



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

Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magneetvelden bij verschillende bronnen

Een aanvulling op eerdere metingen

Briefrapport 2018-0015

A. Dusseldorp | M.J.M. Pruppers | E.M. van Putten



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

Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magneetvelden bij verschillende bronnen

Een aanvulling op eerdere metingen

RIVM Briefrapport 2018-0015

A. Dusseldorp | M.J.M. Pruppers | E.M. van Putten

Colofon

© RIVM 2018

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.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0115

A. Dusseldorp (auteur), RIVM
M.J.M. Pruppers (auteur), RIVM
E.M. van Putten (auteur), RIVM

Contact:
Centrum Gezondheid en Milieu
cgm@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Programmacollege Gezondheid en Milieu en is gefinancierd door het ministerie van VWS in het kader van project V/200112: Ondersteuning van GGD'en.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magneetvelden bij verschillende bronnen.

Een aanvulling op eerdere metingen.

In 2008/2009 heeft het RIVM op verzoek van de GGD'en metingen verricht bij bronnen van extreem-laagfrequente magneetvelden, zoals ondergrondse kabels, transformatorhuisjes en huishoudelijke apparaten. Als aanvulling hierop zijn in 2017/2018 metingen uitgevoerd bij opladers van elektrische auto's en fietsen, (transformatorhuisjes op) zonneparken, bij zonnepanelen (bij omvormers waar gelijkstroom in wisselstroom wordt omgezet), en bij enkele andere huishoudelijke apparaten. Als een apparaat of installatie aan staat, is een magneetveld aanwezig, waarvan de sterkte afhankelijk is van de bron en de afstand.

De verkennende metingen geven een indruk van de veldsterkte op verschillende afstanden van de bronnen. Deze gegevens kunnen de GGD'en helpen vragen te beantwoorden over de magneetveldzone van andere bronnen dan de hoogspanningslijnen.

De rijksoverheid hanteert een voorzorgsbeleid om geen nieuwe woningen bij bovengrondse hoogspanningslijnen te bouwen in de zone waar het jaargemiddelde magneetveld sterker is dan 0,4 microtesla. De Gezondheidsraad adviseerde in april 2018 om dit voorzorgsbeleid voort te zetten en te overwegen het beleid uit te breiden naar andere bronnen die tot langdurige blootstelling aan magneetvelden kunnen leiden. Mede daarom vragen mensen zich af hoe het zit met magneetvelden van andere bronnen dan hoogspanningslijnen.

Onderzocht is vanaf welke afstand het magneetveld zwakker dan 0,4 microtesla wordt. Bij opladers van huishoudelijke apparaten is dat tot op een afstand van enkele centimeters van de bron het geval, bij transformatoren op zonneparken tot enkele meters. De jaargemiddelde waarde ligt lager dan de gemeten waarde. Een apparaat of installatie staat immers niet altijd (maximaal) aan en mensen bevinden zich niet het hele jaar dicht bij het apparaat of de installatie.

Kernwoorden: ELF magneetvelden, elektrische auto, elektrische fiets, zonnepanelen, zonneparken, opladers

Synopsis

Exploration of extremely-low frequency (ELF) magnetic fields near several sources.

Supplementary measurements

In 2008/2009, RIVM performed pilot measurements of the ELF magnetic field in the neighbourhood of underground cables, substations, and household appliances. The measurements were made at the request of the Municipal Public Health Services (GGD). In 2017/2018, several supplementary measurements were conducted at the following locations: near chargers of electric cars and bicycles; at substations situated at solar parks; near solar inverters, where direct current is transformed into alternating current; near some additional household appliances. A magnetic field is present if the appliance or installation is switched on, the magnitude being dependent on the source and the distance.

The pilot measurements give an impression of the field strength at different distances from these sources. The results should provide the GGD with information on ELF magnetic fields in order to answer questions from the public about sources other than overhead power lines.

The Dutch government employs a precautionary policy of not building new homes near overhead power lines in the zone where the annual average magnetic field is stronger than 0.4 microtesla. In April 2018, the Dutch Health Council advised the government to continue this precautionary policy, and to consider expanding it to other possible sources of possible long-term exposure to magnetic fields. This is one of the reasons why people have raised questions about exposure to magnetic field other than those from overhead power lines.

It was evaluated at what distance the magnetic field reaches 0,4 microtesla. For chargers of household appliances, this is the case up to a distance of several centimetres from the source; for transformers situated on solar power parks, up to several metres.

The annual average value is lower than the measured values. An appliance or installation is not always used (at maximum capacity) and users are not always present near the appliance.

Keywords: ELF magnetic fields, electric bike, electric car, solar panels, solar parks, chargers

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

- 1.1 Doel van het project — 13
- 1.2 Meer informatie over magneetvelden — 13

2 Extreem-laagfrequente magneetvelden — 15

- 2.1 Wat zijn extreem-laagfrequente magneetvelden — 15
- 2.2 Elektromagnetische velden en gezondheid — 16

3 Gegevens in de literatuur — 19

- 3.1 Zoekstrategie — 19
- 3.2 (Elektrische) auto — 19
- 3.3 Elektrische fiets — 21
- 3.4 Andere vormen van transport — 21
- 3.5 Zonnepanelen op woningen — 22
- 3.6 Zonneparken — 24
- 3.7 Overige bronnen — 25

4 Metingen — 27

- 4.1 Elektrische auto, opladen — 27
- 4.2 Elektrische fiets — 28
 - 4.2.1 Fietsen — 28
 - 4.2.2 Opladen accu — 30
- 4.3 Zonnepanelen op woningen — 31
- 4.4 Zonneparken — 33
- 4.5 Overige huishoudelijke apparaten — 36

5 Conclusies — 39

6 Referenties — 41

Met dank aan — 45

BIJLAGE A. Zoektermen — 47

BIJLAGE B. RESULTATEN IN DETAIL — 48

Samenvatting

In de woonomgeving bevinden zich diverse bronnen van extreem-laagfrequente magneetvelden (ELF-velden). Dat zijn velden met frequenties tussen 0-300 Hz en een golflengte van meer dan 1000 km. Deze magneetvelden komen voor bij bijvoorbeeld (bovengrondse) hoogspanningslijnen, (ondergrondse) hoogspanningskabels, transformatorhuisjes en elektrische apparaten. Over deze bronnen bracht het RIVM eerder een rapport uit met verkennende metingen (Dusseldorp et al., 2009).

De rijksoverheid hanteert een voorzorgsbeleid om geen nieuwe woningen te bouwen dichtbij bovengrondse hoogspanningslijnen (in de zone waar het jaargemiddelde magneetveld sterker is dan 0,4 microtesla). De Gezondheidsraad adviseerde in april 2018 om dit voorzorgsbeleid voort te zetten en mogelijk uit te breiden naar andere bronnen die tot langdurige blootstelling aan magneetvelden kunnen leiden. Mede daarom vragen mensen zich af hoe het zit met magneetvelden van andere bronnen dan hoogspanningslijnen.

Over enkele bronnen bracht het RIVM eerder een rapport uit met verkennende metingen (Dusseldorp et al., 2009). GGD'en ontvangen tegenwoordig ook vragen over de sterkte van magneetvelden van nieuwere bronnen in de leefomgeving, zoals zonnepanelen, de elektrische fiets en auto. Zij missen bij het beantwoorden van deze vragen gegevens over de sterkte van het magneetveld. De GGD'en hebben daarom het RIVM gevraagd ook voor deze bronnen een aantal verkennende metingen te doen. De meetgegevens worden weergegeven in dit rapport.

Uit het literatuuronderzoek, dat de start vormde van het project, bleek dat voor het magneetveld in rijdende auto's voldoende gegevens voorhanden zijn om een uitspraak te doen over de ordegrrootte van het magneetveld. De beschikbare gegevens worden in het rapport beschreven. Het RIVM heeft zelf een aantal metingen gedaan bij zonneparken, omvormers van zonnepanelen van particulieren, het opladen van de elektrische fiets en auto, en tijdens het fietsen op een elektrische fiets. Hiervoor konden geen gegevens in de literatuur gevonden worden. Tevens zijn enkele metingen uitgevoerd bij een aantal huishoudelijke apparaten (als aanvulling op de lijst van 2009), omdat daar ook vragen over waren.

