



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers**

RIVM Rapport 2015-0203  
K. Rijs | R. Stam





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

**Onderzoek naar mogelijke  
langetermijneffecten van  
elektromagnetische velden op de  
gezondheid van werknemers**

RIVM Rapport 2015-0203

## Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

K. Rijs (auteur), R.I.V.M.  
R. Stam (auteur), R.I.V.M.

Contact:  
Rianne Stam  
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid  
rianne.stam@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, in het kader van het project Z/110071/15/OV.

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers**

Sterke elektromagnetische velden op de werkplek, zoals bij elektrisch lassen of radarinstallaties, kunnen direct gezondheidseffecten veroorzaken bij werknemers. Voorbeelden daarvan zijn prikkeling van de zenuwen of opwarming van organen. Vanaf juli 2016 worden werknemers in Nederland hiertegen beschermd op basis van Europese wet- en regelgeving. Langetermijneffecten zijn hier niet in opgenomen. Het RIVM heeft daarom in kaart gebracht welke mogelijke effecten de blootstelling op de lange termijn zou kunnen hebben op de gezondheid van werknemers. Dit geldt vooral voor situaties waarin de elektromagnetische velden zwakker zijn dan de limieten in de Europese regelgeving. Op basis van de huidige kennis blijkt hierop geen eenduidig antwoord mogelijk.

Er zijn bijvoorbeeld aanwijzingen dat er een verband is tussen (laagfrequente) elektromagnetische velden en de mate waarin de zenuwziekte ALS voorkomt. Het is echter nog niet duidelijk of de elektromagnetische velden de werkelijke oorzaak zijn, of andere factoren op de werkplek zoals chemische stoffen of elektrische schokken. Bij andere ziekten van het zenuwstelsel, zoals dementie en multiple sclerose (MS), spreken studies elkaar tegen of is er nog te weinig onderzoek gedaan naar het effect van elektromagnetische velden.

Er is geen verband aangetoond tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en het ontstaan van diverse vormen van kanker. Voor borstkanker (bij vrouwen) is het bewijs dat er geen verband is het beste onderbouwd; voor hersentumoren en leukemie is er onvoldoende bewijs voor een verband. Voor andere vormen van kanker ontbreekt voldoende en goed onderbouwd onderzoek.

Deze bevindingen zijn gebaseerd op reviews van de wetenschappelijke literatuur en recente publicaties. Het is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van SZW omdat werknemers aan sterkere elektromagnetische velden kunnen blootstaan dan de algemene bevolking.

Kernwoorden: Elektromagnetische velden, werknemers, gezondheid, langetermijneffecten



## Synopsis

### **Research into possible long term effects of electromagnetic fields on the health of workers**

Strong electromagnetic fields in the workplace, such as those generated by electric welding or radar installations, can cause direct health effects in workers. Examples of such effects are nerve stimulation or heating of body organs. From July 2016, Dutch workers are protected against acute health effects on the basis of European legislation. This legislation does not cover long-term effects. The National Institute for Public Health and the Environment has therefore investigated what long-term effects exposure could have on the health of workers according to current scientific knowledge. This mainly concerns situations in which the electromagnetic fields are weaker than the limits in European legislation. On the basis of present scientific knowledge, this question cannot be answered definitively.

For example, there are indications for a relationship between (low frequency) electromagnetic fields and the occurrence of the nervous system disease ALS. However, it is still unclear whether it is the electromagnetic fields that are the true causal agent, or other agents in the workplace, such as chemicals or electric shocks. For other diseases of the nervous system, such as dementia and multiple sclerosis (MS), the scientific studies contradict each other or too little research has been done into the effect of electromagnetic fields.

No relationship has been demonstrated between exposure to electromagnetic fields and the occurrence of various types of cancer. The evidence for the absence of a relationship is strongest for breast cancer (in women). For brain tumours and leukaemia, there is insufficient evidence for a relationship. For other forms of cancer, sufficient and well-founded research is lacking.

These findings are based on published reviews of the scientific literature and recent research publications. It was conducted at the request of the Dutch Ministry of Social Affairs and Employment, because workers can be exposed to stronger electromagnetic fields than members of the general population.

Keywords: Electromagnetic fields, workers, health, long-term effects





## Inhoudsopgave

### Samenvatting en leeswijzer — 9

<b>1</b>	<b>Inleiding — 13</b>
1.1	Aanleiding en vraagstelling — 13
1.2	Afbakening — 13
1.3	Definities en begrippen — 14
1.3.1	Elektromagnetische velden — 14
1.3.2	Bepalen van blootstelling — 14
1.3.3	Blootstelling van werknemers — 16
1.3.4	Oorspronkelijke onderzoeken, reviews en meta-analyses — 16
1.3.5	Risicomaten in epidemiologisch onderzoek — 17
1.3.6	Verbanden in epidemiologisch onderzoek — 17
1.3.7	Heterogeniteit in onderzoeksresultaten — 18
1.3.8	Publicatiebias — 18
1.4	Methoden — 18
1.4.1	Zoekmethode literatuur — 18
1.4.2	Beoordeling van literatuur — 20
1.4.3	Geïnccludeerde literatuur — 20
1.5	Indeling rapport — 21
<b>2</b>	<b>Mogelijke verbanden met kanker — 23</b>
2.1	Hersentumoren — 23
2.1.1	Reviews en meta-analyses — 23
2.1.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 24
2.2	Kanker van witte bloedcellen — 24
2.2.1	Reviews en meta-analyses — 24
2.2.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 25
2.3	Borstkanker — 25
2.3.1	Reviews en meta-analyses — 25
2.3.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 26
2.4	Teelbalkanker — 26
2.4.1	Reviews en meta-analyses — 26
2.4.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 26
2.5	Overige vormen van kanker en overzichten — 27
2.5.1	Reviews en meta-analyses — 27
2.5.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 27
<b>3</b>	<b>Mogelijke verbanden met neurodegeneratieve ziekten — 29</b>
3.1	Motorneuronziekten — 29
3.1.1	Reviews en meta-analyses — 29
3.1.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 29
3.2	Dementie — 30
3.2.1	Reviews en meta-analyses — 30
3.2.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 30
3.3	Ziekte van Parkinson — 31
3.3.1	Reviews en meta-analyses — 31
3.3.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 31
3.4	Multiple sclerose — 31
3.4.1	Reviews en meta-analyses — 31
3.4.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 32

<b>4</b>	<b>Mogelijke verbanden met overige ziekten — 33</b>
4.1	Hart- en vaatziekten — 33
4.1.1	Reviews en meta-analyses — 33
4.1.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 33
4.2	Voortplanting, immuunsysteem, zintuigen en bewegingsapparaat — 34
4.2.1	Reviews en meta-analyses — 34
4.2.2	Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten — 34
<b>5</b>	<b>Conclusies — 37</b>
5.1	Algemene conclusies over kanker — 37
5.2	Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten — 38
5.3	Algemene conclusies over overige ziekten — 38
5.4	Tekortkomingen en mogelijke verbeteringen in gepubliceerd onderzoek — 39
	<b>Literatuur — 43</b>
	<b>Afkortingen — 49</b>
	<b>Bijlage – Zoekstrategie voor oorspronkelijke onderzoeken — 51</b>

## Samenvatting en leeswijzer

*Sterke elektromagnetische velden op de werkplek kunnen direct na de blootstelling gezondheidseffecten of veiligheidsrisico's veroorzaken. De wettelijke regels en blootstellingslimieten beschermen werknemers daartegen.* Elektromagnetische velden ontstaan in de buurt van stroomgeleiders, elektrische apparatuur of zendinstallaties. De sterkte van de velden kan variëren in de tijd en de frequentie (in hertz) van die variaties kan verschillen per toepassing. Het belangrijkste directe effect van laagfrequente elektromagnetische velden (frequenties lager dan 100 kilohertz) op het lichaam is elektrische prikkeling van zenuwweefsel. Het belangrijkste directe effect van radiofrequente velden (frequenties hoger dan 100 kilohertz) op het lichaam is opwarming. Werknemers kunnen onder bepaalde omstandigheden worden blootgesteld aan sterkere velden dan de algemene bevolking. Als deze velden sterk genoeg zijn, kunnen ze leiden tot overmatige prikkeling van zenuwweefsel of overmatige opwarming. Daardoor kunnen gezondheidseffecten of veiligheidsrisico's ontstaan, zoals duizeligheid, pijn of verbranding. Voorbeelden van bronnen van sterke laagfrequente elektromagnetische velden op de werkplek zijn lasapparatuur, generatoren, inductieverwarmers en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van sterke radiofrequente elektromagnetische velden op de werkplek zijn plasticlassers, MRI-apparatuur in ziekenhuizen en zendmasten op daken. De voorschriften en blootstellingslimieten in de Europese richtlijn 2013/35/EU dienen om gezondheidseffecten of veiligheidsrisico's van elektromagnetische velden te voorkomen. De limieten zijn gebaseerd op internationale wetenschappelijke aanbevelingen die uitgaan van bewezen gezondheidseffecten (overmatige elektrische prikkeling van zenuwen en spieren en overmatige opwarming of verbranding). De richtlijn zal in juli 2016 geïmplementeerd worden in Nederland door een wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit. De voorgaande wetgeving behandelde de risico-inventarisatie en maatregelen in minder detail en bevatte nog geen blootstellingslimieten.

*De overheid zorgt ervoor dat regelmatig wordt nagegaan of er extra beleid nodig is om werknemers tegen gezondheidseffecten te beschermen.* Het RIVM doet in opdracht van het Ministerie van SZW onderzoek naar mogelijke nieuwe risico's waaraan werknemers tijdens hun werk kunnen worden blootgesteld, zoals nachtwerk of nanodeeltjes. De nieuwe Europese richtlijn richt zich alleen op bescherming van werknemers tegen directe gezondheidseffecten van sterke elektromagnetische velden, omdat langetermijneffecten nog niet wetenschappelijk bewezen werden geacht. De implementatie van de richtlijn in Nederland was de aanleiding voor het ministerie om te laten onderzoeken of deze velden inderdaad op de langere termijn geen gezondheidseffecten bij werknemers kunnen veroorzaken. Het gaat daarbij in het algemeen om blootstelling lager dan de limieten in de Europese wetgeving. Het RIVM inventariseerde daartoe de stand van zaken in het wetenschappelijke onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten. Daarbij is naar wetenschappelijke literatuur gezocht die tot januari 2015 is gepubliceerd. Er is in eerste instantie uitgegaan van overzichtsartikelen in 'peer-reviewed' vaktijdschriften

('reviews' en 'meta-analyses') die onderzoekspublicaties uit het verleden samenvatten. Daarnaast zijn recente afzonderlijke onderzoeken beoordeeld die na het verschijnen van de overzichtsartikelen waren verschenen. De methoden voor het zoeken en beoordelen van de wetenschappelijke publicaties worden uitgebreider beschreven in hoofdstuk 1 van het rapport.

*In epidemiologisch onderzoek wordt gezocht naar mogelijke verbanden tussen herhaalde of langdurige blootstelling aan elektromagnetische velden en het later ontstaan van ziekten.* Experimenteel (laboratorium)-onderzoek naar het verband tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en het ontstaan van ziekten is alleen uitgevoerd bij proefdieren. Omdat de resultaten daarvan niet altijd goed zijn te vertalen naar mensen wordt ook epidemiologisch onderzoek gedaan, onder andere bij werknemers. Epidemiologie is het vakgebied waarin men door waarnemingen in (delen van) de bevolking factoren probeert te vinden die de gezondheid kunnen beïnvloeden. In sommige epidemiologische onderzoeken wordt eerst de blootstelling aan elektromagnetische velden op de werkplek bepaald en daarna in de loop van de tijd gemeten hoeveel werknemers een ziekte krijgen (cohortonderzoek). In de meeste onderzoeken worden groepen werknemers met of zonder de ziekte gezocht en wordt vervolgens met vragenlijsten of archiefgegevens geschat wat de blootstelling in het verleden is geweest (patiënt-controleonderzoek). Hierbij wordt een onderverdeling gemaakt tussen lage en hoge blootstelling aan elektromagnetische velden op basis van het beroep, van categorieën beroepen met vergelijkbare blootstelling of van metingen op de werkplek bij individuele werknemers. Er wordt onderscheid gemaakt tussen elektromagnetische velden met lage frequenties, zoals die van elektriciteitsvoorzieningen, en hoge frequenties, zoals die van zendinstallaties of radar.

*Alle onderzoeken bij elkaar genomen zijn er nog geen verbanden bewezen tussen blootstelling van werknemers en kanker, ziekten van het zenuwstelsel of andere gezondheidseffecten, als de elektromagnetische velden zwakker zijn dan de wettelijke limieten.* De twee categorieën ziekten waaraan het meeste onderzoek is gedaan zijn kanker en ziekten van het zenuwstelsel. Deze twee categorieën worden beschreven in de hoofdstukken 2 en 3 van het rapport. Alle overige ziekten waar onderzoek naar is gedaan worden beschreven in hoofdstuk 4. In het algemeen geldt voor alle onderzochte ziekten dat ze een complexe ontstaansgeschiedenis kunnen hebben, waarin erfelijke factoren, leefstijl en diverse omgevingsinvloeden, zoals blootstelling aan andere risico's dan die van elektromagnetische velden, een rol kunnen spelen. In hoofdstuk 5 worden de resultaten samengevat, kritische kanttekeningen geplaatst en suggesties voor vervolgonderzoek gedaan.

Alle onderzoeken bij elkaar genomen is er bewijs gevonden dat er geen verband is tussen blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden op de werkplek en borstkanker bij vrouwen. Er is onvoldoende bewijs voor een verband met hersentumoren of leukemie bij werknemers. De resultaten verschillen per onderzoek, hangen niet samen met de sterkte van de blootstelling of worden mogelijk vertekend door gebrekkige methoden. Voor overige vormen van kanker (teelbalkanker, longkanker, blaaskanker en kanker in het oog) is er nog te weinig

onderzoek van hoge kwaliteit gedaan om conclusies te kunnen trekken over verbanden met blootstelling aan elektromagnetische velden.

Er zijn aanwijzingen gevonden voor een verband tussen beroepen met blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden en het voorkomen van motorneuronziekten (vooral amyotrofische laterale sclerose, ALS). Het is nog niet duidelijk of de elektromagnetische velden de werkelijke oorzaak zijn, of andere factoren op dezelfde werkplek zoals chemische stoffen of elektrische schokken. De meest recente onderzoeken maken een verband met elektrische schokken minder waarschijnlijk. Voor dementie, waaronder de ziekte van Alzheimer, zijn enkele aanwijzingen gevonden voor een verband met blootstelling aan laagfrequente velden, maar de onderzoeken geven wisselende resultaten, hebben methodologische beperkingen, worden niet altijd gepubliceerd en geven geen duidelijkheid over storende factoren. Er is tot nu toe geen verband gevonden tussen blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden en de ziekte van Parkinson. Er is nog te weinig onderzoek gedaan naar een verband met multiple sclerose om conclusies te kunnen trekken.

