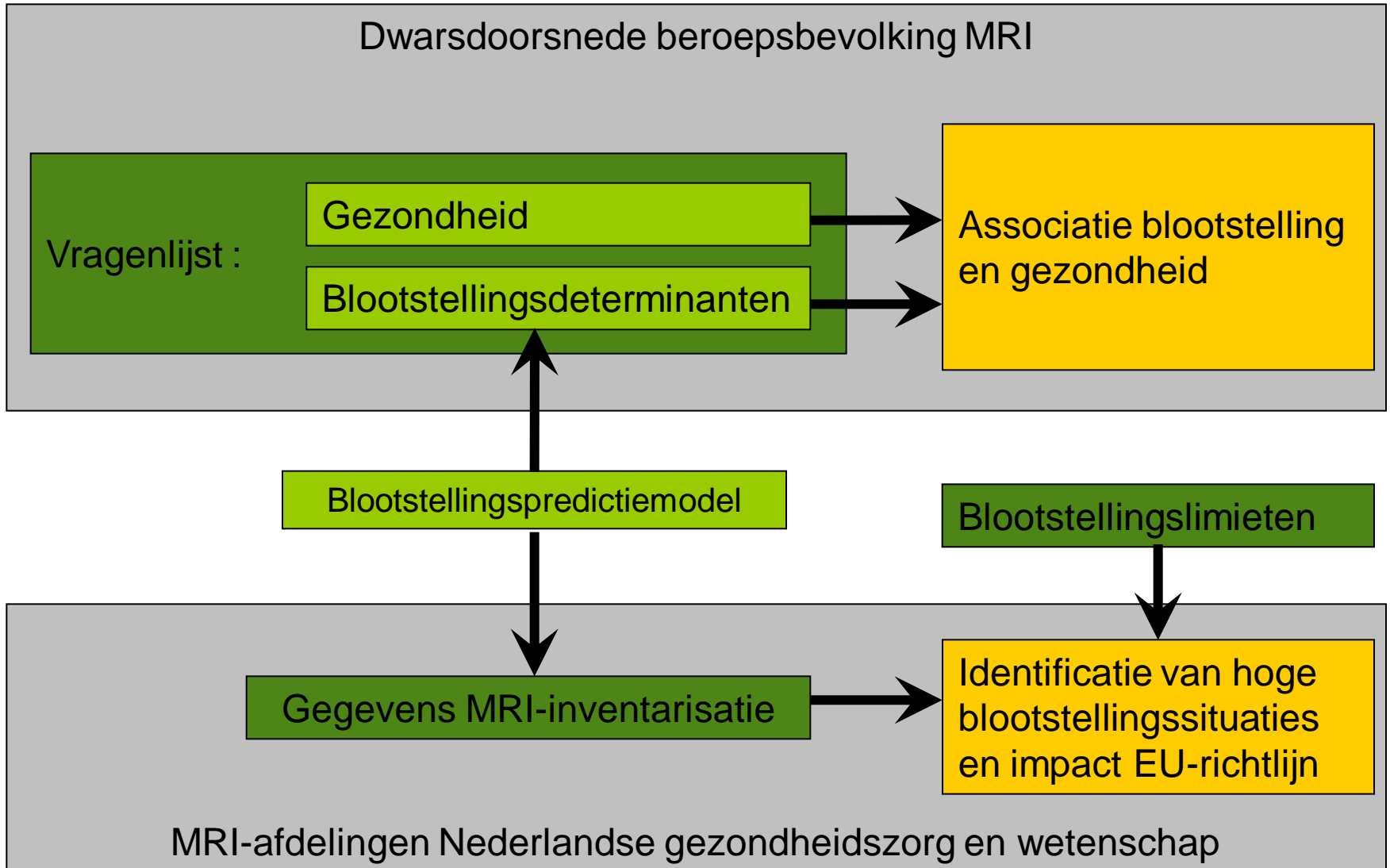


# Toepassingen

## Number of current departments using application



# Combinatie onderzoeksmethoden



# Mogelijke restricties zwangerschap

1. Eerste trimester niet in scannerruimte tijdens acquisitie
2. Eerste trimester helemaal niet in scannerruimte, daarna niet tijdens acquisitie
3. Tijdens gehele zwangerschap niet in scannerruimte tijdens acquisitie
4. Tijdens gehele zwangerschap helemaal niet in scannerruimte