Doel van het rapport

Het rapport dient als achtergrondinformatie voor GGD'en bij het beantwoorden van vragen van burgers over de sterkte van magneetvelden. De GGD heeft gevraagd aan te geven op welke afstand een waarde van 0,4 μ T kan worden bereikt. Daarbij hoort de uitleg dat de jaargemiddelde waarde lager ligt dan de gemeten waarde, wegens een beperkte verblijfs- en gebruiksduur. Een apparaat of installatie staat immers niet altijd (maximaal) aan en mensen bevinden zich niet altijd op de afstand tot het apparaat of de installatie waar is gemeten.

Elektrische auto (opladen)

Elektrische auto's worden meestal opgeladen met een wisselstroom, die in de auto wordt omgezet in een gelijkstroom. Zowel rond de laadpaal, het snoer en de stekker die de auto in gaat, is dus een ELF magneetveld te vinden. In de meeste gevallen was het veld het sterkst direct bij de laadpaal. Dit varieerde van ca. 10-60 μT bij de zeven laadpalen waar tijdens het opladen metingen zijn verricht (4 verschillende typen palen). Het veld was op een afstand van ongeveer 20 – 60 centimeter afgenomen tot 0,4 μT .

Elektrische fiets (opladen en fietsen)

Bij vier van de vijf laders werd tijdens het opladen een veldsterkte van 0,4 μT bereikt binnen 10 centimeter afstand van de lader. Bij één lader tussen de 10 en 20 centimeter. De gemiddelde sterkte van het ELF magneetveld op de bagagedrager van elektrische fietsen tijdens het fietsen varieerde per rit van ongeveer 0,05 μT (bij lage snelheden) tot 0,5 μT (bij hoge snelheden). Bij vergelijkingsritten met een gewone fiets op hetzelfde parcours, was het gemiddelde op de bagagedrager per rit maximaal 0,06 μT .

Zonnepanelen op woningen

Bij zonnepanelen veroorzaken vooral de omvormers een magneetveld. Bij de zonnepanelen zelf is het veld zwakker dan 0,4 μT . Uit de metingen is gebleken dat het veld direct bij de omvormer onder maximale omstandigheden tot 70 μT kan oplopen, en dat op een afstand vanaf 0,2 m à 1 m het magneetveld zwakker wordt dan 0,4 μT . De afstand waarop het jaargemiddelde zwakker wordt dan 0,4 μT is (veel) kleiner ('s nachts is er immers geen zon en in de winter of bij bewolking is het magneetveld zwakker dan in zonnige, zomerse omstandigheden).

Zonneparken

Bij zonneparken zorgen naast de omvormers ook de schakelkasten en transformatorhuisjes waar de stromen van de omvormers worden samengevoegd, voor een magneetveld. In de metingen in de zomer was vanaf een afstand van 5 à 6 m het magneetveld zwakker dan 0,4 μT .

Aanvulling gegevens huishoudelijke apparaten

In het genoemde rapport uit 2009 rapporteerde het RIVM onder andere over het veld van een aantal huishoudelijke apparaten. Voor deze update is een aantal aanvullingen daarop gedaan. De afstand waarop het magneetveld zwakker dan 0,4 μT werd, varieerde van enkele centimeters (elektrische tandenborstel, lader laptop) tot ruim 20 centimeter (inductiekookplaat, sommige dimmers van lampen) en 45 centimeter (oplader draadloze schroef-boormachine).

De waarden in perspectief

De waarde van 0,4 microtesla in het voorzorgsbeleid van de Rijksoverheid gaat over langdurige blootstelling en is een jaargemiddelde waarde. De verkennende metingen in dit rapport geven geen inzicht in deze jaargemiddelde waarde; de metingen zijn een momentopname en geven een indicatie waar de waarde van 0,4 μT ongeveer ligt als een apparaat of installatie aan staat en op de maximale stand werkt.

Voor acute effecten van magneetvelden wordt in Nederland een blootstellingslimiet voor de algemene bevolking gehanteerd van 100 μT . Deze waarde is door de EU aanbevolen voor de algemene bevolking en geldt voor alle apparaten en het electriciteitsnetwerk. Uit eerder onderzoek in Nederland onder vrijwilligers bleek dat de daggemiddelde blootstelling varieerde van 0,013 tot 2,0 μT . Gemiddeld werden de vrijwilligers blootgesteld aan 0,13 μT (Bolte et al., 2015).

1 Inleiding

In de woonomgeving bevinden zich diverse bronnen van extreem-laagfrequente magneetvelden (ELF-velden). Dat zijn velden met frequenties tussen 0-300 Hz en een golflengte van meer dan 1000 km. Deze velden komen overal voor waar elektriciteit is. GGD'en ontvangen regelmatig vragen over de sterkte van magneetvelden afkomstig van diverse bronnen. Het RIVM heeft eerder een rapport uitgebracht, waarin bovengrondse hoogspanningslijnen, ondergrondse hoogspanningskabels, transformatorhuisjes, verdeelstations en verschillende huishoudelijke apparaten aan de orde kwamen (Dusseldorp et al., 2009). In een review van dergelijke metingen in Europa (Gajšek et al., 2016), werd geconcludeerd dat de gemiddelde sterkte van het magneetveld waaraan de bevolking van Europa wordt blootgesteld tussen de 0,01 en 0,1 μT ligt. Tijdens een meetcampagne van het RIVM in 2009 hebben 99 vrijwilligers in Nederland gedurende een etmaal een magneetveldmeter gedragen. De daggemiddelde blootstelling varieerde tussen de vrijwilligers van 0,013 tot 2,0 μT . Gemiddeld werden de vrijwilligers blootgesteld aan 0,13 μT (Bolte et al., 2015).

Sindsdien zijn er nieuwe bronnen in de woonomgeving bijgekomen, zoals zonnepanelen en bijbehorende omvormers, zonneparken, oplaadpunten van elektrische auto's en elektrische fietsen. Over deze nieuwe situaties en een aantal al langer bestaande bronnen komen ook weer vragen bij de GGD. De GGD'en hebben het RIVM gevraagd verkennende metingen van magneetvelden rondom een aantal van deze bronnen te doen.

1.1 Doel van het project

Het doel van het project is om bij verschillende bronnen meetgegevens te verzamelen van magneetvelden. De GGD'en kunnen de gegevens gebruiken bij het beantwoorden van vragen van burgers, die zich zorgen maken over de sterkte van het magneetveld bij bronnen in hun directe omgeving. De GGD heeft daarbij specifiek gevraagd om aan te geven op welke (maximale) afstand het magneetveld zwakker wordt dan de waarde van 0,4 μT . In het rijksbeleid wordt deze waarde gebruikt als voorzorg bij het bouwen rond bovengrondse hoogspanningslijnen. Het gaat daarbij om het gebied rond hoogspanningslijnen waar het jaargemiddelde magneetveld sterker is dan 0,4 μT . Omdat de verblijfsduur bij de bronnen uit dit rapport korter is, zal de jaargemiddelde blootstelling, en de afstand waarop deze waarde zou worden bereikt als de bron altijd aan staat, in werkelijkheid kleiner zijn.