Er is geen verband aangetoond tussen blootstelling aan laagfrequente elektromagnetische velden op de werkplek en hart- en vaatziekten. Voor radiofrequente velden kunnen nog geen conclusies worden getrokken. Ook voor afwijkingen in de voortplanting, de zintuigen, het afweersysteem en het bewegingsapparaat zijn de weinige onderzoeken die zijn gedaan te inconsistent of te gebrekkig uitgevoerd om conclusies te kunnen trekken.

Voor sommige ziekten is vervolgonderzoek naar verbanden met blootstelling aan elektromagnetische velden op de werkplek nodig. Verbeteringen in de opzet van het onderzoek kunnen helpen om duidelijkere conclusies te trekken. In wetenschappelijke reviews en rapporten zoals het huidige wordt geprobeerd om conclusies te trekken uit al het gepubliceerde wetenschappelijk onderzoek over de relevante blootstelling. Daarbij wordt rekening gehouden met de opzet, kwaliteit en consistentie van het onderzoek. Voor de ziekten waarvoor aanwijzingen zijn gevonden voor een verband met beroepen met blootstelling aan elektromagnetische velden (met name motorneuronziekten) is het nog te vroeg om definitieve conclusies te trekken. De blootstelling van werknemers is vaak niet direct gemeten, maar geschat op basis van het beroep. Het is daarom mogelijk dat andere factoren op de werkplek, zoals bijvoorbeeld elektrische schokken of chemische stoffen bijdragen aan een toename in het risico op de ziekte.

In toekomstig onderzoek kunnen deze factoren waar mogelijk gemeten worden en gebruikt om de resultaten te corrigeren. Ook kan men daarbij proberen om de blootstelling aan elektromagnetische velden op de werkplek directer te meten. Verder kan het nuttig zijn om experimenten te doen waarin proefdieren op gecontroleerde wijze worden blootgesteld aan elektromagnetische velden en effecten worden gemeten die relevant zijn voor ziekten bij werknemers. In diermodellen kan ook worden onderzocht wat het mechanisme zou kunnen zijn voor effecten van langdurige blootstelling aan elektromagnetische velden die zwakker zijn dan de wettelijke blootstellingslimieten. Voor alle ziekten waarvoor nog

onvoldoende gegevens van hoge kwaliteit beschikbaar zijn, kan nader epidemiologisch onderzoek zinvol zijn. Daarbij dient de blootstelling en het optreden van de ziekte zo betrouwbaar mogelijk gemeten te worden en moet zo veel mogelijk rekening gehouden worden met versturende factoren.

De bevindingen in het huidige rapport zijn een momentopname. Er lopen nog diverse onderzoeken onder werknemers waarvan in 2015 en daarna resultaten zijn of worden gepubliceerd. Het betreft reviews maar ook oorspronkelijk onderzoek, onder andere vervolgonderzoek naar werknemers met ALS en onderzoek naar werknemers bij MRI-apparatuur. Het RIVM blijft de ontwikkelingen in de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke effecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers volgen.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en vraagstelling

De inhoud van dit rapport komt voort uit een vraag binnen het project 'Elektromagnetische velden' dat RIVM uitvoerde voor het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). Het doel van het rapport is om de stand van zaken weer te geven van de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke langetermijneffecten op de gezondheid van kortdurende en chronische blootstelling aan elektromagnetische velden (EMV) in arbeidssituaties. Het rapport moet beleidsmakers, onderzoekers en overige belanghebbenden informeren over de stand van de wetenschap en hen in staat stellen te bepalen of er nader onderzoek, voorlichting of nieuw beleid op het onderwerp nodig is.

## 1.2 Afbakening

In dit rapport wordt de stand van de wetenschap op het gebied van een mogelijk verband tussen kortdurende en chronische blootstelling aan EMV in arbeidssituaties en langetermijneffecten op de gezondheid van werknemers geïnventariseerd en beoordeeld. Wetenschappelijk bewezen verbanden tussen blootstelling aan EMV en kortetermijneffecten op de gezondheid op basis van elektrische stimulatie en opwarming vallen buiten dit rapport. Dergelijke verbanden vormen de basis voor de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn elektromagnetische velden (Parlement en Raad van de Europese Unie, 2013). Deze limieten zijn gebaseerd op aanbevelingen van de 'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection' (ICNIRP). Mogelijke effecten van EMV op de gezondheid van leden van de bevolking of patiënten in de reguliere gezondheidszorg vallen ook buiten dit rapport. Effecten met onduidelijke relevantie voor de gezondheid (bijvoorbeeld het effect op cellen of hormonen) worden niet beschreven. Sommige mensen geven aan zogenaamde somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten (Engels: non-specific physical symptoms), zoals hoofdpijn en vermoeidheid, te krijgen na blootstelling aan EMV met sterkten die beduidend lager zijn dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Deze klachten kunnen direct na blootstelling of na langduriger blootstelling optreden, maar een oorzakelijk verband met de blootstelling aan EMV is tot nu toe niet aangetoond (Demers et al., 2014; Rubin et al., 2011). In het huidige rapport wordt niet op deze klachten ingegaan. Mogelijke gezondheidseffecten van EMV en de mechanismen daarvoor in het lichaam kunnen ook worden onderzocht bij proefdieren. Omdat deze onderzoeken meestal niet specifiek zijn voor blootstelling van werknemers, worden ze in dit rapport niet besproken. De belangrijkste basis voor de beoordeling in dit rapport zijn gepubliceerde, openbare 'peer-reviewed' reviews en meta-analyses in wetenschappelijke tijdschriften. Ter aanvulling van de bevindingen zijn rapporten van wetenschappelijke organisaties en recente oorspronkelijke onderzoeken die niet zijn opgenomen in de reviews en meta-analyses geraadpleegd.

## 1.3 Definities en begrippen

### 1.3.1 *Elektromagnetische velden*

Elektrische velden ontstaan door een elektrische lading of door veranderende magnetische velden. Magnetische velden ontstaan door een bewegende lading of door veranderende elektrische velden, zoals die bij een geleider waar wisselstroom door loopt. Het aantal golfbewegingen in de sterkte van de velden per tijdseenheid noemt men de frequentie. Als de frequentie wordt uitgedrukt in het aantal golfbewegingen per seconde, is de eenheid daarvan 'hertz'. De geleider, het apparaat of de zender die de velden produceert, wordt 'de bron' genoemd. Op een bepaalde afstand van de bron zijn het elektrische en magnetische veld volledig gekoppeld en in fase en spreekt men van het elektromagnetische verre veld. Deze afstand hangt af van de frequentie en van de afmetingen van de bron. Op kortere afstand is de koppeling nog niet volledig en spreekt men van het elektromagnetische nabije veld. Tenzij nader gespecificeerd kan de afkorting 'EMV' in dit rapport staan voor elektrische velden, magnetische velden of elektromagnetische velden.

De sterkte van EMV buiten het lichaam is bepalend voor de grootte van de effecten in het lichaam. De sterkte van elektrische velden wordt gemeten in de grootheid 'elektrische veldsterkte' (eenheid: volt per meter). De sterkte van magnetische velden kan worden gemeten in de grootheden 'magnetische veldsterkte' (eenheid: ampère per meter) of 'magnetische fluxdichtheid' (eenheid: tesla), die in elkaar zijn om te rekenen door vermenigvuldiging van de magnetische veldsterkte met de magnetische permeabiliteit in vacuüm van  $4\pi \times 10^{-7}$  H/m geeft de magnetische fluxdichtheid. Voor het meten van de sterkte van EMV met frequenties tussen 10 megahertz en 300 gigahertz wordt de grootheid 'vermogensdichtheid' gebruikt (eenheid: watt per vierkante meter). Daar waar in dit rapport wordt gesproken over 'laagfrequente' EMV, worden velden met frequenties tussen 1 hertz en 100 kilohertz bedoeld. Epidemiologisch onderzoek naar effecten van laagfrequente EMV concentreert zich vaak op de zogenaamde 'extreem-laagfrequente' velden met frequenties tussen 1 en 300 hertz. De belangrijkste bronnen van deze velden zijn elektriciteitsvoorzieningen en apparatuur op de netspanning, die in Nederland een frequentie van 50 hertz heeft. Daar waar in dit rapport wordt gesproken over 'radiofrequente' elektromagnetische velden, worden velden met frequenties tussen 100 kilohertz en 300 gigahertz bedoeld.

### 1.3.2 *Bepalen van blootstelling*

In epidemiologische onderzoeken worden verschillende methoden gebruikt om blootstelling aan EMV in arbeidssituaties te bepalen. Van een aantal beroepen is bekend dat de werknemers blootgesteld kunnen zijn aan relatief sterke EMV, zoals elektriciens, lasser en metaalbewerker. Als van personen in een onderzoek bekend is welk beroep zij hebben, kan met behulp van zulke beroepentitels een verband worden onderzocht tussen EMV in arbeidssituaties en ziekten, zonder opnieuw de blootstelling aan EMV te meten. Daartoe wordt een vergelijking gemaakt tussen personen met en personen zonder een beroep met hoge blootstelling aan EMV. Echter, personen met een bepaald beroep kunnen ook worden blootgesteld aan andere omstandigheden die de gezondheid kunnen beïnvloeden. Lassers kunnen bijvoorbeeld niet alleen worden blootgesteld



aan EMV maar ook aan giftige stoffen in de lasrook, die daardoor als confounder kunnen werken (zie paragraaf 1.3.6). Hier wordt niet altijd rekening mee gehouden in epidemiologische onderzoeken.

Een tweede manier om EMV te onderzoeken is met behulp van een zogenaamde 'job-exposure matrix'. Een job-exposure matrix is een kruistabel waarin per beroep of beroepsgroep de blootstelling aan bepaalde eigenschappen van het werk is opgenomen. Het verschil met het gebruik van beroepentitels is dat met behulp van een job-exposure matrix alle beroepen in het onderzoek gegroepeerd zijn naar het geschatte niveau van blootstelling aan EMV. Door veel verschillende beroepen samen te nemen wordt verondersteld dat de invloed van schadelijke omstandigheden anders dan EMV kleiner is. Bijvoorbeeld: de blootstelling aan lasrook geldt niet per se voor alle beroepen waar werknemers blootgesteld zijn aan EMV. Een nadeel van een job-exposure matrix is dat er geen rekening wordt gehouden met de variatie in taken en mate van blootstelling binnen beroepsgroepen.

Ten derde kan de blootstelling aan EMV direct worden bepaald door EMV te meten op de werkplek van de werknemers in het onderzoek of te modelleren aan de hand van de eigenschappen van de apparatuur. Het voordeel is dat er exact wordt bepaald hoe hoog de blootstelling per persoon is. Een nadeel is dat de plaats en tijd van de meting niet altijd overeen hoeven te komen met de plaats en tijd van blootstelling van de werknemers. Zo worden metingen op de werkplek vaak op een gestandaardiseerde afstand van de bron gemeten (bijvoorbeeld 20 centimeter), terwijl de werknemer tijdens het werk ook dichterbij de bron kan komen. Metingen kunnen ook worden uitgevoerd door de werknemer langere tijd te laten werken terwijl die een draagbare blootstellingsmeter bij zich heeft. Een nadeel van deze methode is dat de plaats waar de meter wordt gedragen (bijvoorbeeld aan de broekriem) niet de plaats van de hoogste blootstelling hoeft te zijn. De nadelen die gelden voor de bepaling van de blootstelling met behulp van metingen gelden ook voor het bepalen van blootstelling door beroepentitels en een job-exposure matrix. Alles bij elkaar genomen geven persoonlijke metingen van de werknemers in een onderzoek de meest specifieke informatie over de blootstelling aan EMV.

Voor alledrie de voornoemde manieren om de blootstelling te bepalen geldt dat er verschillende maten kunnen worden gebruikt om de geschatte of gemeten blootstelling uit te drukken. Voor de bewezen kortetermijneffecten van hoge blootstelling aan EMV is alleen de 'instantane' sterkte van het veld van belang. Voor mogelijke langetermijneffecten hoeft dit niet het geval te zijn. Alternatieve blootstellingsmaten in onderzoek naar langetermijneffecten kunnen bijvoorbeeld zijn het tijdsgewogen gemiddelde, het geometrisch gemiddelde, de mediaan of het aantal pieken boven een drempelwaarde. Naast de blootstellingsmaat kan ook de totale duur van de blootstelling van belang zijn voor mogelijke langetermijneffecten.

### 1.3.3 *Blootstelling van werknemers*

EMV waaraan werknemers in arbeidssituaties kunnen worden blootgesteld kunnen sterker zijn dan EMV waaraan leden van de bevolking worden blootgesteld. Blootstellingslimieten voor werknemers zijn hoger (minder streng) dan voor leden van de bevolking omdat blootstellingslimieten voor de bevolking ook bescherming moeten bieden aan kinderen, zwangere vrouwen, ouderen, mensen met gezondheidsproblemen en mensen die zich niet bewust zijn dat zij blootgesteld worden. Van leden van de bevolking kan niet verwacht worden dat zij maatregelen nemen om zich te beschermen tegen blootstelling aan EMV. Werknemers zijn doorgaans volwassen mensen waarvan de blootstelling bekend is en die worden getraind om zich bewust te zijn van de mogelijke risico's van EMV en de nodige voorzorgsmaatregelen in acht te nemen (ICNIRP, 1998). Hoewel de blootstelling van werknemers in de meeste gevallen lager is dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn, kan de blootstelling van werknemers hoger zijn dan voor de algemene bevolking. Voorbeelden van bronnen van laagfrequente EMV in arbeidssituaties sterker dan de limieten voor de bevolking zijn geleiders en transformatoren in energiecentrales, inductieverwarmers, lasapparatuur en elektrolyseprocessen. Voorbeelden van bronnen van radiofrequente EMV in arbeidssituaties sterker dan de limieten voor de bevolking zijn diëlektrische verwarmers, zendinstallaties en MRI-scanners in ziekenhuizen.

In epidemiologisch onderzoek wordt meestal naar de gemiddelde blootstelling over een langere tijdsperiode gekeken. Die zal in het algemeen lager zijn dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Dit is alleen lastig te bepalen in onderzoeken waar een job-exposure matrix of beroepentitels worden gebruikt om de blootstelling te bepalen, aangezien op die manier een schatting wordt gemaakt. Alleen wanneer de EMV-blootstelling gemeten wordt kan mogelijk bepaald worden of de blootstelling lager is dan de limieten in de Europese richtlijn. De tijdgemiddelde blootstelling in de oorspronkelijke onderzoeken opgenomen in dit rapport was lager dan de blootstellingslimieten in de Europese richtlijn. Het is echter altijd mogelijk dat er in de middelperiode ook incidentele blootstellingen voorkwamen die hoger waren dan deze blootstellingslimieten.

### 1.3.4 *Oorspronkelijke onderzoeken, reviews en meta-analyses*

In oorspronkelijke onderzoeken worden de methoden en resultaten van een afzonderlijk epidemiologisch onderzoek beschreven. Zie voor meer informatie over epidemiologisch onderzoek paragraaf 1.3.5 en 1.3.6.

Reviews zijn literatuurstudies waarin op een systematische wijze wordt gezocht in zoekmachines (zoals de digitale zoekmachines PubMed of Scopus) naar oorspronkelijke onderzoeken die relevant zijn voor de onderzoeksvraag. Hierbij wordt in het algemeen gebruik gemaakt van specifieke zoektermen en zoekjaren om ervoor te zorgen dat de zoektocht systematisch en reproduceerbaar is. De auteurs beoordelen de relevantie en de kwaliteit van de oorspronkelijke artikelen en proberen er algemene conclusies uit te trekken.