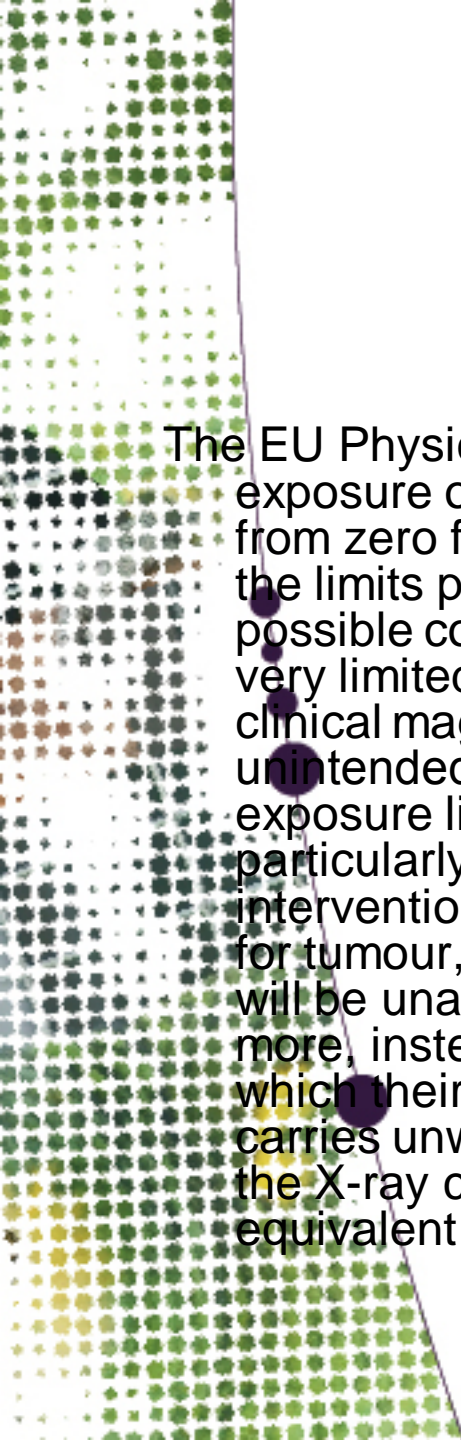


## Mogelijke beleidsopties mbt EU-richtlijn 2004/40/EC

- A Invoer van de in 2004 opgestelde richtlijn
- B Nieuwe blootstellingslimieten o.b.v. recent ICNIRP advies
- C1 Nieuwe blootstellingslimieten o.b.v. ICNIRP advies, met mogelijkheid tot uitzonderingsposities indien risicobepaling wordt uitgevoerd en veilige werksituatie kan worden aangetoond
- C2 Nieuwe blootstellingslimieten o.b.v. ICNIRP advies, met mogelijkheid tot sector-, industrie- of activiteitspecifieke uitzonderingsposities
- D1 De richtlijn als niet-bindend advies
- D2 Vrijwillige afspraken op sector- of EU-niveau
- E Volledige afschaffing van de richtlijn

Bron: Conferentie "Occupational Exposure to EMF: paving the way for a future EU initiative", Umea, Zweden, Okt 2009





The EU Physical Agents (EMF) Directive 2004/40/EC, puts limits on the exposure of operating staff (including those maintaining equipment) from zero frequency up to 300 GHz. It is the opinion of Dr. Krestin that the limits proposed are huge extrapolations from largely hypothetical possible conditions, and that they are an over-cautious interpretation of very limited experimental data. The Directive has consequences for clinical magnetic resonance imaging (MRI), which, while apparently unintended, are potentially disastrous. The Directive's proposed exposure limits threaten the ability to diagnose and treat many patients, particularly those who are frail, anxious or anaesthetized. It will end interventional MRI, with the loss of well-documented improved outcome for tumour, cardiac and other patients. Nurses and other health workers will be unable to comfort children during scans. We will have to rely more, instead of less, on X-ray examinations of paediatric patients (for which their age is regarded as an absolute contraindication). This carries unwanted side effects for many patients for whom injection of the X-ray contrast agents is much more traumatic than that of the equivalent MRI agents.