1.2 Meer informatie over magneetvelden

Dit rapport kan de GGD'en ondersteunen bij de advisering over extreem-laagfrequente elektromagnetische velden. Het is een aanvulling op bestaande informatie, zoals het eerdere rapport met verkennende metingen (Dusseldorp et al., 2009) en de GGD Richtlijn 'Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen' (Van

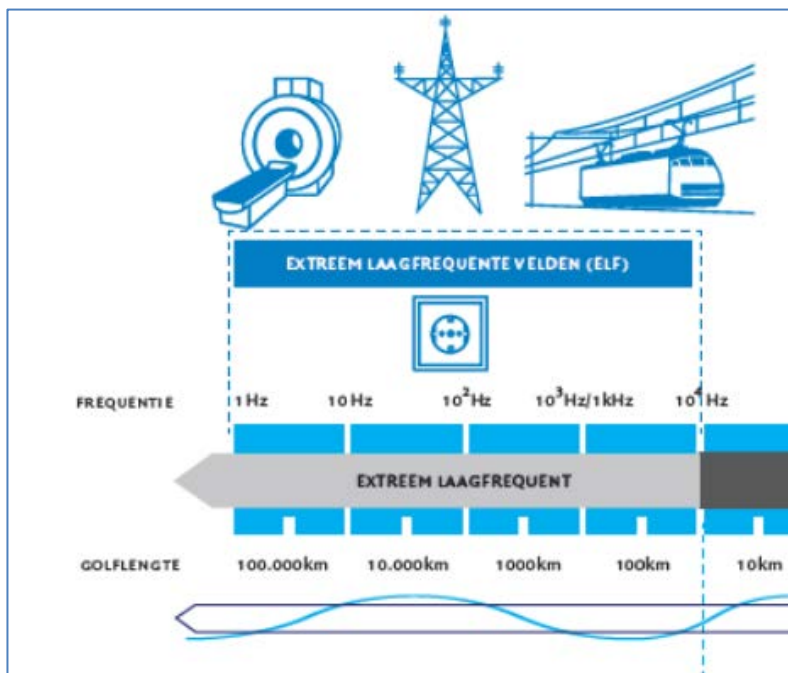
Brederode, 2005¹). De richtlijn, die momenteel een update ondergaat, beschrijft de kennis over het (mogelijke risico van) wonen nabij hoogspanningslijnen en geeft de rol van de GGD weer. Daarnaast is het Kennisplatform Elektromagnetische Velden en Gezondheid (Kennisplatform EMV) een belangrijke bron van informatie. Het Kennisplatform EMV is een samenwerkingsverband tussen diverse organisaties, waaronder GGD GHOR Nederland. Het platform bundelt de kennis op het gebied van elektromagnetische velden en probeert eraan bij te dragen dat er meer helderheid komt over de stand van de wetenschap en de betekenis van verschillende onderzoeken.

¹ Herziening is gestart in 2018

2 Extreem-laagfrequente magneetvelden

2.1 Wat zijn extreem-laagfrequente magneetvelden

Extreem-laagfrequente (ELF) magneetvelden zijn velden met frequenties lager dan 300 à 10.000 Hz en een golflengte van meer dan 30 à 1000 km. Deze grenzen zijn niet scherp gedefinieerd. Deze velden kunnen voorkomen bij alle apparatuur die met het elektriciteitsnet is verbonden. Sommige apparaten, zoals televisies, radio's en magnetrons veroorzaken daarnaast elektromagnetische velden met andere frequenties en golflengtes (zie Figuur 1). De ELF-velden bestaan uit een elektrische en een magnetische component. De elektrische component (uitgedrukt in volt per meter) ontstaat als er een spanning aanwezig is. Dit veld wordt afgezwakt door bebouwing of begroeiing.



Figuur 1. Diverse bronnen van elektromagnetische velden gerangschikt langs een frequentie- en een golflengteschaal (Bron: Kennisplatform EMV, www.kennisplatform.nl)

Het magneetveld ontstaat als ergens een elektrische stroom loopt. De sterkte van het veld neemt toe met toenemende sterkte van de elektrische stroom (uitgedrukt in ampère) en neemt af als de afstand tot de bron groter wordt. Het magneetveld wordt uitgedrukt in de magnetische veldsterkte (A/m) of de magnetische fluxdichtheid (tesla, afgekort met T). In de praktijk wordt microtesla (μT) gebruikt². 1 μT is een miljoenste tesla, ofwel 0,000001 T. Een magneetveld wordt niet afgeschermd door bebouwing of begroeiing. Het elektriciteitsnet in Nederland levert een wisselspanning van 50 Hz. Bij wisselspanning ontstaat een magneetveld. Daarmee zijn alle elektriciteits-

² Soms wordt ook de eenheid Gauss gebruikt: 1 μT = 10 mG

producerende, -transporterende en -gebruikende activiteiten en toepassingen in principe een bron van ELF-magneetvelden (Bolte en Pruppers, 2004).

2.2 Elektromagnetische velden en gezondheid

Internationaal epidemiologisch onderzoek wijst op een mogelijk verhoogd risico op leukemie bij kinderen in de leeftijd tot 15 jaar die in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wonen, waar het magneetveld sterker is dan $0,4 \mu\text{T}$ (Van der Plas et al., 2001; Kennisplatform EMV, 2014). Uit de analyses van de commissie Elektromagnetisch velden van de Gezondheidsraad uit 2018 *"komen aanwijzingen voor een relatie tussen blootstelling aan magnetische velden rondom bovengrondse elektriciteitslijnen en het optreden van leukemie en wellicht ook hersentumoren bij kinderen. Als de resultaten worden samengevat in een door het Amerikaanse Environmental Protection Agency opgesteld classificatiesysteem voor oorzakelijkheid concludeert de commissie dat er voor leukemie en voor hersentumoren 'aanwijzingen voor een oorzakelijk verband' zijn met de blootstelling aan magnetische velden. Wel zijn de aanwijzingen bij hersentumoren zwakker dan bij leukemie. De bewijskracht voor beide typen tumoren is, mede doordat hiervoor in proefdieronderzoek geen ondersteuning is gevonden, niet voldoende om te spreken van een 'waarschijnlijk' of 'bewezen' oorzakelijk verband. (...) Het valt niet uit te sluiten dat andere factoren die samenhangen met de aanwezigheid van bovengrondse elektriciteitslijnen een rol spelen. In onderzoeken daarvan tot nu toe echter niets gebleken. Ook is niet uit te sluiten dat toeval een rol speelt, met name bij de bevindingen over hersentumoren."* (Gezondheidsraad, 2018).

Sommige mensen schrijven gezondheidsklachten zoals hoofdpijn, vermoeidheid en concentratieproblemen toe aan allerlei bronnen van elektromagnetische velden. Vaak kan geen medische oorzaak worden gevonden voor deze klachten, waardoor meestal wordt gesproken van lichamelijk onverklaarde klachten. Uit wetenschappelijke gegevens komen wel aanwijzingen, maar geen bewijzen voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en deze klachten (Baliatsas et al., 2015; Bolte et al., 2015). Dit neemt niet weg dat de klachten bestaan (Gezondheidsraad, 2009; Kennisplatform EMV, 2012).

Als het extreem-laagfrequente magneetveld sterk genoeg is, kunnen acute effecten optreden, zoals lichtflitsen (fosfenen) in het oog en onwillekeurige spiersamentrekkingen. Dergelijke sterktes komen echter niet voor op plaatsen die publiek toegankelijk zijn. Deze effecten treden niet op als de sterkte van het magneetveld lager is dan $100 \mu\text{T}$, de blootstellingslimiet (gebaseerd op effecten op het centrale zenuwstelsel) die de EU voor leden van de bevolking heeft aanbevolen en die in Nederland wordt gehanteerd.

In sommige arbeidssituaties kan een verhoogde blootstelling aan ELF-magneetvelden optreden. Naar de eventuele gevolgen daarvan op de lange termijn, wordt regelmatig onderzoek gedaan. Alle onderzoek bij elkaar genomen is er geen oorzakelijk verband bewezen tussen

blootstelling van werknemers aan elektromagnetische velden en het vóórkomen van kanker, ziekten van het zenuwstelsel (bijvoorbeeld de ziekte van Alzheimer, de ziekte van Parkinson, multiple sclerose, amyotrofische laterale sclerose) of hart- en vaatziekten. Voor sommige andere aandoeningen, is het onderzoek nog te beperkt om een uitspraak te kunnen doen (Kennisplatform EMV 2016; Rijs, 2015).