In een meta-analyse worden statistische toetsen gedaan met de gegevens uit de gevonden oorspronkelijke onderzoeken. Bijvoorbeeld,

als alle oorspronkelijke onderzoeken dezelfde analysemethode hebben gebruikt, kan een gewogen gemiddelde genomen worden van de getalsmatige uitkomsten van alle onderzoeken. In een meta-analyse kan ook getest worden op heterogeniteit van de onderzoeksresultaten en publicatiebias (zie paragraaf 1.3.6 en 1.3.7).

### 1.3.5 *Risicomaten in epidemiologisch onderzoek*

De mate waarin een bepaalde ziekte voorkomt in een bevolkingsgroep, bijvoorbeeld het percentage, wordt ook wel het *risico* op die ziekte genoemd. In epidemiologisch onderzoek kan het voorkomen van een ziekte in de blootgestelde groep worden vergeleken met dat in een niet-blootgestelde groep. De verhouding tussen het risico op de ziekte in de blootgestelde groep en het risico in de niet-blootgestelde groep wordt het *relatieve risico* genoemd. Als het risico op de ziekte in de blootgestelde groep groter is dan in de niet-blootgestelde groep, is het relatieve risico groter dan 1. In veel van de onderzoeken waarop de conclusies in dit rapport zijn gebaseerd is het voorkomen van de ziekte niet gemeten in grotere groepen blootgestelde werknemers, maar is in een kleinere groep mensen met een bestaande ziekte de blootstelling vóór de ziekte geschat en vergeleken met de blootstelling in een controlegroep zonder de ziekte. In deze 'patiënt-controleonderzoeken' (Engels: 'case-control studies') wordt de verhouding tussen het aantal blootgestelde individuen en het aantal niet-blootgestelde individuen in elke groep de '*odds*' genoemd. De verhouding tussen de odds voor blootstelling in de groep met de ziekte en de odds in de groep zonder de ziekte wordt in het Engels de '*odds ratio*' genoemd. Deze odds ratio blijkt identiek te zijn aan de verhouding tussen de odds voor de ziekte in de blootgestelde groep en in de niet-blootgestelde groep. Voor ziekten die relatief zeldzaam zijn, zoals de meeste ziekten die in dit rapport worden besproken, is de odds ratio getalsmatig ongeveer gelijk aan het relatieve risico voor dezelfde ziekte. Meer informatie over epidemiologische onderzoeksmethoden en het berekenen van risico's is te vinden in het Kennisbericht 'Wetenschappelijke onderzoeksmethoden' van het Kennisplatform ElektroMagnetische Velden (Kennisplatform ElektroMagnetische Velden, 2014).

### 1.3.6 *Verbanden in epidemiologisch onderzoek*

In epidemiologisch onderzoek worden verbanden onderzocht tussen bepaalde factoren (zoals blootstelling aan EMV) en uitkomstmaten (zoals ziekten). Die onderzoeken zijn meestal observationele onderzoeken, waarin personen alleen worden geobserveerd en onderzocht, in tegenstelling tot experimentele onderzoeken, waarin personen door onderzoekers ook bewust worden blootgesteld aan factoren zoals EMV. In observationeel epidemiologisch onderzoek levert het vinden van een verband tussen EMV en ziekten geen bewijs voor een oorzakelijk verband (causaal verband). Er kunnen bijvoorbeeld andere verschillen dan EMV-blootstelling tussen de groepen zijn die het verschil in het voorkomen van de ziekte verklaren ('confounders'), er kan een systematische fout in de opzet van het onderzoek zitten ('bias') of het verband kan op toeval berusten. Wel geldt: hoe sterker het verband, hoe aannemelijker het is dat het gevonden verband oorzakelijk is. Het verband is sterker als het relatieve risico of de odds ratio verder van 1 ligt. Zo is bijvoorbeeld het relatieve risico voor longkanker (plaveiselcelcarcinoom) na ooit gerookt te hebben 10,5 (Lee et al.,

2012). Ook is een oorzakelijk verband waarschijnlijker als het effect groter wordt als de blootstelling sterker wordt ('blootstelling-respons verband'), als de blootstelling aantoonbaar vooraf ging aan de ziekte, als doelbewuste vermindering van de blootstelling leidt tot vermindering van de ziekte of als het verband consistent wordt gevonden in meerdere onderzoeken, specifiek genoeg is voor bepaalde blootstellingen en ziekten en verenigbaar is met de kennis over het ontstaan van de ziekte (Hill, 1965; Phillips en Goodman, 2004). Meer informatie over epidemiologisch onderzoek en toetsen van verschillen en verbanden is te vinden in het Kennisbericht 'Wetenschappelijke onderzoeksmethoden' van het Kennisplatform Elektromagnetische velden (Kennisplatform Elektromagnetische velden, 2014).

#### 1.3.7 *Heterogeniteit in onderzoeksresultaten*

De onderzoeken die samengenomen worden in reviews en meta-analyses kunnen verschillen in bepaalde eigenschappen, zoals de onderzoekspopulaties (bijvoorbeeld leeftijden), blootstellingsmaten of statistische toetsen. De grootte van die verschillen (de heterogeniteit) bepaalt of de resultaten van die onderzoeken samengenomen mogen worden. In meta-analyses laten veel onderzoekers zich leiden door statistische toetsen die aangeven of de resultaten samengevoegd mogen worden. Zo niet, dan kan hier bijvoorbeeld rekening mee worden gehouden in de meta-analyse door een extra analyse uit te voeren zonder de artikelen die niet goed vergelijkbaar zijn of door andere statistische analyses uit te voeren.

#### 1.3.8 *Publicatiebias*

Er is sprake van publicatiebias als bepaalde onderzoeken wel zijn uitgevoerd maar niet zijn gepubliceerd. Meestal zijn dit onderzoeken die geen effect gevonden hebben. Deze kunnen om verschillende redenen niet gepubliceerd worden. Een voorbeeld is dat onderzoekers het artikel niet gepubliceerd krijgen omdat tijdschriften het niet graag accepteren. Wanneer onderzoeken die geen effect vinden niet gepubliceerd en daarom niet gelezen worden kan het de conclusie van een review of meta-analyse vertekenen. Het effect van de blootstelling kan dan bijvoorbeeld groter lijken dan het zou zijn als alle uitgevoerde onderzoeken waren meegenomen. De auteurs van reviews onderzoeken soms of er sprake is van publicatiebias. Dit wordt vaak gedaan door te bekijken of kleinere onderzoeken met kleinere effectgrootten, die vaker niet-significant zijn, ondervertegenwoordigd zijn in de resultaten. Dat wordt weergegeven in een grafiek (een 'funnel plot').

## 1.4 **Methoden**

### 1.4.1 *Zoekmethode literatuur*

In dit rapport zijn ten eerste 'peer-reviewed' reviews en meta-analyses die gepubliceerd zijn in wetenschappelijke tijdschriften beoordeeld en samengevat. 'Peer-reviewed' betekent dat een wetenschappelijk artikel vóór publicatie is getoetst door andere onderzoekers en waar nodig gecorrigeerd. Congresabstracts met korte samenvattingen van recent onderzoek zijn niet meegenomen. Zulke abstracts zijn meestal niet peer-reviewed en bevatten onvoldoende informatie om de kwaliteit ervan te beoordelen. De 'review van reviews' in het huidige rapport geeft een indicatie van de stand van zaken van de wetenschappelijke

literatuur. De reviews en meta-analyses zijn gezocht in de internationale databases PubMed en Scopus. Alleen reviews en meta-analyses gepubliceerd in het Engels of het Nederlands tussen 01-01-2004 en 24-09-2014 zijn geïncludeerd. De volgende zoektermen zijn gebruikt: (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational). Relevante reviews en meta-analyses die tijdens het zoeken naar oorspronkelijke onderzoeken zijn gevonden worden ook meegenomen.

Ten tweede is voor de meest recente jaren waarvoor nog geen reviews en meta-analyses beschikbaar zijn ook gezocht naar oorspronkelijke onderzoeken (t/m 31-12-2014). Dit is gedaan voor elke gezondheidsmaat die in de reviews of meta-analyses is gevonden. Daarom is voor het zoeken naar oorspronkelijke onderzoekspublicaties ook de gezondheidsmaat toegevoegd aan de zoektermen die zijn gebruikt voor het zoeken naar reviews en meta-analyses. Om overlap met geïncludeerde oorspronkelijke onderzoeken in reviews en meta-analyses te voorkomen is per gezondheidsmaat bepaald vanaf welke datum gezocht werd (zie bijlage). Ook de oorspronkelijke onderzoekspublicaties zijn gezocht in de internationale databases PubMed en Scopus en alleen oorspronkelijke onderzoeken gepubliceerd in het Engels of het Nederlands zijn geïncludeerd.

Ten slotte zijn de conclusies uit rapporten van internationale en nationale organisaties die zich bezighouden met gezondheidsbescherming van de (beroeps)bevolking samengevat ter ondersteuning van de gevonden resultaten uit de 'review van reviews' en de resultaten uit de oorspronkelijke onderzoekspublicaties. Engelse en Nederlandse rapporten gepubliceerd na 1-1-2004 die relevante informatie rapporteerden over langetermijngezondheidseffecten van EMV-blootstelling in arbeidssituaties zijn geselecteerd. De geselecteerde rapporten zijn gevonden tijdens een zoektocht in februari 2014 op de websites van de volgende nationale en internationale organisaties: Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR, UK); Agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail (ANSES, voorheen AFSSET, Frankrijk); Australian Radiation Protection and Nuclear safety Authority (ARPANSA); European Health Risk Assessment Network on EMF Exposure (EFHRAN); Gezondheidsraad; International Agency for Research on Cancer (IARC); ICNIRP; RIVM; Public Health England (voorheen Health Protection Agency, UK); Royal Society of Canada (RSC); Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR); Swedish Radiation Safety Authority (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM); World Health Organization (WHO). De risicoanalyses van IARC (2002) en de Gezondheidsraad (2000) over een verband tussen extreem-laagfrequente EMV en kanker zijn vóór 1-1-2004 gepubliceerd en daarom niet samengevat in dit rapport.

#### 1.4.2 *Beoordeling van literatuur*

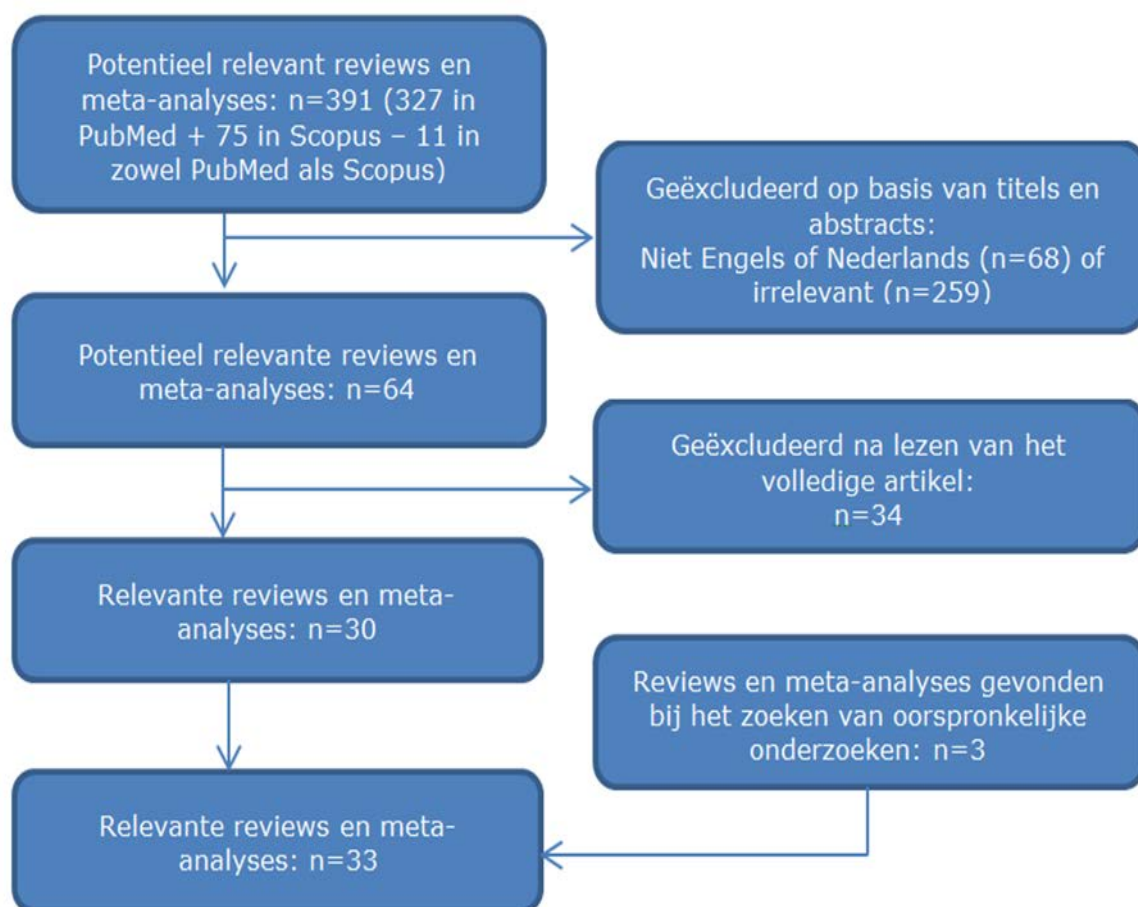
De publicaties die werden gevonden in PubMed en Scopus zijn ten eerste op relevantie beoordeeld en geselecteerd op basis van hun titel en abstract. Van de geselecteerde publicaties is het volledige document beoordeeld op relevantie. Reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken werden als relevant beschouwd als onderzocht wordt wat het langetermijneffect op de gezondheid van blootstelling aan EMV in arbeidssituaties is (zie voor een gedetailleerde afbakening paragraaf 1.2). Langetermijneffecten worden hier gedefinieerd als alle effecten die ontstaan in een periode langer dan de tijdspanne waarin de wetenschappelijk bewezen gezondheidseffecten door elektrische prikkeling en opwarming zich uiten (tijdens, direct na of – voor overmatige opwarming – binnen een maand na de blootstelling). Het kan bijvoorbeeld gaan over herhaalde blootstelling gedurende meerdere jaren. De resultaten zijn samengevat per gevonden gezondheidsmaat. Waar mogelijk is per gezondheidsmaat onderscheid gemaakt tussen:

- statische magnetische velden, laagfrequente EMV, hier gedefinieerd als velden met frequenties tussen 1 hertz en 100 kilohertz, en radiofrequente EMV, hier gedefinieerd als velden met frequenties tussen 100 kilohertz en 300 gigahertz); bij laagfrequente velden gaat het meestal om extreem-laagfrequente velden met frequenties tussen 1 hertz en 300 hertz);
- de onderzochte beroepsgroepen;
- reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken van lage en hoge kwaliteit. Bij het trekken van conclusies wordt vooral gekeken naar reviews van hoge kwaliteit. Reviews en meta-analyses zijn van lage kwaliteit als:
  - ze niet reproduceerbaar zijn omdat een beschrijving van de gebruikte methode ontbreekt. Dit is met name het geval wanneer een beschrijving van de zoektermen, zoekmachines of publicatiejaren ontbreekt. Hierbij is het dus mogelijk dat de review of meta-analyse goed is uitgevoerd maar het is onmogelijk om dit te achterhalen,
  - niet duidelijk is of de resultaten van de gereviewde artikelen samengenomen mogen worden. Hierbij is bekeken of een beschrijving ontbreekt van de methodologische kwaliteit of de gebruikte blootstellingsmaten of beroepsgroepen van de gereviewde artikelen. In het geval van een meta-analyse wordt bekeken of een zogenaamde test voor heterogeniteit is uitgevoerd.