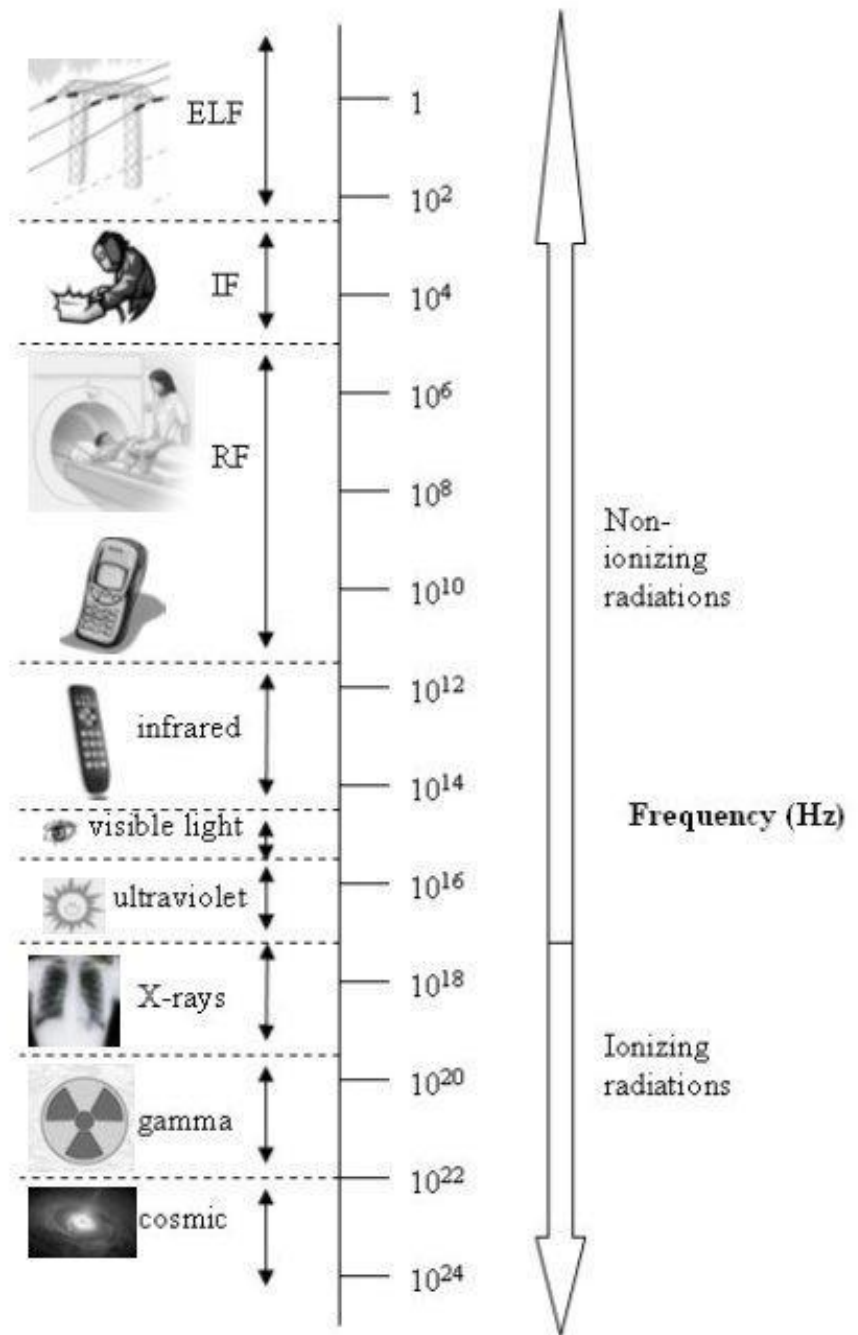
# Presentation Outline

- MRI en EMV
- Studie-opzet
- Resultaten Inventarisatie
  - Blootgestelde beroepsbevolking
  - Historische ontwikkelingen
  - Blootstellingsdeterminanten
  - Veiligheidsprotocollen
- Conclusies en vervolgonderzoek



# Nog uitzoeken indien tijd:

- Type respondenten
- Schoonmaak: wat doen schoonmakers?





**For your title, use Verdana Bold, 22 pts.**

**For your introduction, please use Verdana Bold in 14 pts.  
Next to your title, you can add a big bullet '●' on the line in the  
same font color, as accent (with 'add objects').**

For your information tekst, please use *Verdana* in 14 pts.

- When you want to make a list, use the accent colors for the bullets;
- When you want to make a list, use the accent colors for the bullets;
- When you want to make a list, use the accent colors for the bullets;