Zoals hierboven beschreven, is niet bekend of het magneetveld met een jaargemiddelde sterkte van meer dan $0,4 \mu\text{T}$ de oorzaak van een mogelijke verhoging van het risico op leukemie bij kinderen is. Het is ook niet bekend of een eenmalige, korte, hoge veldsterkte - die uitgesmeerd over een jaar ook tot een jaargemiddelde veldsterkte van $0,4 \mu\text{T}$ leidt - hetzelfde nadelige effect op de gezondheid heeft. Een blootstelling gedurende bijvoorbeeld 1 uur per dag aan ongeveer $10 \mu\text{T}$ leidt ook tot een jaargemiddelde van $0,4 \mu\text{T}$.

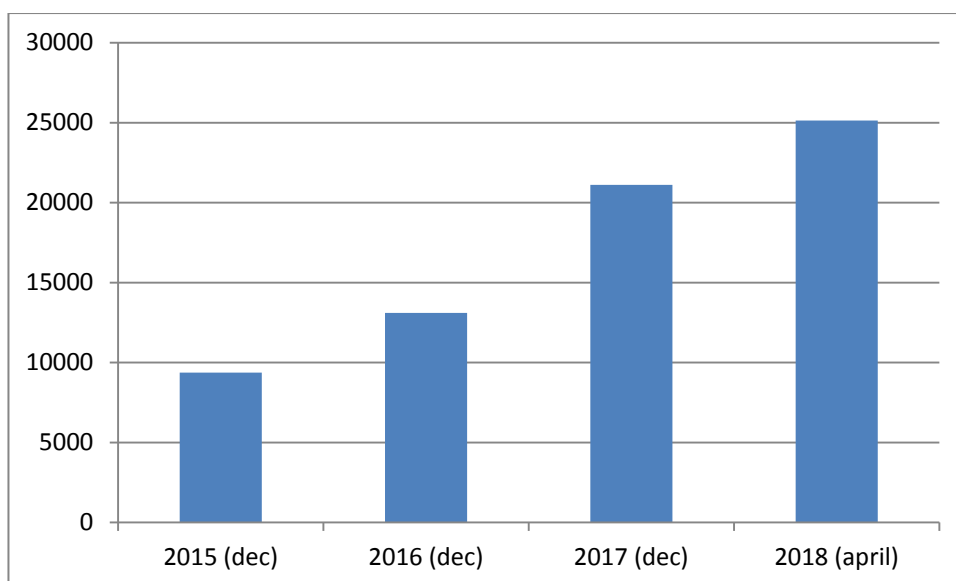
3 Gegevens in de literatuur

3.1 Zoekstrategie

In de wetenschappelijke en de zogenaamde grijze literatuur is gezocht naar relevante publicaties vanaf 2009 tot en met maart 2017. Er is gezocht in de databestanden Scopus. De zoektermen zijn weergegeven in Bijlage A. Publicaties waarin daadwerkelijk het ELF-magneetveld is gemeten, zijn opgevraagd en worden in dit hoofdstuk beschreven. Per bron is op grond van de bestaande gegevens besloten of metingen voor de betreffende bron van meerwaarde zijn, bijvoorbeeld omdat er maar weinig gegevens beschikbaar zijn, of dat er geen afstanden uit de publicaties zijn af te leiden. Deze keuzen worden in de betreffende paragrafen beschreven.

3.2 (Elektrische) auto

Het aantal volledige elektrische auto's in Nederland is de afgelopen jaren gegroeid tot 25.000 in april 2018 (zie Figuur 2). Het aantal hybride auto's bedraagt momenteel ruim 99.000 (RVO, 2018).



Figuur 2. Aantal volledig elektrische passagiersauto's in Nederland (Bron: RVO, 2018)

Zowel in elektrische auto's als in auto's op brandstoffen worden tijdens het rijden ELF-magneetvelden opgewekt door elektrische apparatuur, de motor en de airco. Ook kunnen er door communicatiemiddelen in deze auto's radiofrequente elektromagnetische velden voorkomen, maar deze velden blijven in dit rapport buiten beschouwing. Ook het draaien van de wielen veroorzaakt een (ELF) magneetveld, wanneer er metalen/stalen strips ter versterking in de banden zijn verwerkt. Deze strips kunnen gemagnetiseerd raken (Stankowski et al., 2006; Paniagua et al., 2017), en een magneetveld genereren in het spectrum onder 20-30 Hz (Milham et al., 1999; Paniagua et al., 2017). Hareuveny et al. (2015) geven aan dat de belangrijkste bronnen de banden en de elektrische stromen zijn.

Een ander moment waarop een ELF-magneetveld wordt opgewekt, is tijdens het opladen van de auto.

In de literatuur is voldoende gerapporteerd over het magneetveld in auto's tijdens het rijden. We beschrijven in deze paragraaf daarom de literatuurgegevens en hebben geen eigen metingen uitgevoerd. Voor het opladen van de elektrische auto is uit de gevonden literatuur niet goed te achterhalen welke veldsterkte is te verwachten op welke afstand van de oplaadpaal of de stekker. In het project zijn daarom wel metingen gedaan bij het opladen van de auto (zie paragraaf 4.1).

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar het magneetveld in auto's tijdens het rijden. De publicaties die het magneetveld rapporteren op verschillende plekken in de auto, zijn weergegeven in Tabel 1. Men heeft niet allemaal in hetzelfde frequentiegebied gemeten en de auto's veroorzaken ook magneetvelden bij andere frequenties dan 50 Hz. Ter vergelijking: het RIVM heeft gemeten in het frequentiegebied van 40 tot 1000 Hz. Hoewel deze metingen dus niet allemaal precies vergelijkbaar zijn, geven ze een indruk van de te verwachten veldsterkten tijdens het autorijden. De maximale veldsterkte in verschillende auto's (hybride, elektrisch, benzine en diesel) werd gevonden nabij de vloer (bij de benen van de passagiers).

Hareuveny (2015) vergeleek het magneetveld in verschillende typen auto's en rapporteert gemiddelden (over verschillende plekken en rijcondities) van 0,02 μT in diesel auto's, 0,04-0,05 μT in benzine auto's en 0,06 -0,09 in hybride auto's. Het magneetveld is niet homogeen over de auto verdeeld, en wordt in een hybride/elektrische auto bepaald door de plaats van de accu, de motor en de bekabeling. Het veld is het sterkst in auto's waar de accu onder de achterbank of in de achterbak zit (Vedholm 1996)³. In diesel en benzine auto's wordt het veld in de auto van achteren naar voren sterker: van de achterbak (0,01–0,02 μT), achterbank (0,02–0,03 μT), voorbank (0,07–0,13 μT), tot de motorkap (1,0–1,4 μT) (Hareuveny, 2015⁴). Vooral tijdens het remmen en optrekken zijn er pieken van het magneetveld.

De invloed van de snelheid (sterker veld bij hogere snelheid) was vooral te zien bij hybride auto's. Op de rechterachterstoel was het gemiddelde 0,13 μT bij 40 km/h, bij 80 km/h was dat 0,28 μT (Hareuveny e.a. 2015). Overigens geven Paniagua et al. aan dat niet zozeer de sterkte van het magneetveld, maar wel het spectrum⁵, wordt beïnvloed door de snelheid van de auto (Paniagua et al., 2017).

³ Naar verwezen door Hareuveny 2015

⁴ 'spot' Metingen op diverse plekken in de auto, terwijl de motor aan is maar de auto niet rijdt.