Rapporten dienden een adequate beschrijving te bevatten van hun methoden en voldoende aandacht hebben besteed aan de kwaliteit van de samengevatte onderzoekspublicaties.

#### 1.4.3 *Geincludeerde literatuur*

De gebruikte zoektermen leverden in PubMed 327 resultaten op. In Scopus leverden de zoektermen 75 resultaten op. Op basis van titel en samenvatting zijn 64 relevante reviews en meta-analyses geselecteerd. Na het volledige artikel te lezen zijn 30 reviews en meta-analyses relevant gebleken (zie Figuur 1).



Figuur 1: Selectie van reviews en meta-analyses

Tijdens het zoeken naar oorspronkelijke onderzoeken zijn drie reviews en meta-analyses gevonden (Capozzella et al., 2014; Shah en Farrow, 2014; Szmigielski, 2013). In totaal zijn dus 33 reviews en meta-analyses gevonden.

In de bijlage is opgeschreven hoeveel oorspronkelijke onderzoeken zijn geïncludeerd per gezondheidsmaat. In totaal zijn negentien oorspronkelijke onderzoeken gevonden die recenter waren dan de relevante reviews of meta-analyses. Daarnaast zijn nog twee recent gepubliceerde oorspronkelijke onderzoeken gevonden in een proefschrift dat in 2014 verscheen (Brouwer et al., 2015; Koeman et al., 2015). Er zijn dus 21 oorspronkelijke onderzoeken verwerkt in dit rapport.

## 1.5 Indeling rapport

De gevonden reviews en meta-analyses over een mogelijk verband tussen kortdurende en chronische blootstelling aan EMV in arbeidssituaties en gezondheidseffecten zijn ingedeeld in drie groepen die in drie aparte hoofdstukken worden samengevat: kanker (hoofdstuk 2; onder andere teelbalkanker, borstkanker en hersentumoren), neurodegeneratieve ziekten (hoofdstuk 3; onder andere amyotrofische laterale sclerose, de ziekte van Alzheimer en de ziekte van Parkinson)

en overige aandoeningen (hoofdstuk 4; onder andere hart- en vaatziekten, voortplanting en het immuunsysteem). Per hoofdstuk worden eerst de resultaten van de reviews en meta-analyses besproken. Daarna worden de conclusies uit rapporten van internationale en nationale organisaties samengevat en de resultaten van oorspronkelijke onderzoeken besproken.

Ten slotte worden in hoofdstuk 5 algemene conclusies getrokken over gevonden verbanden en worden tekortkomingen in het onderzoek geïnventariseerd.



## 2 Mogelijke verbanden met kanker

### 2.1 Hersentumoren

#### 2.1.1 *Reviews en meta-analyses*

Een meta-analyse en een review van dezelfde auteur (Kheifets et al., 2009; Kheifets et al., 2008) vinden een licht maar significant verhoogde kans op hersentumoren bij werknemers die blootgesteld waren aan extreem-laagfrequente EMV (Kheifets et al., 2008). Het kan niet uitgesloten worden dat er mogelijk een licht verhoogd risico bestaat voor hersentumoren door blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties. Er werd geen sterk bewijs gevonden voor publicatiebias (Kheifets et al., 2008). Het verband kan echter mogelijk ook verklaard worden door andere eigenschappen van het werk dan blootstelling aan EMV, omdat er geen duidelijk blootstelling-respons verband gevonden werd (Kheifets et al., 2009; Kheifets et al., 2008). Ook bleek uit de meta-analyse (Kheifets et al., 2008) dat de nieuwere onderzoeken geen hoger risico vinden dan oudere (gerapporteerd in een oudere meta-analyse), terwijl zij dat wel hadden verwacht als er inderdaad een verband is. De nieuwere onderzoeken hebben namelijk verbeterde methoden, onder andere voor bepaling van de blootstelling aan EMV. Twee recentere reviews vinden een mogelijk verband tussen het risico op hersentumoren en blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV (Miller en Green, 2010) of specifiek radiofrequente EMV (Yakymenko et al., 2011). De kwaliteit van beide reviews is echter laag omdat de methode ontbreekt.

Drie reviews (Gomes et al., 2011; Kheifets et al., 2010; Ostrom et al., 2014) vinden onderzoeken met wisselende resultaten (wel of geen verband). Eén van die reviews onderzocht extreem-laagfrequente elektrische velden (Kheifets et al., 2010). De andere twee reviews onderzochten extreem-laagfrequente magnetische velden (Ostrom et al., 2014) of EMV in het algemeen (Gomes et al., 2011). De auteurs van de drie reviews plaatsen de kanttekening dat er nog veel te verbeteren valt aan de methodologische kwaliteit van de onderzoeken, zoals het meten van de blootstelling aan EMV. Een review uit 2013 vindt wisselende resultaten voor een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV afkomstig van radars en hersentumoren bij militairen, maar zij rapporteren dat de beschikbare studies nog van onvoldoende kwaliteit zijn (Szmigielski, 2013; review van lage kwaliteit).

Drie reviews concluderen dat er onvoldoende bewijs is voor een verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties (Ahlbom et al., 2004; review van lage kwaliteit), extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties (Feychting et al., 2005) of EMV (in arbeidssituaties maar ook in woningen; Connelly en Malkin, 2007) en hersentumoren. Ook concluderen zij dat de individuele onderzoeken die gepubliceerd zijn van onvoldoende kwaliteit zijn, waardoor er onvoldoende bewijs bestaat voor een verband.

### 2.1.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Tussen 1-1-2013 en 31-12-2014 zijn vier oorspronkelijke onderzoeken gevonden. Net als bij de reviews vinden sommige oorspronkelijke onderzoeken wel een verband (Coureau et al., 2014; Turner et al., 2014) en andere onderzoeken geen verband (Koeman et al., 2014; Sorahan, 2014) tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente of radiofrequente EMV en hersentumoren. Een rapport met risicoanalyse van het 'Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks' (SCENIHR, 2015) concludeert dat de epidemiologische onderzoeken tot nu toe niet bewijzen dat radiofrequente EMV (onder andere in arbeidssituaties) een verhoogd risico op hersentumoren geeft. Ook de risicoanalyse van IARC (International Agency for Research on Cancer; IARC, 2013) vindt geen duidelijke indicatie voor een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties en een verhoogd risico op hersentumoren. Er is een substantieel aantal onderzoeken uitgevoerd, maar de gebrekkige meting van de blootstelling en onvoldoende aandacht aan mogelijke vertekende factoren maken de interpretatie ervan moeilijk (IARC, 2013).

## 2.2 **Kanker van witte bloedcellen**

### 2.2.1 *Reviews en meta-analyses*

Net als bij hun bevindingen over hersentumoren vinden Kheifets en collega's (2008, 2009) een licht verhoogd risico op leukemie na blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties. Zij vinden echter geen duidelijk verband met de mate van blootstelling (Kheifets et al., 2009; Kheifets et al., 2008). Er werd geen sterk bewijs gevonden voor publicatiebias. De meest recente onderzoeken vinden geen hoger risico dan oudere (Kheifets et al., 2008). De auteurs van de meta-analyse rapporteren daarom dat het verband mogelijk niet te verklaren is door blootstelling aan EMV op de werkplek maar door andere eigenschappen van het werk. Een derde review (Kheifets et al., 2010) vindt globaal gezien geen verband tussen elektrische velden op de werkplek en leukemie. Zij vinden wel enkele onderzoeken met dezelfde set gegevens die een verband aantonen, maar deze hebben methodologische beperkingen. Daarom is meer onderzoek nodig om te bepalen waarom er een verband is gevonden in die onderzoeken.

Descatha en collega's (2005) vinden enkele onderzoeken die een verband aantonen tussen EMV in arbeidssituaties en hematologische maligniteiten (waaronder leukemie), maar benadrukken dat er meer onderzoek nodig is om dit verband te bevestigen. Twee recentere reviews vinden een verband tussen het risico op leukemie en blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV (Miller en Green, 2010) of specifiek radiofrequente EMV (Yakymenko et al., 2011). De kwaliteit van beide reviews is echter laag en de methode ontbreekt. Een review uit 2013 vindt wisselende resultaten voor een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV afkomstig van radars en leukemie bij militairen. De beschikbare onderzoeken zijn nog van onvoldoende kwaliteit en de resultaten zijn inconsistent (Szmigielski, 2013; review van lage kwaliteit).

Twee oudere reviews vinden geen consistent bewijs voor een hoger risico op leukemie na blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV (Feychting et al., 2005) of radiofrequente EMV (Ahlbom et al., 2004) in

arbeidsituaties (beide reviews waren van lage kwaliteit). Ahlbom en collega's (2004) noemen hier echter dezelfde kanttekening als bij de onderzoeken over een mogelijk verband met hersentumoren: de gevonden onderzoeken hebben nog veel methodologische beperkingen en er kan daarom niet geconcludeerd worden dat er een verband bestaat.

### 2.2.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Er zijn tussen 1-1-2011 en 31-12-2014 vier oorspronkelijke artikelen gevonden die een verband tussen blootstelling aan EMV op het werk en leukemie onderzoeken. Eén laat geen verband zien (in onze zoekresultaten als congresabstract gevonden en later in een peer-reviewed tijdschrift gepubliceerd; Talibov et al., 2015). Drie onderzoeken laten geen duidelijk bewijs zien (Sorahan, 2012; Sorahan, 2014; Koeman et al., 2014). In één onderzoek wordt minder leukemie gevonden naarmate het langer geleden is dat iemand in dienst is gekomen (Sorahan, 2012). De auteurs concluderen dat nog onbekend is hoe die bevinding in verband gebracht kan worden met een mogelijk effect van EMV-blootstelling op het werk. In een ander onderzoek wordt alleen een verband gevonden in de groep met de laagste blootstelling (Sorahan, 2014). Zij concluderen daarom dat het waarschijnlijk toeval is dat er in die groep een verband wordt gevonden en dat er waarschijnlijk geen causaal verband bestaat tussen EMV-blootstelling in arbeidssituaties en leukemie. Koeman et al. (2014) vinden wel een verband met leukemie, maar benadrukken dat er nog meer onderzoek nodig is. Volgens de recente risicoanalyse van IARC (2013) zijn er zwakke aanwijzingen gevonden voor een mogelijk verhoogd risico op leukemie en lymfomen door blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties. Volgens IARC maken in het algemeen de gebrekkige methoden voor de bepaling van de blootstelling en de mogelijke invloed van vertekende factoren de resultaten echter moeilijk te interpreteren.

## 2.3 **Borstkanker**

### 2.3.1 *Reviews en meta-analyses*

Twee meta-analyses (Chen C. et al., 2010; Chen Q. et al., 2013) en een review (Feychting en Forssen, 2006) vinden geen bewijs voor een verband tussen extreem-laagfrequente EMV op de werkplek en borstkanker bij vrouwen. Drie andere reviews, allen van lage kwaliteit, vinden ook dat de beschikbare onderzoeken nog geen bewijs leveren voor een verband tussen extreem-laagfrequente EMV (Feychting et al., 2005; Kheifets et al., 2009) of radiofrequente EMV (Ahlbom et al., 2004) in arbeidssituaties en borstkanker bij vrouwen of mannen. Eén meta-analyse (Sun et al., 2013) vindt een mogelijk verband tussen EMV op de werkplek en borstkanker bij mannen. Er werd geen bewijs voor publicatiebias gevonden. De auteurs van de laatstgenoemde meta-analyse benadrukken dat er meer onderzoek nodig is om een verband met borstkanker bij mannen te bevestigen. Het interpreteren van de resultaten wordt bijvoorbeeld bemoeilijkt doordat de aantallen die onderzocht kunnen worden klein zijn omdat borstkanker bij mannen amper gediagnostiseerd wordt (Kheifets et al., 2009). Twee reviews van lage kwaliteit vinden wisselende resultaten (wel of geen verband met borstkanker) in mannen (Miller en Green, 2010; Weiss et al., 2005) en vrouwen (Miller en Green, 2010).

### 2.3.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Er zijn twee oorspronkelijke onderzoeken gevonden naar het verband tussen blootstelling aan EMV tijdens het werk en borstkanker bij mannen en/of vrouwen. Beide vonden geen verband tussen extreem-laagfrequente magnetische velden op het werk en borstkanker bij vrouwen (Koeman et al., 2014; Li et al., 2013) of mannen (Koeman et al., 2014). De Gezondheidsraad concludeerde in 2005 dat er op basis van het onderzoek dat bestond ten tijde van het schrijven van het rapport geen conclusies getrokken konden worden over een mogelijk verband tussen extreem-laagfrequente EMV en borstkanker bij vrouwen omdat 'adequate gegevens over blootstelling ontbreken' en omdat er 'onvolledig gecorrigeerd is voor versturende factoren' (Gezondheidsraad, 2005). Een recentere review in een rapport van de Zweedse stralingsautoriteit concludeerde dat er bewijs was voor afwezigheid van een verhoogd risico op borstkanker bij vrouwen na blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties (SSM, 2014). IARC (2013) noemt dat onderzoek is gedaan naar het verband tussen borstkanker en radiofrequente EMV in arbeidssituaties, maar dat het verband waarschijnlijk te verklaren is door blootstelling aan licht in de nacht.

## 2.4 **Teelbalkanker**

### 2.4.1 *Reviews en meta-analyses*

Vijf reviews onderzochten een verband tussen EMV in arbeidssituaties en teelbalkanker, waarvan drie van lage kwaliteit (Ahlbom et al., 2004; McGlynn en Trabert, 2012; Mester et al., 2010) en twee van voldoende kwaliteit (Beranger et al., 2013; Yousif et al., 2010). Twee reviews vinden alleen een verband tussen EMV-blootstelling en teelbalkanker in onderzoeken die volgens hen van lage kwaliteit zijn (Beranger et al., 2013; Yousif et al., 2010), waarvan één review de onderzoeken naar EMV in arbeidssituaties en in de thuissituatie samen nam (Yousif et al., 2010). Mester en collega's (2010; van lage kwaliteit omdat de methode ontbreekt) rapporteren dat het verband tussen EMV en teelbalkanker vooral in recentere studies gevonden is waarin volgens hen de blootstelling beter is gemeten. Er is volgens hen meer onderzoek nodig om te bepalen of EMV in arbeidssituaties inderdaad een effect heeft op teelbalkanker. McGlynn en Trabert (2012; ook van lage kwaliteit) vinden een mogelijk verband tussen extreem-laagfrequente en radiofrequente EMV in arbeidssituaties en teelbalkanker. Een vijfde review rapporteert dat er nog geen consistent bewijs is gevonden voor een verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en teelbalkanker (Ahlbom et al., 2004; ook van lage kwaliteit).