⁵ De verdeling van de veldsterkten over verschillende frequenties

Tabel 1. Overzicht meetwaarden in de literatuur: sterkte van het magneetveld in auto's tijdens het rijden.

publicatie (gemeten frequentie- gebied)	snelheid	type auto	plaats in de auto	veldsterkte in μT (gemiddeld tenzij anders vermeld)
Hareuveny 2015 (40-800 Hz) ⁶	40 en 80 km/h	3 diesel 4 benzine 3 hybride	rechts voor ⁷ links voor rechts achter	0,05 0,07 0,18
Karabetsas 2010 (0-32 kHz)	0-180 km/h	2 hybride	hoogste bij voeten linksachter	1,3 en 1,7 bij 80- 100 km/h
Paniagua 2017 (5 Hz– 2 kHz)	120 km/h	5 diesel en 1 benzine	op alle vier de stoelen op hoofd, zit- en voethoogte	0,90 (0,33–2,05)
Stankowski 2006 (10-200 Hz)	80 km/h	12 verschillende auto's (geen elektrische), doel onderzoek is om te kijken naar veld van gemagnetiseerde banden	bestuurder: bekkenhoogte hoofdhoogte; bijrijder: voethoogte; achterin: bekkenhoogte	0,29 (SD 0,18) 0,21 (SD 0,10) 3,22 (SD 2,53) 3,28 (SD 2,55)
Tell 2013 (40Hz-1 kHz)	variërend, circuit van 16 km	8 elektrische 6 benzine	6 plekken per auto	0,095 (SD 2,66) 0,051 (SD 2,11)

3.3 Elektrische fiets

De elektrische fiets (e-bike) is inmiddels een vertrouwd vervoermiddel: 16% van de Nederlanders bezit een elektrische fiets. In 2016 was de e-bike goed voor 29% van het aantal verkochte fietsen (Fietsplatform, 2017). In de literatuur waren geen bruikbare gegevens voorhanden over het ELF-magneetveld tijdens het fietsen of tijdens het opladen van de accu. Daarom hebben we voor beide situaties een aantal verkennende metingen verricht. Deze zijn gerapporteerd in Hoofdstuk 4.

3.4 Andere vormen van transport

In het eerste rapport met verkennende metingen van magneetvelden (Dusseldorp et al., 2009) werd transport (trein, tram et cetera) als bron voor elektromagnetische velden buiten beschouwing gelaten, omdat het RIVM destijds een onderzoeksproject uitvoerde waarin onder andere de blootstelling in het openbaar vervoer werd gemeten (Bolte, 2009; Bolte et al., 2008). In het huidige project gebruiken we de gegevens van dat onderzoek om een ordegrrootte te kunnen geven van de magneetvelden in diverse vormen van het openbaar vervoer en enkele andere vormen van transport. Zo kunnen de gegevens over elektrische auto's en onze metingen op de fiets in perspectief worden gezien. In het onderzoek van

⁶ Continue metingen (met een EMDEX, gedragen door personen in de auto tijdens het rijden).

⁷ De plaats met de hoogste gemiddelde veldsterkte is weergegeven gerekend over de verschillende snelheden en stilstaan.

Bolte et al. (2009, 2015) zijn deelnemers uitgerust met een ELF meter, en hebben zij bijgehouden wat ze aan het doen waren. Voor alle momenten dat mensen gebruik maakten van een bepaalde manier van transport, is berekend aan welke magneetvelden zij gemiddeld werden blootgesteld (zie Tabel 2).

Tabel 2. Blootstelling tijdens verschillende manieren van transport (Bron: Bolte, data uit onderzoek 2009, 2015).

	aantal personen	gemiddelde veldsterkte (μT)	maximum veldsterkte (μT)
Te voet	67	0,05	8
Fiets	26	0,06	3,2
Brommer	1	0,1	0,8
Bus	3	0,07	1,2
Tram/metro bovengronds	6	0,13	1,8
Metro ondergronds	2	0,02	2,2
Auto/bestelbus/vrachtwagen	53	0,06	4,2
Trein	5	0,05	0,7

3.5 Zonnepanelen op woningen

Mede als gevolg van de energietransitie laten steeds meer mensen zonnepanelen op het dak van hun woning leggen. In de eenvoudigste vorm bestaat een systeem voor zonne-energie uit een paneel dat het zonlicht opvangt en een gelijkstroom produceert en een omvormer die de gelijkstroom omzet in wisselstroom met een spanning van 230 volt en die aan het lichtnet doorgeeft. In sommige gevallen, maar dat is nog in ontwikkeling, wordt de elektrische energie tijdelijk opgeslagen in een batterij (in een elektrische auto, in huis of ergens in de buurt).

In de literatuur zijn voor Nederland geen meetgegevens aangetroffen van magneetvelden nabij onderdelen van systemen voor zonne-energie op daken van woningen. Ook over metingen aan dergelijke systemen in het buitenland is de literatuur beperkt. De gevonden meetresultaten zijn samengevat in Tabel 3. De metingen zijn meestal uitgevoerd in het frequentiegebied 40–800 Hz. Deze metingen zijn meestal gedaan om te onderzoeken of de blootstellingslimiet voor de bevolking, te weten 100 μT , worden overschreden. Men heeft daarom niet specifiek gekeken naar plaatsen waar de sterkte in de orde van 0,4 μT was. In een enkele publicatie worden wel metingen als functie van de afstand gepresenteerd: zie bijvoorbeeld Figuur 3 met metingen rond één paneel waarop de omvormer aan de achterkant is gemonteerd.

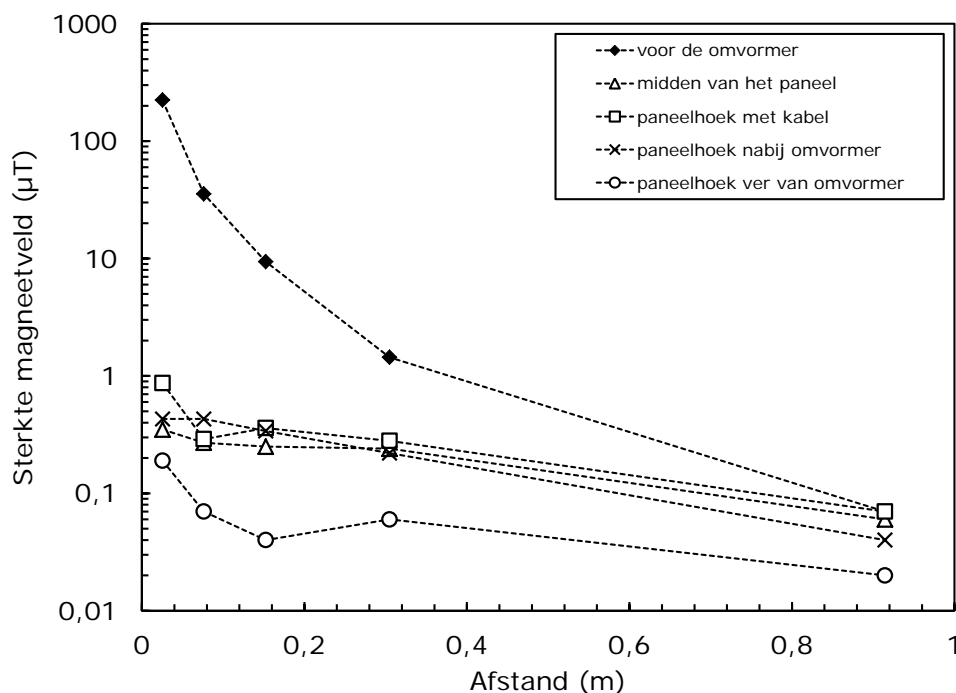
Uit de meetresultaten in de literatuur blijkt dat de omvormer een bron is van laagfrequente magneetvelden met een frequentie van 50 Hz, maar ook van hogere frequenties. Het zonnepaneel zelf is alleen een bron van statische magneetvelden, omdat er alleen gelijkstroom loopt. Direct tegen de omvormer is het magneetveld sterker dan verder weg. Uit de literatuur is moeilijk op te maken op welke afstanden het magneetveld zwakker is dan 0,4 μT . De meeste metingen zijn gedaan in zonnige landen, en deels al lang geleden en zijn daarmee niet representatief voor de huidige Nederlandse situatie. In de tussentijd zijn er veel

ontwikkelingen geweest in type zonnepanelen en omvormers. Daarom hebben we zelf een aantal metingen verricht (zie Hoofdstuk 4).

Tabel 3. Overzicht meetwaarden in de literatuur: sterkte van het magneetveld van zonnepanelen op woningen

Auteur publicatie (land)	capaciteit installatie (kWp) ⁸	meetlocatie, installatieonderdeel	afstand (m)	sterkte magneetveld (µT)
Karawi, 2015 (Egypte)	32	op dak, nabij panelen	-	0,5 - 2,4
		ruimte met omvormer	-	32 - 48
Safigianni, 2013 (Griekenland)	8,05	div. plaatsen op dak	1 m hoogte	0,3 - 0,7
		nabij de omvormer	-	120
	4,8	div. plaatsen op dak	1 m hoogte	0,3 - 0,5
		nabij de omvormer	-	24
	9,84	div. plaatsen op dak	1 m hoogte	0,3 - 1,2
		nabij de omvormer	-	12
Tech Environmental, 2012 (USA)	8,6	kamers onder dak met panelen	-	0,02 - 0,14
		in kelder, nabij omvormer	≈ 0,6	0,6 - 1,0
			≈ 2,7	< 0,02
Jennings, 1997 (USA)	0,26	voor de omvormer (achter op paneel gemonteerd)	0,025	220
			0,3	1,4
			0,9	0,07

⁸ kWp: vermogen onder standaard testcondities (instraling van 1.000 W/m²; zonlicht valt loodrecht op het zonnepaneel; luchtmassa 1,5, d.w.z. dat het zonlicht schuin invalt en daardoor een afstand door de atmosfeer heeft afgelegd die gelijk is aan anderhalf maal de gemiddelde dikte van de atmosfeer; temperatuur zonnepaneel 25 °C).



Figuur 3. Gemeten sterkten van het magneetveld op diverse afstanden van een paneel waarop de omvormer aan de achterkant is gemonteerd (Bron: Jennings, 1997)

3.6 Zonneparken

Bij grondgebonden zonneparken (-weiden, -akkers, -centrales) zijn de sterkste magneetvelden te verwachten

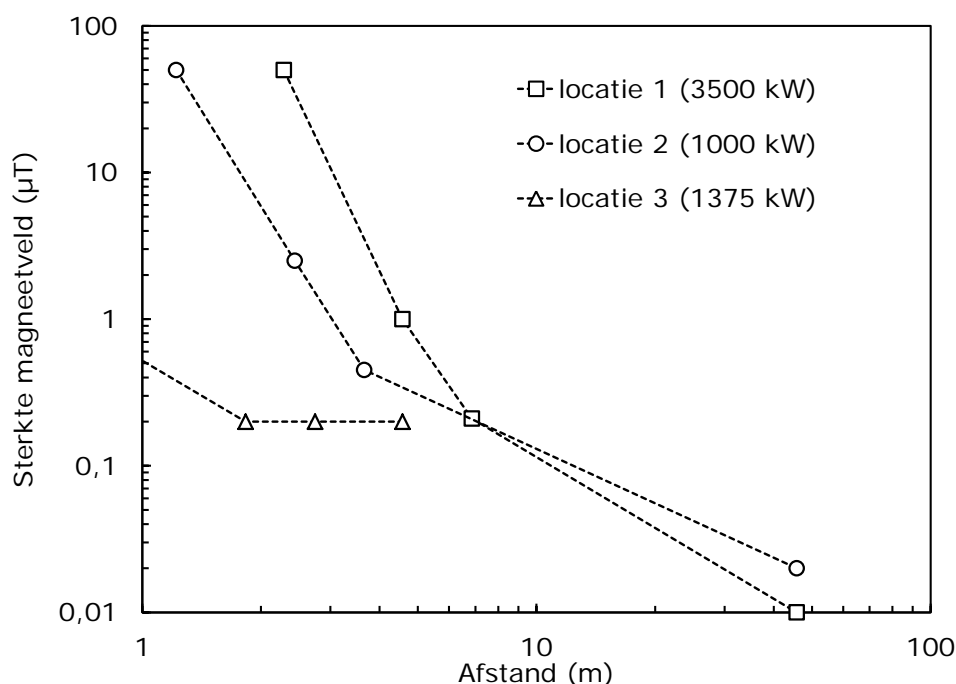
- bij onderdelen van de installatie waar gelijkstroom van de zonnepanelen wordt omgezet in wisselstroom (de omvormer, ook wel inverter genoemd) die aan het elektriciteitsnet wordt geleverd
- waar wisselstroomkabels worden gecombineerd tot kabels waar meer stroom door loopt (verdeel- of schakelkast; netaansluiting).

Het type zonnepaneel is waarschijnlijk niet relevant voor de sterkte van de magneetvelden.

Tabel 4 bevat een samenvatting van de meetwaarden die in de literatuur zijn gevonden. Deze gegevens op diverse afstanden tot omvormers en transformatoren laten zien dat onder maximale omstandigheden (zonnige zomerdag) de sterkte van het magneetveld op een afstand van 5 à 6 m lager is dan 0,4 µT (zie Figuur 4).

Tabel 4. Overzicht meetwaarden in de literatuur: sterkte van het magnetveld van zonneparken

Auteur publicatie (land)	capaciteit installatie (MWp)	meetlocatie, installatie-onderdeel	afstand (m)	sterkte magnetveld (μT)
Tell, 2015 (VS)	5	voor omvormer	0,025	29 - 110
			1	< 10
		voor transformator	0,025	15 - 180
			1	< 10
	2 (dak)	voor omvormer	0,025	100
		voor transformator	1	< 10
Tech Environmental, 2012 (VS)	1-3,5	langs het hek	0	0,02 - 0,04
			15 tot 30	< 0,02
		nabij omvormers en trafohuisjes	$\approx 0,6$	15 - 50
			≈ 45	< 0,05



Figuur 4. Gemeten sterkten van het magnetveld op diverse afstanden van de voorkant van omvormers in Massachusetts, VS (Bron: Tech Environmental, 2012)

Omdat het aantal metingen in de literatuur beperkt is, en er in Nederland momenteel veel nieuwe zonneparken worden gebouwd, hebben we zelf ook drie zonneparken bezocht om metingen te doen.

3.7 Overige bronnen

Ook over andere ELF bronnen worden wel eens vragen gesteld aan de GGD. In deze paragraaf beschrijven we wat hierover bekend is en waarom we die wel of niet hebben beschreven of gemeten.

Inductiekookplaten

Inductiekookplaten worden steeds meer in huishoudens gebruikt. Zij maken gebruik van elektromagnetische velden met frequenties tussen 20 kilohertz (kHz) en 100 kHz voor het induceren van elektrische stromen in de bodem van daarvoor geschikte pannen. Deze elektrische stromen warmen ten slotte de pan met inhoud op. De metingen in de literatuur betreffen dan ook vooral de sterkte van de velden met een frequentie van 20 kHz tot 100 kHz. Deze velden kunnen niet worden gemeten met de apparatuur die in het voorliggende rapport is gebruikt. Inductiekookplaten veroorzaken daarnaast echter ook extreem-laagfrequente magneetvelden van 50 Hz (Bundesamt für Strahlenschutz, 2011; Leitgeb, 2007; BAG, 2016). Hierover is in de literatuur niet veel te vinden, er is in elk geval niet uit af te leiden hoe sterk het magneetveld met een frequentie van 50 Hz kan zijn op welke afstand. Daarom hebben we zelf een meting van het magneetveld van 50 Hz gedaan voor een eerste indruk.