### 2.4.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Er zijn geen oorspronkelijke onderzoeken gevonden die het verband onderzoeken tussen blootstelling aan EMV in arbeidssituaties en teelbalkanker en die tussen 1-1-2013 en 31-12-2014 zijn gepubliceerd. De risicoanalyse van IARC (2013) concludeert dat er wel onderzoeken zijn uitgevoerd naar een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties en teelbalkanker, maar dat deze onderzoeken methodologische beperkingen hadden en er maar in een deel ervan een verband werd gevonden.

## 2.5 Overige vormen van kanker en overzichten

### 2.5.1 *Reviews en meta-analyses*

In twee reviews wordt geconcludeerd dat de beschikbare onderzoeken naar het verband tussen blootstelling aan statische magnetische velden en kanker in het algemeen beperkingen hebben en relatief weinig zijn uitgevoerd (Feychting, 2005; Feychting et al., 2005; beide reviews van lage kwaliteit). Feychting (2005) noemt hierbij specifiek blaas- en longkanker, naast leukemie en hersentumoren. Ook is er nog te weinig onderzoek gedaan naar een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV (niet per se in arbeidssituaties) en longkanker (Feychting et al., 2005; zij noemen geen andere kankersoorten). Een derde review (Ahlbom et al., 2004; review van lage kwaliteit) concludeert dat er nog geen consistent bewijs gevonden is voor een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties en longkanker of kanker in het oog. Ook Feychting en collega's (2005) concluderen dat het onderzoek dat tot nu toe is uitgevoerd geen consistent bewijs laat zien voor een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties en allerlei kankersoorten.

### 2.5.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Er zijn drie oorspronkelijke onderzoeken gevonden die gepubliceerd zijn tussen 1-1-2004 en 31-12-2014 en een verband onderzoeken tussen EMV in arbeidssituaties en longkanker. Koeman en collega's (2014) vinden geen verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden op het werk en longkanker. In een ander onderzoek wordt ook geen verhoogd risico gevonden (Sorahan, 2012). In een onderzoek van Yenugadhati en collega's (2009) wordt wel een verband gevonden.

In de periode 1-1-2004 en 31-12-2014 is in één publicatie een verband onderzocht met blaaskanker. De conclusie was dat er mogelijk een verband bestaat tussen blootstelling aan EMV in arbeidssituaties (gedefinieerd als werknemers werkzaam aan hoogspanningslijnen en telecommunicatieverbindingen) en blaaskanker, maar meer onderzoek is nog nodig om het te bevestigen (Band et al., 2005).

Tussen 1-1-2004 en 31-12-2014 is één relevant onderzoek gevonden dat een verband met kanker in het oog onderzocht (Behrens et al., 2010). Behrens en collega's (2010) concluderen dat er mogelijk een verband bestaat tussen blootstelling aan ELF of RF EMV tijdens het werk en kanker in het oog (uveaal melanoom) bij vrouwen met donker gekleurde ogen.

WHO concludeert dat tegenstrijdige resultaten zijn gevonden: een aantal onderzoeken vindt een verhoogd risico op kanker (zoals longkanker, leverkanker en kanker van witte bloedcellen), maar andere onderzoeken vonden geen verhoogd risico na blootstelling aan statische magnetische velden. De auteurs waren van mening dat de weinige onderzoeken die zijn gepubliceerd naar het verband tussen statische magnetische velden en kanker een aantal beperkingen hadden: de blootstelling is gebrekkig gemeten, het aantal deelnemers aan de onderzoeken is klein en het onderzoek heeft vooral betrekking op werknemers van smelterijen van aluminium en andere metalen (WHO, 2006).

In het rapport van IARC (2013) wordt geconcludeerd dat er wel onderzoeken zijn uitgevoerd naar een verband tussen blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties en andere vormen van kanker zoals longkanker, maar deze onderzoeken hadden methodologische beperkingen en er werd maar in een deel ervan een verband gevonden. Een rapport van ICNIRP (2009) concludeert dat het nog onduidelijk is of er een verband bestaat tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en kanker in het algemeen. De kwaliteit van informatie over de blootstelling is over het algemeen onvoldoende en het is niet duidelijk of de heterogene blootstellingen samen genomen mogen worden. Een rapport van de Royal Society of Canada (Demers et al., 2014) concludeert dat het mogelijk is dat er een causaal verband bestaat tussen kanker en blootstelling aan radiofrequente EMV (in arbeidssituaties of van andere bronnen zoals mobiele telefoons) maar zeggen dat het bewijs hiervoor zwak is. Het epidemiologische bewijs is grotendeels beperkt tot het vinden van een zwakke associatie tussen langdurig gebruik van mobiele telefoons en een verhoogde incidentie van gliomen en akoestische neurinoma's. De epidemiologische verbanden zijn niet sterk en worden niet in alle onderzoeken gevonden.

### 3 Mogelijke verbanden met neurodegeneratieve ziekten

#### 3.1 Motorneuronziekten

##### 3.1.1 *Reviews en meta-analyses*

De categorie motorneuronziekten omvat aandoeningen waarin motorische zenuwen aangetast worden en progressieve verlamming op kan treden. De bekendste vorm van motorneuronziekte is amyotrofische laterale sclerose (ALS; NINDS, 2014b). Zes reviews en meta-analyses vinden een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en een verhoogd risico op ALS (Feychting et al., 2005; Hug et al., 2006; Kheifets et al., 2009; Zhou et al., 2012; Capozzella et al., 2014) en motorneuronziekten (90% van de onderzoeken onderzocht ALS en magnetische velden; Vergara et al., 2013). Als binnen drie van deze reviews en meta-analyses een onderverdeling wordt gemaakt in methoden voor schatting van de blootstelling, blijkt dat het verband met ALS vooral wordt gevonden met bepaalde beroepsgroepen en niet zozeer met de geschatte blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV (Kheifets et al., 2009; Vergara et al., 2013; Zhou et al., 2012). De auteurs van de zes reviews en meta-analyses concluderen dat er, ondanks de gevonden verbanden, onvoldoende bewijs is dat blootstelling aan EMV op de werkplek de oorzaak is van ALS. Andere eigenschappen van beroepen, zoals het frequent voorkomen van elektrische schokken of blootstelling aan giftige stoffen, zoals polychloorbiphenyl, zouden het verband ook kunnen verklaren maar daar is nauwelijks voor gecorrigeerd (Vergara et al., 2013; Zhou et al., 2012). Om hier uitsluitel over te geven is meer onderzoek nodig. Ook zijn er aanwijzingen gevonden voor publicatiebias (Zhou et al., 2012).

##### 3.1.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Tussen 1-1-2012 en 31-12-2014 zijn drie oorspronkelijke onderzoeken gevonden die een verband onderzochten tussen EMV-blootstelling tijdens het werk en motorneuronziekten. Eén onderzoek vindt geen bewijs voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden in arbeidssituaties en motorneuronziekten (Sorahan en Mohammed, 2014). In een ander onderzoek werd een verband gevonden tussen beroepen met elektrische werkzaamheden en sterfte door ALS (Vergara et al., 2015; al online verschenen in 2014) maar blootstelling aan magnetische velden of elektrische schokken bleken hier geen verklaring voor. Een ander oorspronkelijk onderzoek vindt ook geen verband tussen beroepen met een verhoogd risico op elektrische schokken en sterfte met als doodsoorzaak ALS, maar wel een verhoogd risico op sterfte door ALS in personen die blootgesteld zijn aan extreem-laagfrequente magnetische velden in arbeidssituaties (Huss et al., 2014).

Twee rapporten concluderen dat er wel enkele onderzoeken zijn die een verband vinden tussen de geschatte blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden op het werk en ALS (ICNIRP, 2010; SSM, 2014). In beide rapporten wordt bediscussieerd dat elektrische schokken mogelijk een relatie met ALS kunnen verklaren en dat publicatiebias de resultaten mogelijk heeft beïnvloed. Ook vinden

onderzoeken die een job-exposure matrix gebruiken om blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden te bepalen geen verhoogde kans op ALS. Het gebruik van een job-exposure matrix om blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden te bepalen wordt gezien als een betrouwbaardere methode voor schatten van de blootstelling dan beroepentitels (ICNIRP, 2010).

## 3.2 Dementie

### 3.2.1 *Reviews en meta-analyses*

Dementie is een neurodegeneratieve ouderdomsziekte van de hersenen. De meest voorkomende vorm van dementie is de ziekte van Alzheimer (NINDS, 2014a). Twee reviews vinden inconsistente resultaten voor een verband tussen EMV (Santibanez et al., 2007) of extreem-laagfrequente EMV (Kheifets et al., 2009) in arbeidssituaties en de ziekte van Alzheimer. De auteurs van beide reviews concluderen daarom dat er nog onvoldoende bewijs voor een verband is. Twee meta-analyses vinden aanwijzingen voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden in arbeidssituaties en een verhoogd risico op de ziekte van Alzheimer (Garcia et al., 2008; Vergara et al., 2013). Garcia en collega's (2008) plaatsten hier echter de kanttekening bij dat er nog veel kennis ontbreekt. Zo is onduidelijk wat de relevante blootstellingsduur is en hoe bekende risicofactoren van de ziekten van Alzheimer het verband zouden kunnen beïnvloeden. Garcia en collega's (2008) vinden geen blootstelling-respons verband. De auteurs van beide meta-analyses vermoeden ook dat niet alle onderzoeken zijn gepubliceerd ('publicatiebias'). Daarnaast verwachten ze dat misclassificatie van de ziekte van Alzheimer de resultaten heeft beïnvloed. Een sterker verband werd gevonden in studies die gebruik maakte van klinische onderzoeken dan in studies die gebruikmaakte van doodsoorzaken (Garcia et al., 2008). De ziekte van Alzheimer wordt alleen bij een vergevorderde vorm geregistreerd als doodsoorzaak. Zij zijn daarom van mening dat er alles bij elkaar genomen geen bewijs is voor een verband tussen magnetische velden op de werkplek en de ziekte van Alzheimer.

Hug en collega's (2006) vinden een verhoogd risico op dementie in bredere zin onder mensen die blootgesteld zijn aan magnetische velden in arbeidssituaties. De meta-analyse van Vergara en collega's (2013) laat echter geen verband zien tussen blootstelling aan magnetische velden en dementie in bredere zin, hoewel zij daarover relatief weinig artikelen vonden (9 vergeleken met 20 voor de ziekte van Alzheimer).

### 3.2.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Twee onderzoeken zijn gevonden tussen 1-1-2012 en 31-12-2014. In één onderzoek wordt geen bewijs gevonden voor een verhoogd risico op de ziekte van Alzheimer na blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden (Sorahan en Mohammed, 2014). In een ander onderzoek wordt wel een verhoogd risico op sterfte als gevolg van dementie gevonden in personen die op het werk blootgesteld waren aan extreem-laagfrequente magnetische velden. Dit verhoogde risico is mogelijk te verklaren door gelijktijdige blootstelling aan metalen op de werkplek (Koeman et al., 2015). Net als bij ALS concluderen twee overzichtsrapporten dat er wel enkele onderzoeken zijn die een verband vinden tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische



velden op het werk en de ziekte van Alzheimer, maar dat het niet duidelijk is of dit verband causaal is. Om dat vast te stellen is meer onderzoek nodig (ICNIRP, 2010; SSM, 2014). In het meest recente rapport van SCENIHR (2015) wordt geconcludeerd dat er slechts enkele nieuwe onderzoeken bij zijn gekomen sinds hun laatste rapport uit 2009 en die onderzoeken hebben soms methodologische beperkingen. In de recentere onderzoeken is, in tegenstelling tot de onderzoeken tot 2009, geen verhoogd risico op de ziekte van Alzheimer gevonden na blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden.

### **3.3 Ziekte van Parkinson**

#### *3.3.1 Reviews en meta-analyses*

De ziekte van Parkinson is een neurodegeneratieve ziekte van de hersenen die leidt tot trillingen en gestoorde bewegingen (NINDS, 2014d). Vier reviews vinden geen verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden (Hug et al., 2006; Vergara et al., 2013; Wirdefeldt et al., 2011) of elektrische velden (Kheifets et al., 2009) in arbeidssituaties en het risico op de ziekte van Parkinson. In een deel van de onderzoeken in de review van Hug en collega's (2006) werd wel een verhoogd risico gevonden bij lassers, maar dat zou ook verklaard kunnen worden door blootstelling aan giftige stoffen zoals die in lasrook (Hug et al., 2006). Wirdefeldt en collega's (2011) vinden dat er nog weinig onderzoeken zijn uitgevoerd naar een verband tussen EMV-blootstelling in arbeidssituaties en de ziekte van Parkinson en dat die onderzoeken van lage kwaliteit zijn.

#### *3.3.2 Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Twee recente onderzoeken vinden geen bewijs voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden of elektrische schokken in arbeidssituaties en een verhoogd risico op de ziekte van Parkinson (Sorahan, 2014; van der Mark et al., 2015). Brouwer en collega's (2015) vinden een verhoogd risico voor sterfte als gevolg van de ziekte van Parkinson in personen die blootgesteld zijn aan extreem-laagfrequente magnetische velden. De auteurs bediscussieren dat er geen conclusies verbonden kunnen worden aan deze resultaten met betrekking tot causaliteit, omdat er geen duidelijk verband is gevonden tussen de sterkte of duur van de blootstelling en het risico op sterfte door de ziekte van Parkinson.

Een rapport van ICNIRP (2010) concludeert dat er nog weinig onderzoek is uitgevoerd naar een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV en de ziekte van Parkinson. Er zijn geen andere rapporten gevonden die conclusies trekken over de ziekte van Parkinson.

### **3.4 Multiple sclerose**

#### *3.4.1 Reviews en meta-analyses*

Multiple sclerose is een ziekte van het centraal zenuwstelsel die kan leiden tot spierzwakte en gestoord evenwicht, gezichtsvermogen of gevoel (NINDS, 2014c). In een recente meta-analyse worden relatief weinig relevante onderzoeken geïdentificeerd, namelijk vijf. Daarin werd geen verband gevonden tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente

magnetische velden en het risico op multipele sclerose (Vergara et al., 2015).

#### 3.4.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Tussen 1-1-2012 en 31-12-2014 zijn geen oorspronkelijke onderzoeken gevonden die een verband onderzochten met multiple sclerose. ICNIRP (2010) concludeert dat er nog weinig onderzoek is uitgevoerd naar een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV en multiple sclerose. Er zijn geen andere rapporten gevonden die conclusies trekken over multiple sclerose.

## 4 Mogelijke verbanden met overige ziekten

### 4.1 Hart- en vaatziekten

#### 4.1.1 *Reviews en meta-analyses*

Vier reviews concluderen dat er geen verhoogd risico is gevonden op hart- en vaatziekten na blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties (Feychting et al., 2005; Kheifets et al., 2007; Kheifets et al., 2009; McNamee et al., 2009). Al deze reviews zijn echter van lage kwaliteit. In één van die reviews wordt geconcludeerd dat het beperkte bewijs dat in sommige publicaties gevonden is voor een verband tussen extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en hart- en vaatziekten gebaseerd is op informatie uit doodsoorzakenregistratie (Feychting et al., 2005). De betrouwbaarheid van onderzoeken die informatie halen uit doodsoorzakenregistraties is beperkt (Moussa et al., 1990).