Leds

Een van de bronnen waarvan mensen zich afvragen of deze een magneetveld veroorzaken, zijn de lampen en andere apparaten waarin Light Emitting Diodes (leds) zijn verwerkt. Onder andere vanwege het lagere energiegebruik worden deze leds steeds meer toegepast. SCHEER, een van de wetenschappelijke comités die de Europese Commissie adviseert, heeft in 2017 een voorlopige opinie uitgebracht. Daarin wordt vooral aandacht besteed aan mogelijke effecten van optische straling van leds; er wordt geen melding gemaakt van ELF-magneetvelden. We hebben daarom geen metingen gedaan aan leds.

Dimmers

Gedurende de looptijd van het project kreeg het Kennisplatform EMV vragen over het magneetveld bij dimmers van lampen. Omdat informatie daarover nauwelijks te vinden was, hebben we zelf enkele metingen gedaan.

Opladers

Over opladers is weinig in de literatuur te vinden. Daarom hebben we enkele metingen gedaan om te bepalen op welke afstand het magneetveld bij laders van enkele apparaten (waaronder laptops) de 0,4 μ T bereikt. Het gaat dan om het 'blok' dat zich meestal halverwege het snoer tussen stopcontact en apparaat bevindt.

4 Metingen

Zoals in Hoofdstuk 3 vermeld, is besloten om verkennende metingen uit te voeren bij het opladen van een elektrische auto, het opladen van een elektrische fiets en tijdens het fietsen, bij zonnepanelen op woningen en bijbehorende omvormers, bij zonneparken, en een aantal huishoudelijke apparaten. De metingen hebben plaatsgevonden in de periode van mei 2017 – april 2018.

Bij het uitvoeren van de metingen zijn de volgende algemene keuzen gehanteerd:

- Net als in het vorige project (Dusseldorp et al., 2009) is elke keer gemeten tot de afstand waarop de 0,2 μT werd bereikt.
- Per bron is eerst gezocht naar de kant met het sterkste veld, en van daaruit is de meetlijn gemaakt.

De metingen zijn verricht met EMDEX LITE Magnetic Field Meters van leverancier Enertech Consultants. Het meetinstrument meet de sterkte van het magneetveld tussen 40 en 1000 Hz. Omdat het meetinstrument met drie loodrecht op elkaar staande spoelen is uitgerust, is de gemeten veldsterkte onafhankelijk van de oriëntatie van het meetinstrument in de ruimte. Het bereik is 0 tot 70 μT . Bij 50 Hz en een temperatuur van 27 °C bedraagt de meetnauwkeurigheid ongeveer 8 %. De meters zijn in 2011 voor het laatst gekalibreerd. Daarom zijn aan het begin van het project de meters aan een ringtest onderworpen. De meters met afwijkende waarden (2 van 13) zijn uit de voorraad gehaald.

4.1 Elektrische auto, opladen

Het opladen van auto's gebeurt meestal via een laadpaal. Deze paal levert een wisselstroom (en veroorzaakt dus een magneetveld) die in de auto door een omvormer wordt omgezet in gelijkstroom. Het laadvermogen van deze palen verschilt. Bij snelladen werkt het anders; er wordt gelijkstroom direct aan de accu geleverd. De omvormer bevindt zich dan in of nabij de laadpaal. Bij normale laadpalen wordt een eigen stekker gebruikt, bij snelladers zit deze aan de laadpaal⁹.

Er zijn 7 metingen uitgevoerd bij het opladen van elektrische auto's via een normale laadpaal, bij 3 verschillende typen laadpalen (zie Tabel 5). Bij verkennende metingen is gebleken dat bij normale laders de hoogste veldsterkte wordt aangetroffen bij de laadpaal. Bij de metingen is elke keer de hoogste veldsterkte bij de laadpaal opgezocht en vanuit daar 1 minuut gemeten met toenemende afstand tot de laadpaal, op de hoogte van de laadpaal. Bij de auto's is ook het veld bij de stekker bij de auto bepaald. Dit bedroeg gemiddeld 20 μT (variërend van 8-60 μT). Een meetlijn kon meestal niet goed worden gemaakt, omdat andere geparkeerde auto's in de lijn stonden. Er is ook bij een snellader gemeten (laadvermogen 50 kW). Het maximale veld nabij deze laadpaal

⁹ Bronnen met gegevens over het opladen van elektrische voertuigen: <https://ev-database.nl/informatie/opladen-elektrische-auto>, <https://www.egear.be/laadsystemen-elektrische-auto/>

was ongeveer 12 μT , De afstand waarop 0,4 μT wordt bereikt, wordt geschat op 20-30 cm. Nabij de auto was de waarde ongeveer 4 μT .



Figuur 5. Meting bij een normale laadpaal (links) en een snellader rechts

Tabel 5. Overzicht metingen opladen elektrische auto, 'normale' oplaadpalen (alle met een laadvermogen van 11kW).

	laadpaal	veldsterkte direct bij de laadpaal (μT)	afstand waarop 0,4 μT wordt bereikt (cm)
Auto 1	Evbox	45-56	20
Auto 2	Evbox	20	40
Auto 3	Evbox	34	35
Auto 4	Evbox	53-61	30
Auto 5	The New Motion	23	44
Auto 6	The New Motion	9	27
Auto 7	Ecotap duozuil	13	22

4.2 Elektrische fiets

4.2.1 Fietsen

Om het veld tijdens het elektrisch fietsen te bepalen, is een parcours uitgezocht op een bosweg, waar grotendeels geen ELF-veld aangetroffen werd. Op één plek loopt een ondergrondse kabel onder de weg, waar een piek wordt gemeten van ongeveer 0,4-0,8 μT . De fietsers hebben dit parcours van 400 m heen en weer afgelegd op 3 verschillende snelheden, met de EMDEX-meter achterop (de plek waar blootstelling zou kunnen plaatsvinden van een kind achterop de fiets, zie Figuur 6). De meter is later uitgelezen (zie Figuur 7) en de data gebruikt om een gemiddelde sterkte van het magneetveld te berekenen per testrit. Het

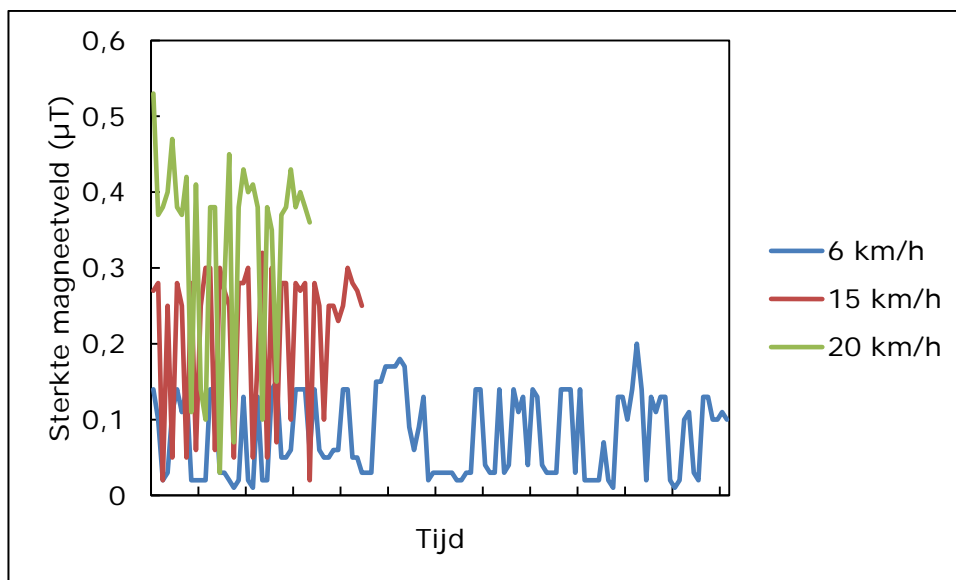
gemiddelde was hoger bij hogere snelheden en was maximaal $0,5 \mu\text{T}$ (zie Tabel 6). Het parcours is ook op de dezelfde manier afgelegd met twee gewone fietsen. Daarbij kwam de sterkte van het veld gemiddeld per rit niet boven de $0,06 \mu\text{T}$ (meetresultaten niet opgenomen in de tabel).