Eén review concludeert dat de resultaten van onderzoeken naar het verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en hart- en vaatziekten inconsistent zijn en er nog geen conclusies uit getrokken kunnen worden (Jauchem, 2008). In een andere review wordt geen verhoogd risico op hart- en vaatziekten gevonden na blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties (Ahlbom et al., 2004; van lage kwaliteit).

Er is nog relatief weinig onderzoek gepubliceerd naar het verband tussen statische magnetische velden en hart- en vaatziekten en de bepaling van de blootstelling daarin is gebrekkig (Feychting, 2005). De review van Feychting is echter van lage kwaliteit: er wordt niet beschreven welke zoekmachines zijn geraadpleegd of welke publicatiejaren zijn geselecteerd.

#### 4.1.2 *Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Na 1-1-2008 zijn drie oorspronkelijke onderzoeken gevonden die een mogelijk verband tussen hart- en vaatziekten en blootstelling aan EMV in arbeidssituaties onderzoeken. Daarin wordt geen verband aangetoond tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden bij spoorwegarbeiders (Röösli et al., 2008) of in arbeidssituaties in het algemeen (Koeman et al., 2013; Cooper et al., 2009) en sterfte door hart- en vaatziekten.

ICNIRP (2010) vindt dat het beschikbare bewijs geen verband laat zien tussen extreem-laagfrequente EMV en hart- en vaatziekten, hoewel het niet specifiek over blootstelling in arbeidssituaties ging. SSM (2014) vindt dat recent onderzoek bevestigt dat er geen verband tussen extreem-laagfrequente magnetische velden in arbeidssituaties en hart- en vaatziekten is aangetoond. SSM (2014) concludeert ook dat er nog geen conclusies zijn te trekken over een verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en niet-kanker gezondheidsmaten, zoals hart- en vaatziekten wegens de beperkingen van de onderzoeken waarin dit verband is onderzocht. Ook ICNIRP (2009) vindt onvoldoende bewijs voor een verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en hart-

en vaatziekten, maar de kwaliteit van de onderzoeken is nog te laag om conclusies te kunnen trekken.

## **4.2 Voortplanting, immuunsysteem, zintuigen en bewegingsapparaat**

### *4.2.1 Reviews en meta-analyses*

Eén review concludeert dat er nog te weinig onderzoeken zijn, de kwaliteit van die onderzoeken nog te laag is en de resultaten nog te wisselend om uitspraken te doen over een mogelijk verband tussen blootstelling van werknemers aan extreem-laagfrequente EMV en afwijkingen in voortplanting, immuunsysteem en bewegingsapparaat. Wel wordt een mogelijk verband genoemd tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV van computermonitors en spontane miskramen en aangeboren afwijkingen (gebaseerd op één andere review uit 1999). Laatstgenoemde onderzoeken hebben echter ook nog te veel methodologische problemen om conclusies te kunnen trekken (Feychting et al., 2005).

Er kunnen nog geen conclusies getrokken worden over een mogelijk verband tussen radiofrequente EMV-blootstelling in arbeidssituaties en voortplanting en staar, omdat in de beschikbare onderzoeken de blootstelling aan radiofrequente EMV niet goed gemeten is (Ahlbom et al., 2004). Een recentere review concludeert dat het bewijs voor een verband tussen radiofrequente EMV van diathermie apparaten en zwangerschapsuitkomsten (sterfte of lichamelijke afwijkingen bij de geboorte) bij fysiotherapeuten nog inconsistent is (Shah en Farrow, 2014). In een andere review concludeert de auteur dat de resultaten van onderzoeken naar het verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en voortplanting en immuunsysteem inconsistent zijn en er nog geen conclusies uit getrokken kunnen worden (Jauchem, 2008).

### *4.2.2 Oorspronkelijke onderzoeken en rapporten*

Er zijn geen recente onderzoeken gevonden naar een mogelijk verband tussen EMV-blootstelling in arbeidssituaties en stoornissen van het gezichtsvermogen (na 1-1-2003), het bewegingsapparaat (na 1-1-2004) of het immuunsysteem (na 1-1-2006). Er zijn twee oorspronkelijke onderzoeken gevonden naar een mogelijk verband met de voortplanting (na 1-1-2008). Daarin wordt bij mannelijke militairen geen verband gevonden tussen blootstelling aan radiofrequente EMV meer dan drie maanden voor conceptie en voortplantingsuitkomsten (Baste et al., 2012). Wanneer de blootstelling maximaal drie maanden voor de conceptie plaatsvond kwamen miskramen en zwangerschapsvergiftiging vaker voor, maar de auteurs benadrukken dat het niet met zekerheid te zeggen is of er een causaal verband bestaat (Baste et al., 2012). Er is bij mannelijke militairen ook een verband gevonden tussen zelf-gerapporteerde blootstelling aan radiofrequente EMV op het werk en onvrijwillige kinderloosheid en het krijgen van meer jongens (Baste et al., 2008). De auteurs van beide onderzoeken rapporteren echter dat hun onderzoek methodologische beperkingen heeft (zoals het gebrekkig meten van de blootstelling aan radiofrequente EMV).

ICNIRP concludeert dat het beschikbare bewijs voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en voortplanting van werknemers zwak is (ICNIRP, 2010). ICNIRP (2009)

vindt dat de onderzoeken die tot nu toe zijn gepubliceerd over mogelijke schadelijke effecten van radiofrequente EMV op de voortplanting moeilijk te interpreteren zijn vanwege de problemen met het bepalen van de blootstelling aan radiofrequente EMV in arbeidssituaties. Daarentegen vindt SCENIHR (2015) dat er geen schadelijk effect van extreem-laagfrequente of radiofrequente EMV (onder andere in arbeidssituaties) op voortplanting is aangetoond. Een rapport van de Royal Society of Canada (Demers et al., 2014) vindt dat er tot nu toe geen bewijs is voor schadelijke effecten op de voortplanting van blootstelling aan radiofrequente EMV, zowel voor werknemers als leden van de algemene bevolking. De auteurs raden echter aan om meer onderzoek te doen aangezien voorgaande onderzoeken geen adequate opzet hadden en het meten van de blootstelling aan radiofrequente EMV in onderzoeken verbeterd moet worden. Twee rapporten beschrijven naast een verband met voortplanting ook mogelijke schade aan het oog. ICNIRP (2009) concludeert dat door beperkingen in de opzet van de onderzoeken nog geen conclusie is te trekken over een verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en staar en dat er meer onderzoek nodig is (ICNIRP, 2009). Daarentegen vinden Demers en collega's (2014) dat het bewijs sterk suggereert dat radiofrequente EMV zwakker dan de limieten in de Europese richtlijn geen schade aan het oog geven. Of blootstelling aan radiofrequente EMV een effect heeft op het gezichtsvermogen, is nog onvoldoende onderzocht. De WHO concludeert dat er nog te weinig onderzoeken zijn uitgevoerd om conclusies te kunnen trekken over mogelijke verbanden tussen statische magnetische velden en voortplanting (WHO, 2006). Bovendien concludeert WHO dat de onderzoeken die wel zijn uitgevoerd ernstige methodologische beperkingen hebben (WHO, 2006).



## 5 Conclusies

### 5.1 Algemene conclusies over kanker

#### *Hersentumoren en leukemie*

Er is onvoldoende bewijs voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente en radiofrequente EMV in arbeidssituaties en het voorkomen van hersentumoren en leukemie. De reviews, meta-analyses en oorspronkelijke onderzoeken laten wisselende resultaten zien. Gerapporteerd wordt dat de bestaande publicaties nog van onvoldoende kwaliteit zijn, bijvoorbeeld door gebrekkige methoden voor de bepaling van de blootstelling en de mogelijke invloed van vertekende factoren, wat het moeilijk maakt de resultaten van die publicaties te interpreteren. De review en meta-analyse die niet van lage kwaliteit waren en wel een verband vinden tussen extreem-laagfrequente EMV met hersentumoren en leukemie vinden geen blootstelling-respons verband. Ook is gevonden dat de meest recente onderzoeken, waarin beter rekening is gehouden met versturende factoren en waarin de blootstelling betrouwbaarder is gemeten, een zwakker verband laten zien. Dit zou erop kunnen wijzen dat andere eigenschappen van het werk dan blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV het verband veroorzaken.

#### *Borstkanker*

Er is bewijs gevonden voor de afwezigheid van een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en borstkanker bij vrouwen. Hoewel een rapport dat in 2005 is gepubliceerd aangeeft dat op basis van de beschikbare onderzoeksresultaten nog geen conclusies kunnen worden getrokken, geeft het meest recent gepubliceerde rapport aan dat er bewijs is voor afwezigheid van een verhoogd risico op borstkanker bij vrouwen na blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties. Dit vinden wij ook terug in de resultaten van de reviews en meta-analyses die niet van lage kwaliteit waren: daarin wordt geen verband gevonden tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en borstkanker bij vrouwen. Ook beide oorspronkelijke onderzoeken die zijn gepubliceerd na publicatie van de reviews en meta-analyses bevestigen de afwezigheid van een verband bij vrouwen en bij mannen. Daarentegen vindt één meta-analyse die niet van lage kwaliteit was wel een mogelijk verband tussen EMV op de werkplek en borstkanker bij mannen, maar de auteurs benadrukken dat meer onderzoek nodig is. Een moeilijkheid is namelijk dat borstkanker weinig wordt gediagnostiseerd bij mannen. De reviews van lage kwaliteit vinden geen verband of wisselende resultaten.

#### *Teelbalkanker*

Meer onderzoek van goede kwaliteit is nodig om conclusies te kunnen trekken over een mogelijk verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente en radiofrequente EMV in arbeidssituaties en teelbalkanker. Het recent gepubliceerde rapport van IARC concludeert dat er nog te weinig onderzoek van hoge kwaliteit is gedaan. In de reviews (drie van vijf

waren van lage kwaliteit) worden wisselende resultaten gevonden en er wordt ook geconcludeerd dat meer onderzoek van hoge kwaliteit nodig is.

#### *Overige vormen van kanker*

Er is nog te weinig onderzoek gedaan naar een mogelijk verband tussen EMV-blootstelling en longkanker, kanker in het oog en blaaskanker om conclusies te trekken. De onderzoeken die er zijn geven wisselende resultaten.

## **5.2 Algemene conclusies over neurodegeneratieve ziekten**

### *Motorneuronziekten*

De zes geïdentificeerde reviews en meta-analyses vinden aanwijzingen voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en motorneuronziekten (vooral ALS). Het is echter nog niet duidelijk of er inderdaad voldoende bewijs voor een verband is. Mogelijk kan het verband verklaard worden door andere eigenschappen dan extreem-laagfrequente EMV van werk waaraan mensen blootgesteld worden, zoals blootstelling aan chemische stoffen of elektrische schokken. Twee recente oorspronkelijke onderzoeken laten echter zien dat een mogelijk verband tussen ALS en elektrische werkzaamheden of extreem-laagfrequente magnetische velden in arbeidssituaties niet verklaard kan worden door een verhoogd risico op elektrische schokken.

### *Dementie*

Er zijn enkele aanwijzingen voor een verband tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente magnetische velden op het werk en de ziekte van Alzheimer, maar het is niet duidelijk of er inderdaad een verband is aangetoond. De betreffende rapporten, reviews en meta-analyses rapporteren wisselende resultaten, bewijs voor publicatiebias, ontbrekende kennis en methodologische beperkingen. Publicaties die een verband met dementie in bredere zin onderzoeken geven wisselende resultaten. De twee na de laatste review gepubliceerde oorspronkelijke onderzoeken geven hier geen uitsluitsel over: één onderzoek vindt een verband met dementie en één onderzoek vindt geen verband met de ziekte van Alzheimer.

### *Ziekte van Parkinson*

De meeste onderzoeken laten geen verband zien tussen blootstelling aan extreem-laagfrequente EMV het risico op de ziekte van Parkinson. Meer onderzoek van betere kwaliteit is echter nodig om te bepalen of er geen verband bestaat. De oorspronkelijke artikelen die recent zijn gepubliceerd laten nog geen duidelijk beeld zien.

### *Multiple sclerose*

Er is nog te weinig onderzoek uitgevoerd om conclusies te trekken over een verband met multiple sclerose.

## **5.3 Algemene conclusies over overige ziekten**

### *Hart- en vaatziekten*

De reviews, oorspronkelijke onderzoeken en de rapporten concluderen dat er geen verband is aangetoond tussen extreem-laagfrequente EMV in arbeidssituaties en hart- en vaatziekten. Wat betreft een mogelijk verband tussen radiofrequente EMV in arbeidssituaties en hart- en



vaatziekten geven de reviews en rapporten aan dat de beschikbare onderzoeken nog van onvoldoende kwaliteit zijn om conclusies te trekken.

*Voortplanting, immuunsysteem, zintuigen en bewegingsapparaat*

De reviews en rapporten over een mogelijk verband tussen extreem-laagfrequente en radiofrequente EMV in arbeidssituaties en afwijkingen in de voortplanting, het immuunsysteem, de zintuigen en het bewegingsapparaat geven aan dat er nog te weinig onderzoeken zijn gedaan, dat de resultaten inconsistent zijn en dat die onderzoeken nog te veel methodologische beperkingen hebben. Oorspronkelijke onderzoeken naar een verband tussen radiofrequente EMV-blootstelling onder mannelijke militairen en voortplanting hebben methodologische beperkingen.

#### **5.4 Tekortkomingen en mogelijke verbeteringen in gepubliceerd onderzoek**

Bij het samenvatten van reviews in dit rapport is gelet op de kwaliteit van de reviews. Een review werd onder andere als 'lage kwaliteit' beoordeeld als duidelijke zoektermen en zoekjaren ontbraken. In dat geval kan namelijk niet worden gecontroleerd of de auteurs een compleet beeld hebben van alle onderzoeken. Het is dan onzeker of hun conclusies over de stand van zaken over het onderzoek naar EMV in arbeidssituaties en gezondheidseffecten op de lange termijn terecht zijn. Dit is een bekend probleem van reviews. In dit rapport is ervoor gekozen om ze wel mee te nemen om een breed overzicht te geven, maar bij het trekken van conclusies werd vooral gekeken naar reviews die niet van lage kwaliteit waren. Om bruikbaar te zijn zouden toekomstige reviews zo veel mogelijk objectieve en gestandaardiseerde methoden moeten gebruiken en die zo volledig mogelijk moeten beschrijven. Daarnaast dienen reviews duidelijk te specificeren of in de onderliggende onderzoeken verbanden met elektrische velden of magnetische velden zijn onderzocht en welke frequenties de velden hadden. Daar waar dit niet nader is gespecificeerd, wordt in dit rapport de algemene term 'EMV' gebruikt.

In meta-analyses kan een gecombineerd relatief risico of odds ratio worden berekend op basis van alle onderliggende onderzoeken. Dat is echter alleen zinvol als de blootstellingsmaten of de afkappunten voor de blootstellingsgroepen in de verschillende onderzoeken vergelijkbaar zijn. Omdat dit in het algemeen niet duidelijk was voor de besproken meta-analyses, worden in het huidige rapport geen gecombineerde relatieve risico's of odds ratio's genoemd. Om in de toekomst zinvolle uitspraken over de grootte van het gecombineerde relatieve risico te doen, zou meer aandacht moeten worden besteed aan de vergelijkbaarheid van blootstellingsmaten. In de meta-analyses wordt in het algemeen ook geen onderscheid gemaakt in de onderzochte blootsteldingsduur in de onderliggende onderzoeken. Dit zou de sterkte van het verband kunnen beïnvloeden. Een belangrijke kanttekening bij het interpreteren van de resultaten is dat nog onbekend is wat het biologische mechanisme zou kunnen zijn voor eventuele gezondheidseffecten op de lange termijn van EMV die zwakker zijn dan de limieten in de Europese richtlijn. Mede gezien de lage relatieve risico's moeten eventuele verbanden tussen blootstelling en ziekte voorzichtig geïnterpreteerd worden, zolang er geen

aannemelijk biologisch mechanisme voor is gevonden. Meer onderzoek naar het biologische mechanisme, bijvoorbeeld door experimenten met dieren of celkweken, zou daarbij kunnen helpen. In experimenteel onderzoek kan ook worden bepaald wat relevante eigenschappen van de blootstelling zijn, zoals de exacte frequentie en blootstellingsduur, gemiddelde blootstelling, piekblootstelling of het aantal pieken boven een bepaalde drempelwaarde.

In de reviews, meta-analyses, rapporten en oorspronkelijke onderzoeken worden verschillende methodologische beperkingen en mogelijke verbeteringen genoemd. Een veel voorkomende methodologische beperking is het niet nauwkeurig meten van de blootstelling aan EMV, ongeacht wat de onderzochte gezondheidsmaat is. Er worden in onderzoeken drie methoden gebruikt om EMV-blootstelling te meten: beroepentitels, een job-exposure matrix en het meten van EMV op de werkplek. Directe metingen van de blootstelling bij werknemers worden gezien als de gouden standaard, maar alleen als het op de juiste manier en nauwkeurig genoeg gebeurt. Directe metingen zijn vaak niet mogelijk, bijvoorbeeld vanwege de hoge kosten of omdat de blootstelling in het verleden heeft plaatsgevonden. De blootstelling kan ook indirect worden berekend of geschat op basis van eigenschappen van de apparatuur of steekproefsgewijze metingen. Dergelijke momentopnames van de blootstelling zijn minder kostbaar, maar houden geen rekening met de hoge variabiliteit van blootstelling tussen werknemers, werkdagen en bedrijven. Alternatieven zijn om te vragen naar het beroep en de taken om vervolgens de blootstelling te schatten op basis van bekende informatie over het beroep, experts te raadplegen of een job-exposure matrix toe te passen. Voor toekomstig onderzoek zou het nuttig zijn om blootstellingsmeters te gebruiken die goedkoop en betrouwbaar genoeg zijn voor grootschalig epidemiologisch onderzoek. Ook kan men meerdere meetmethoden in één onderzoek met elkaar vergelijken, zodat duidelijk wordt wat hun invloed op het geobserveerde risico is.

Een andere veel voorkomende beperking is het gebrekkig meten van de gezondheidsmaat. Vaak worden doodsoorzaken gebruikt om onder andere de ziekte van Alzheimer, Parkinson of cardiovasculaire ziekten te onderzoeken. Bij het gebruik van doodsoorzaken kunnen diagnoses gemist worden. Er kan bijvoorbeeld alleen een vergevorderde vorm van de ziekte van Alzheimer gebruikt worden in de doodsoorzaken-registratie. Registratiesystemen voor ziekten zoals de ziekte van Alzheimer bestaan echter nog niet. Mogelijk zouden vaker klinische diagnoses gebruikt kunnen worden in plaats van geregistreerde doodsoorzaken.

Tot slot kan het onderzoek nog verbeterd worden door beter rekening te houden met versturende factoren zoals gelijktijdige blootstelling aan giftige stoffen op het werk. Naast blootstelling aan EMV in arbeidssituaties worden mensen ook buiten het werk op dagelijkse basis blootgesteld aan andere bronnen van EMV, zoals van hoogspanningslijnen of mobiele telefoons. Ook met andere verschillen buiten het werk, zoals leefstijl, wordt in zijn algemeenheid meestal geen rekening gehouden in het onderzoek, wat de resultaten zou kunnen vertekenen. Voor veel van de hiervoor genoemde verbeterpunten (meten van de blootstelling en de gezondheidsmaat, rekening houden met versturende factoren) geldt dat

ze het meest effectief worden toegepast bij een prospectief cohortonderzoek.

De bevindingen in het huidige rapport zijn een momentopname. Er lopen nog diverse onderzoeken onder werknemers waarvan in 2015 en daarna resultaten zijn of worden gepubliceerd. Het betreft reviews maar ook oorspronkelijk onderzoek, onder andere vervolgonderzoek naar werknemers met ALS en onderzoek naar werknemers bij MRI-apparatuur. Het RIVM blijft de ontwikkelingen in de wetenschappelijke literatuur op het gebied van mogelijke effecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers volgen.



## Literatuur

- Ahlbom, A., A. Green, L. Kheifets, D. Savitz and A. Swerdlow (2004) Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspect* 112: 1741-1754.
- Band, P.R., N.D. Le, A.C. MacArthur, R. Fang and R.P. Gallagher (2005) Identification of occupational cancer risks in British Columbia: a population-based case-control study of 1129 cases of bladder cancer. *J Occup Environ Med* 47: 854-858.
- Baste, V., B.E. Moen, G. Oftedal, L.A. Strand, L. Bjorge and K.H. Mild (2012) Pregnancy outcomes after paternal radiofrequency field exposure aboard fast patrol boats. *J Occup Environ Med* 54: 431-438.
- Baste, V., T. Riise and B.E. Moen (2008) Radiofrequency electromagnetic fields; male infertility and sex ratio of offspring. *Eur J Epidemiol* 23: 369-377.
- Behrens, T., E. Lyngge, I. Cree, S. Sabroe, J.M. Lutz, N. Afonso, M. Eriksson, P. Guenel, F. Merletti, M. Morales-Suarez-Varela, A. Stengrevics, J. Fevotte, A. Llopis-Gonzalez, G. Gorini, G. Sharkova, L. Hardell and W. Ahrens (2010) Occupational exposure to electromagnetic fields and sex-differential risk of uveal melanoma. *Occup Environ Med* 67: 751-759.
- Beranger, R., C. Le Cornet, J. Schuz and B. Fervers (2013) Occupational and environmental exposures associated with testicular germ cell tumours: systematic review of prenatal and life-long exposures. *PLoS One* 8: e77130.
- Brouwer, M., T. Koeman, P.A. van den Brandt, H. Kromhout, L.J. Schouten, S. Peters, A. Huss and R. Vermeulen (2015) Occupational exposures and Parkinson's disease mortality in a prospective Dutch cohort. *Occup Environ Med* 72: 448-455.
- Capozzella, A., C. Sacco, A. Chighine, B. Loreti, B. Scala, T. Casale, F. Sinibaldi, G. Tomei, R. Giubilati, F. Tomei and M.V. Rosati (2014) Work related etiology of amyotrophic lateral sclerosis (ALS): a meta-analysis. *Ann Ig* 26: 456-472.
- Chen, C., X. Ma, M. Zhong and Z. Yu (2010) Extremely low-frequency electromagnetic fields exposure and female breast cancer risk: a meta-analysis based on 24,338 cases and 60,628 controls. *Breast Cancer Res Treat* 123: 569-576.
- Chen, Q., L. Lang, W. Wu, G. Xu, X. Zhang, T. Li and H. Huang (2013) A meta-analysis on the relationship between exposure to ELF-EMFs and the risk of female breast cancer. *PLoS One* 8: e69272.
- Connelly, J.M. and M.G. Malkin (2007) Environmental risk factors for brain tumors. *Curr Neurol Neurosci Rep* 7: 208-214.
- Cooper, A.R., E. Van Wijngaarden, S.G. Fisher, M.J. Adams, M.G. Yost and J.D. Bowman (2009) A population-based cohort study of

- occupational exposure to magnetic fields and cardiovascular disease mortality. *Ann Epidemiol* 19: 42-48.
- Coureau, G., G. Bouvier, P. Lebaillly, P. Fabbro-Peray, A. Gruber, K. Leffondre, J.S. Guillamo, H. Loiseau, S. Mathoulin-Pelissier, R. Salamon and I. Baldi (2014) Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occup Environ Med* 71: 514-522.
- Demers, P., R. Findlay, K.R. Foster, B. Kolb, J. Moulder, A. Nicol, F. Prato and R. Stam (2014) A review of Safety Code 6 (2013): Health Canada's safety limits for exposure to radiofrequency fields. Ottawa, Royal Society of Canada.
- Descatha, A., A. Jenabian, F. Conso and J. Ameille (2005) Occupational exposures and haematological malignancies: overview on human recent data. *Cancer Causes Control* 16: 939-953.
- Feychting, M. (2005) Health effects of static magnetic fields--a review of the epidemiological evidence. *Prog Biophys Mol Biol* 87: 241-246.
- Feychting, M., A. Ahlbom and L. Kheifets (2005) EMF and health. *Annu Rev of Public Health* 26: 165-189.
- Feychting, M. and U. Forssen (2006) Electromagnetic fields and female breast cancer. *Cancer Causes Control* 17: 553-558.
- Garcia, A.M., A. Sisternas and S.P. Hoyos (2008) Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. *Int J Epidemiol* 37: 329-340.
- Gezondheidsraad (2005) Elektromagnetische velden: jaarbericht 2005. Den Haag, Gezondheidsraad, publicatie nr. 2005/14.
- Gomes, J., A. Al Zayadi and A. Guzman (2011) Occupational and environmental risk factors of adult primary brain cancers: a systematic review. *Int J Occup Environ Med* 2: 82-111.
- Hill, A.B. (1965) The environment and disease: association or causation? *Proc R Soc Med* 58: 295-300.
- Hug, K., M. Roosli and R. Rapp (2006) Magnetic field exposure and neurodegenerative diseases--recent epidemiological studies. *Soz Praventivmed* 51: 210-220.
- Huss, A., A. Spoerri, M. Egger, H. Kromhout and R. Vermeulen (2014) Occupational exposure to magnetic fields and electric shocks and risk of ALS: The Swiss National Cohort. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*: 1-6.
- IARC Working group on the evaluation of carcinogenic effects to humans (2013) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Non-ionizing radiation, Part II: Radiofrequency electromagnetic fields. Lyon, International Agency for Research on Cancer.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (1998) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74: 494-522.

- ICNIRP Institution (2009) Exposure to high frequency EMF, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). - Review of the Scientific Evidence and Health Consequences. Munich: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ISBN.
- ICNIRP (International Commission on non-ionizing radiation protection) (2010) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys* 99: 818-836.
- Jauchem, J.R. (2008) Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int J Hyg Environ Health* 211: 1-29.
- Kennisplatform Elektromagnetische velden (2014) Kennisbericht 'Wetenschappelijke onderzoeksmethoden'. <http://www.kennisplatform.nl/publicaties/overzichtkennisberichten.aspx> (laatst bezocht op 17 december 2014).
- Kheifets, L., A. Ahlbom, C. Johansen, M. Feychting, J. Sahl and D. Savitz (2007) Extremely low-frequency magnetic fields and heart disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 33: 5-12.
- Kheifets, L., J.D. Bowman, H. Checkoway, M. Feychting, J.M. Harrington, R. Kavet, G. Marsh, G. Mezei, D.C. Renew and E. van Wijngaarden (2009) Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occup Environ Med* 66: 72-80.
- Kheifets, L., J. Monroe, X. Vergara, G. Mezei and A.A. Afifi (2008) Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses. *J Occup Environ Med* 50: 677-688.
- Kheifets, L., D. Renew, G. Sias and J. Swanson (2010) Extremely low frequency electric fields and cancer: assessing the evidence. *Bioelectromagnetics* 31: 89-101.
- Koeman, T., L.J. Schouten, P.A. van den Brandt, P. Slottje, A. Huss, S. Peters, H. Kromhout and R. Vermeulen (2015) Occupational exposures and risk of dementia-related mortality in the prospective Netherlands Cohort Study. *Am J Ind Med* 58: 625-635.
- Koeman, T., P. Slottje, H. Kromhout, L.J. Schouten, R.A. Goldbohm, P.A. van den Brandt and R. Vermeulen (2013) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 70: 402-407.
- Koeman, T., P.A. van den Brandt, P. Slottje, L.J. Schouten, R.A. Goldbohm, H. Kromhout and R. Vermeulen (2014) Occupational extremely low-frequency magnetic field exposure and selected cancer outcomes in a prospective Dutch cohort. *Cancer Causes Control* 25: 203-214.
- Lee, P.N., B.A. Forey, K.J. Coombs (2012) Systematic review with meta-analysis of the epidemiological evidence in the 1900s relating smoking to lung cancer. *BMC Cancer* 12: 385.

- Li, W., R.M. Ray, D.B. Thomas, M. Yost, S. Davis, N. Breslow, D.L. Gao, E.D. Fitzgibbons, J.E. Camp, E. Wong, K.J. Wernli and H. Checkoway (2013) Occupational exposure to magnetic fields and breast cancer among women textile workers in Shanghai, China. *Am J Epidemiol* 178: 1038-1045.
- Lutz, J.M., I. Cree, S. Sabroe, T.K. Kvist, L.B. Clausen, N. Afonso, W. Ahrens, T.J. Ballard, J. Bell, D. Cyr, M. Eriksson, J. Fevotte, P. Guenel, L. Hardell, K.H. Jockel, A. Miranda, F. Merletti, M.M. Morales-Suarez-Varela, A. Stengrevics and E. Lynge (2005) Occupational risks for uveal melanoma results from a case-control study in nine European countries. *Cancer Causes Control* 16: 437-447.
- McGlynn, K.A. and B. Trabert (2012) Adolescent and adult risk factors for testicular cancer. *Nat Rev Urol* 9: 339-349.
- McNamee, D.A., A.G. Legros, D.R. Krewski, G. Wisenberg, F.S. Prato and A.W. Thomas (2009) A literature review: the cardiovascular effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. *Int Arch Occup Environ Health* 82: 919-933.
- Mester, B., T. Behrens, S. Dreger, S. Hense and L. Fritschi (2010) Occupational causes of testicular cancer in adults. *Int J Occup Environ Med* 1: 160-170.
- Miller, A.B. and L.M. Green (2010) Electric and magnetic fields at power frequencies. *Chronic Dis Can* 29 Suppl 1: 69-83.
- Moussa, M.A., M.Z. Shafie, M.M. Khogali, A.M. el-Sayed, T.N. Sugathan, G. Cherian, A.Z. Abdel-Khalik, M.T. Garada and D. Verma (1990) Reliability of death certificate diagnoses. *J Clin Epidemiol* 43: 1285-1295.
- NINDS (National Institute of Neurological Disorders and Stroke) (2014a) Alzheimer's Disease Information Page.  
<http://www.ninds.nih.gov/disorders/alzheimersdisease/alzheimersdisease.htm> (laatst bezocht op 17 december 2014).
- NINDS (National Institute of Neurological Disorders and Stroke) (2014b) Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) Information Page.  
<http://www.ninds.nih.gov/disorders/amyotrophiclateralsclerosis/ALS.htm> (laatst bezocht op 17 december 2014).
- NINDS (National Institute of Neurological Disorders and Stroke) (2014c) Multiple Sclerosis Information Page.  
[http://www.ninds.nih.gov/disorders/multiple\\_sclerosis/multiple\\_sclerosis.htm](http://www.ninds.nih.gov/disorders/multiple_sclerosis/multiple_sclerosis.htm) (laatst bezocht op 17 december 2014).
- NINDS (National Institute of Neurological Disorders and Stroke) (2014d) Parkinson's Disease Information Page.  
[http://www.ninds.nih.gov/disorders/parkinsons\\_disease/parkinsons\\_disease.htm](http://www.ninds.nih.gov/disorders/parkinsons_disease/parkinsons_disease.htm) (laatst bezocht op 17 december 2014).
- Ostrom, Q.T., L. Bauchet, F.G. Davis, I. Deltour, J.L. Fisher, C.E. Langer, M. Pekmezci, J.A. Schwartzbaum, M.C. Turner, K.M. Walsh, M.R. Wrensch and J.S. Barnholtz-Sloan (2014) The epidemiology of glioma in adults: A state of the science review. *Neuro-Oncology* 16: 896-913.



- Parlement en Raad van de Europese Unie (2013) Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG. Publicatieblad van de Europese Unie L179: 1-21.
- Philips, C.V., K.J. Goodman (2004) The missed lessons of Sir Austin Bradford Hill. *Epidemiol Perspect Innov* 1: 3.
- Röösli, M., M. Egger, D. Pfluger and C. Minder (2008) Cardiovascular mortality and exposure to extremely low frequency magnetic fields: A cohort study of Swiss railway workers. *Environmental Health: A Global Access Science Source* 7.
- Rubin, G.J., L. Hillert, R. Nieto-Hernandez, E. van Rongen and G. Oftedal (2011) Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics* 32: 593-609.
- Santibanez, M., F. Bolumar and A.M. Garcia (2007) Occupational risk factors in Alzheimer's disease: a review assessing the quality of published epidemiological studies. *Occup Environ Med* 64: 723-732.
- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) (2015) Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). European Commission, Brussels.
- Shah, S.G. and A. Farrow (2014) Systematic literature review of adverse reproductive outcomes associated with physiotherapists' occupational exposures to non-ionising radiation. *J Occup Health* 56: 323-331.
- Sorahan, T. (2012) Cancer incidence in UK electricity generation and transmission workers, 1973-2008. *Occup Med (Lond)* 62: 496-505.
- Sorahan, T. (2014) Magnetic fields and brain tumour risks in UK electricity supply workers. *Occup Med (Lond)* 64: 157-165.
- Sorahan, T. and N. Mohammed (2014) Neurodegenerative disease and magnetic field exposure in UK electricity supply workers. *Occup Med (Lond)* 64: 454-460.
- SSM (2014) Recent research on EMF and Health Risk. Ninth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields. Report number: 2014:16 ISSN: 2000-0456.
- Sun, J.W., X.R. Li, H.Y. Gao, J.Y. Yin, Q. Qin, S.F. Nie and S. Wei (2013) Electromagnetic field exposure and male breast cancer risk: a meta-analysis of 18 studies. *Asian Pac J Cancer Prev* 14: 523-528.
- Szmigielski, S. (2013) Cancer risks related to low-level RF/MW exposures, including cell phones. *Electromagn Biol Med* 32: 273-280.
- Talibov, M., M. Guxens, E. Pukkala, A. Huss, H. Kromhout, P. Slottje, J.I. Martinsen, K. Kjaerheim, P. Sparen, E. Weiderpass, L.

- Tryggvadottir, S. Uuksulainen and R. Vermeulen (2015) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and electrical shocks and acute myeloid leukemia in four Nordic countries. *Cancer Causes Control*.
- Turner, M.C., G. Benke, J.D. Bowman, J. Figuerola, S. Fleming, M. Hours, L. Kincl, D. Krewski, D. McLean, M.E. Parent, L. Richardson, S. Sadetzki, K. Schlaefer, B. Schlehofer, J. Schuz, J. Siemiatycki, M. van Tongeren and E. Cardis (2014) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and brain tumor risks in the INTEROCC study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 23: 1863-1872.
- van der Mark, M., R. Vermeulen, P.C. Nijssen, W.M. Mulleners, A.M. Sas, T. van Laar, H. Kromhout and A. Huss (2015) Extremely low-frequency magnetic field exposure, electrical shocks and risk of Parkinson's disease. *Int Arch Occup Environ Health* 88: 227-234.
- Vergara, X., L. Kheifets, S. Greenland, S. Oksuzyan, Y.S. Cho and G. Mezei (2013) Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and neurodegenerative disease: a meta-analysis. *J Occup Environ Med* 55: 135-146.
- Vergara, X., G. Mezei and L. Kheifets (2015) Case-control study of occupational exposure to electric shocks and magnetic fields and mortality from amyotrophic lateral sclerosis in the US, 1991-1999. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 25: 65-71.
- Weiss, J.R., K.B. Moysich and H. Swede (2005) Epidemiology of male breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 14: 20-26.
- WHO (2006) Environmental Health Criteria 232. Static fields. World Health Organization, Geneva.
- Wirdefeldt, K., H.O. Adami, P. Cole, D. Trichopoulos and J. Mandel (2011) Epidemiology and etiology of Parkinson's disease: a review of the evidence. *Eur J Epidemiol* 26 Suppl 1: S1-58.
- Yakymenko, I., E. Sidorik, S. Kyrylenko and V. Chekhun (2011) Long-term exposure to microwave radiation provokes cancer growth: evidences from radars and mobile communication systems. *Exp Oncol* 33: 62-70.
- Yenugadhati, N., N.J. Birkett, F. Momoli and D. Krewski (2009) Occupations and lung cancer: a population-based case-control study in British Columbia. *J Toxicol Environ Health A* 72: 658-675.
- Yousif, L., M. Blettner, G.P. Hammer and H. Zeeb (2010) Testicular cancer risk associated with occupational radiation exposure: a systematic literature review. *J Radiol Prot* 30: 389-406.
- Zhou, H., G. Chen, C. Chen, Y. Yu and Z. Xu (2012) Association between extremely low-frequency electromagnetic fields occupations and amyotrophic lateral sclerosis: a meta-analysis. *PLoS One* 7: e48354.

## Afkortingen

ALS	amyotrofische laterale sclerose
EMV	elektrische, magnetische of elektromagnetische velden
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
MS	multiple sclerose
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten (Swedish Radiation Safety Authority)
SZW	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
WHO	World Health Organization (Wereldgezondheidsorganisatie)



## Bijlage – Zoekstrategie voor oorspronkelijke onderzoeken

Omdat de gebruikte zoekjaren verschillen voor de verschillende gezondheidsmaten is per gezondheidsmaat bepaald welke zoekjaren worden gebruikt. Bij voorkeur sluiten de gekozen zoekjaren aan bij de zoekjaren die zijn gebruikt in de meest recent gepubliceerde review of meta-analyse. Bijvoorbeeld: binnen een bepaald onderwerp, zoals neurodegeneratieve ziekten, is in een review gezocht naar artikelen tussen 1999 en 2011. Voor dat onderwerp is gezocht naar losse artikelen vanaf 1-1-2012. Het komt voor dat in het meest recent gepubliceerde artikel de zoekjaren niet genoemd zijn. Het is onwaarschijnlijk dat gezocht is naar een artikel in hetzelfde jaar van publicatie. Om aan de ene kant te voorkomen dat er te veel overlap ontstaat met artikelen opgenomen in de review of meta-analyse en aan de andere kant geen oorspronkelijke onderzoeken te missen, is gekozen om te zoeken vanaf het jaar voorafgaande aan het publicatiejaar. Bijvoorbeeld in een review gepubliceerd in 2013 waarin de zoekjaren niet zijn gespecificeerd zal gezocht worden naar oorspronkelijke onderzoeken die gepubliceerd zijn tussen 1-1-2012 t/m 31-12-2014.

### 1 Kanker

#### 1.1 Leukemie

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2011 t/m 31-12-2014): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((leukem\* OR leukaem\*) OR ((hematolog\* OR haematolog\* OR blood) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

→ 54 resultaten, waarvan 6 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((leukem\* OR leukaem\*) OR ((hematolog\* OR haematolog\* OR blood) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*)))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2010 AND PUBYEAR < 2015

→ 16 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

#### 1.2 Hersentumoren

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2013 t/m 31-12-2014): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (glioma OR meningioma OR ((brain OR intracranial OR meninges) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND ("english"[Language] OR

"dutch"[Language])

➔ 18 resultaten, waarvan 4 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (glioma OR meningioma OR ((brain OR intracranial OR meninges) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*)))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2015

➔ 7 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 1.3 Teelbalkanker

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2013 t/m 31-12-2014, want Beranger zocht t/m 2012): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (seminoma OR germinoma OR ((cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\* OR (dysgenesis AND syndrome)) AND (testi\* OR testes OR germ cell))) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

➔ 7 resultaten waarvan 0 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (seminoma OR germinoma OR ((cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\* OR (dysgenesis AND syndrome)) AND (testi\* OR testes OR germ cell)))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2015

➔ 2 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 1.4 Borstkanker mannen

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2013 t/m 31-12-2014 want Sun et al., 2013 heeft in de meta-analyse t/m 2012 alleen naar artikelen over borstkanker bij mannen gezocht): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((male OR men) AND ((breast OR chest OR bust) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

➔ 7 resultaten, waarvan 1 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (male OR men) AND ((breast OR chest OR bust) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2015

- ➔ 2 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 1.5 Borstkanker vrouwen

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2010 t/m 31-12-2014 (Want Chen et al., 2010 hebben t/m dec. 2009 gezocht): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((female OR woman OR women) AND ((breast OR chest OR bust OR mammar\*) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

- ➔ 30 resultaten, waarvan 2 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((breast OR chest OR bust OR mammar\*) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2015

- ➔ 7 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 1.6 Longkanker

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2004 t/m 31-12-2014 (Feychting 2005, dus 2004): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((lung OR pulmonary) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

- ➔ 20, waarvan 3 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((lung OR pulmonary) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2015

- ➔ 11, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 1.7 Oogkanker (ocular melanoma)

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2003 t/m 31-12-2014 (Ahlbom et al., 2004): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((ocular OR choroidal OR iris OR uveal OR eye OR retina) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

- ➔ 39 resultaten, waarvan 1 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational)) AND TITLE-ABS-KEY ((ocular OR choroidal OR iris OR uveal OR eye OR retina) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*)) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2015

➔ 5 resultaten gevonden, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 1.8 Blaaskanker

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2004 t/m 31-12-2014 (Feychting 2005, dus 2004): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((urin\* OR ((transitional OR urothelial) AND cell)) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

➔ 19 resultaten, waarvan 1 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((urin\* OR ((transitional OR urothelial) AND cell)) AND (cancer OR neoplasm OR tumor OR tumour OR carcinoma OR malignanc\*))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2004 AND PUBYEAR < 2015

➔ 3 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

## 2 Neurodegeneratieve ziekten

*De zoekjaren gebruikt door één review waren t/m januari 2012 waarin motorneuronziekten (m.n. ALS), dementie, ziekte van Alzheimer, multipele sclerose en ziekte van Parkinson is onderzocht. Dus start zoekjaren voor gedeelte losse artikelen: 2012 (review stopte bij januari dus 2012 i.p.v. 2013 meegenomen).*

**PubMed:** (aanklikken publicatiedata 1-1-2012 t/m 31-12-2014): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (neurodegen\* OR alzheimer OR dement\* OR (amyotrophic AND lateral AND sclerosis) OR ALS OR parkinson\* OR (multiple AND sclerosis) OR (motor AND neuro\*)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

➔ 19 resultaten, waarvan 1 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (neurodegenerative OR Alzheimer OR dementia OR amyotrophic lateral sclerosis OR ALS OR Parkinson\* OR multiple sclerosis OR motor



neuron)) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2011 AND PUBYEAR < 2015

- ➔ 3 resultaten, waarvan 1 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 3 Overige aandoeningen

#### 3.1 Hart- en vaatziekten

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2008 t/m 31-12-2014 (2008 want McNamee et al., 2009): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((cardiovascular OR heart OR vascular OR coronary) AND (disease OR system OR abnormalities OR defects)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

- ➔ 63 resultaten, waarvan 2 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND ( field\* OR radiation ) AND (worker\* OR occupational) AND ((cardiovascular OR heart OR vascular OR coronary) AND (disease OR system OR abnormalities OR defects))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2007 AND PUBYEAR < 2015

- ➔ 21 resultaten, waarvan 1 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

#### 3.2 Cataract (staar)

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2003 t/m 31-12-2014 (2003 gekozen want Ahlbom et al., 2004): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (cataract) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

- ➔ 28 resultaten, waarvan 0 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (cataract)) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2015

- ➔ 4 resultaten, waarvan 0 relevant.

### 3.3 Gezichtsvermogen

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2003 t/m 31-12-2014, 2003 gekozen want Ahlbom et al., 2004): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((visual OR vision) AND (acuity OR function\*)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

→ 24 resultaten, waarvan 0 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND ((visual OR vision) AND (acuity OR function\*))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2015

→ 7 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 3.4 Aandoeningen aan het bewegingsapparaat

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2004 t/m 31-12-2014, 2004 gekozen want Feychting et al., 2005): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (musculo\* OR (musculo\* AND disorder\*)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

→ 27 resultaten, waarvan 0 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (musculo\* OR (musculo\* AND disorder\*))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2015

→ 11 resultaten, waarvan 0 relevant.

### 3.5 Voortplanting

**PubMed:** (publicatiedata 1-1-2008 t/m 31-12-2014 (2008 want McNamee et al., 2009): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (reproduct\* OR pregnan\* OR miscarriage) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

→ 78 resultaten, waarvan 2 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (reproduct\* OR pregnan\* OR miscarriage)) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2007 AND PUBYEAR < 2015

→ 22 resultaten, waarvan 0 relevant die niet al in PubMed-resultaten zaten.

### 3.6 Het immuunsysteem

**PubMed** (publicatiedata 1-1-2006 t/m 31-12-2014, 2006 gekozen want Jauchem et al., 2008 zocht t/m 'early 2006'): (magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (immun\* AND (system OR response OR disease)) AND ("english"[Language] OR "dutch"[Language])

➔ 21 resultaten waarvan 0 relevant.

**Scopus:** TITLE-ABS-KEY ((magnetic OR electric OR electromagnetic OR emf OR radiofrequency OR rf OR low frequency OR elf OR microwave) AND (field\* OR radiation) AND (worker\* OR occupational) AND (immun\* AND (system OR response OR disease))) AND LANGUAGE (english OR dutch) AND PUBYEAR > 2005 AND PUBYEAR < 2015

➔ 15 resultaten, waarvan 0 relevant.

**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*