Figuur 6. ELF meter achterop de fiets

Tabel 6. Gemiddelde en maximum sterkte van het magneetveld tijdens de rit op een elektrische fiets (afgelegde afstand per rit 800 m).

	snellheid/stand	gemiddeld (μT)	maximum (μT)
fiets 1	***	0,17	0,36
	****	0,17	0,53
	*****	0,20	0,96
fiets 2	6 km/h	0,08	0,20
	15 km/h	0,21	0,32
	20 km/h	0,33	0,53
fiets 3	10 km/h	0,05	0,14
	15 km/h	0,06	0,15
	20 km/h	0,13	0,27
	maximale trapondersteuning	0,28	0,58
fiets 4	5 (geen ondersteuning)	0,03	0,13
	10 km/h TURBO	0,22	0,57
	10 km/h ECO	0,23	0,48
	15 km/h ECO	0,43	0,76
	20 km/h ECO	0,47	0,52
	25 km/h	0,50	0,99
fiets 5	10 km/h	0,08	0,28
	15 km/h	0,13	0,28
	20 km/h	0,21	0,43
	25 km/h	0,14	0,28



Figuur 7. Voorbeeld van het ELF magneetveld achterop de fiets als functie van de tijd, bij drie verschillende snelheden (fiets 1). In Bijlage B staan alle grafieken.

4.2.2

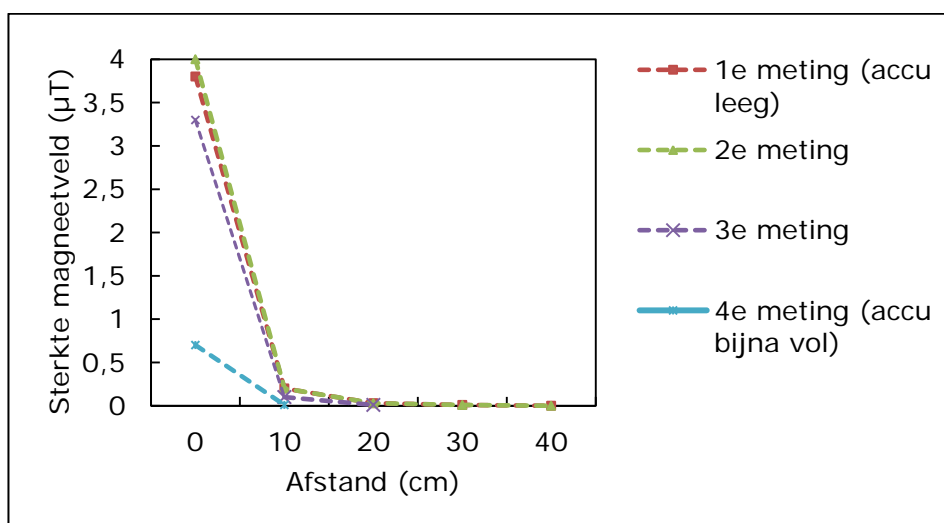
Opladen accu

Voor het opladen van de accu van de elektrische fiets zijn tijdens het opladen op verschillende momenten (van lege naar volle accu) meetlijnen gemaakt vanaf de lader (zie Figuur 8 en 9). Bijna bij alle laders werd een sterkte van het magneetveld van 0,4 μT bereikt op een

afstand binnen 10 cm afstand. Bij één lader tussen de 10 en 20 cm (zie Tabel 7). In Bijlage B zijn enkele details van deze metingen te vinden.



Figuur 8. Meetlijn bij opladen van een fietsaccu.



Figuur 9. Voorbeeld van de meetlijnen bij het opladen van de accu van een fiets (fiets 1) op verschillende momenten tijdens het opladen en op verschillende afstanden van de lader.

Tabel 7. Sterkte van het ELF magneetveld (in μT) op verschillende afstanden van het transformatorblok, bij het begin van de oplaadcyclus van de accu van een fiets

lader afstand (cm)	1	2	3	4	5
0	3,8	7,5	34,3	9,5	25,6
10	0,2	0,2	0,4	0,5	0,2
20	0,04	0,03	0,1	0,1	0,08

4.3 Zonnepanelen op woningen

Bij zonnepanelen op woningen zijn niet de zonnepanelen zelf, maar de omvormers (zie Figuur 10) een bron van ELF-magneetvelden. Per omvormer is op korte afstand (direct tegen de wand van de omvormer) de plek bepaald met de hoogste veldsterkte en van daaruit is de

meetlijn uitgezet. Er is gemeten op de hoogte van de omvormer. Tabel 8 geeft een overzicht van de gemeten waarden op diverse afstanden. Bij omvormer 1 is ook aan de achterkant van de omvormer (inclusief aan de achterkant van de muur waarop deze was gemonteerd) gemeten. Daar zijn ongeveer dezelfde veldsterkten gemeten. Hieruit blijkt dat de muur de magneetvelden niet afschermt of verzwakt.



Figuur 10. Omvormer in een woning

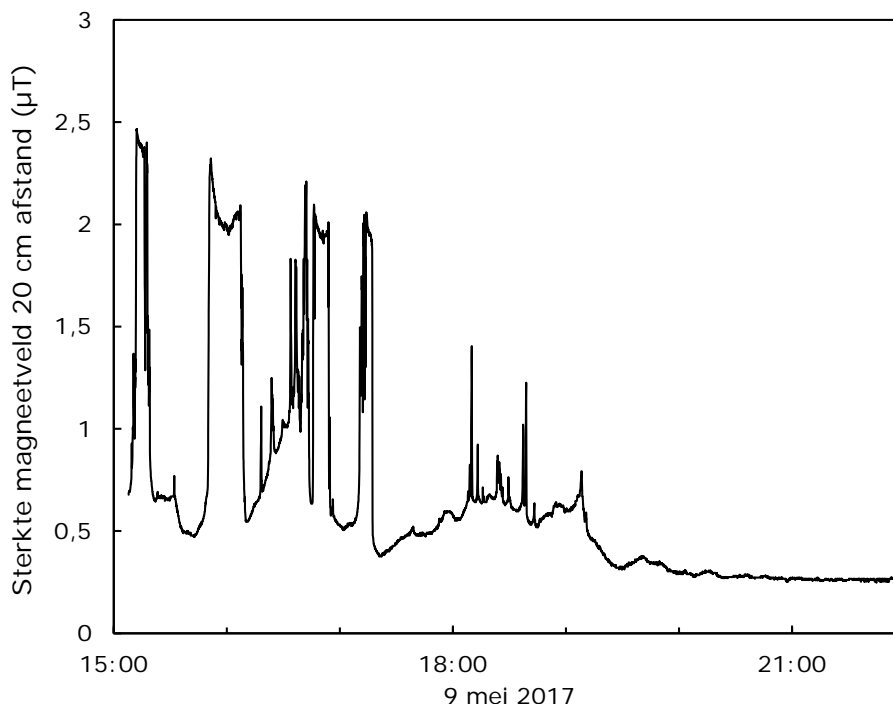
Tabel 8. Sterkte van het ELF magneetveld (in μT) op verschillende afstanden van de omvormer

Omvormer	1	2	3	4	5
aantal panelen	4	14	16	19	6
maximaal vermogen (kWp ⁸)	0,55	2,38	3,7	4,2	1,5
vermogen tijdens de meting (kW)	Niet bekend	2	2,5	0,5	0,5
afstand (cm)					
0	21	23,5	66,7	47,4	32,8
10	1,6	1,9	5,2	5,9	3,5
20	0,4	0,4	1,3	2,3	0,7
30	0,15	0,16	0,7	0,9	0,5
40	0,07	0,1	0,2	0,4	0,4

Uiteraard fluctueert het geleverde vermogen (en daarmee de sterkte van het magneetveld) over de dag, met de sterkte van de zon, en afhankelijk van eventuele veranderende bewolking. Figuur 11 geeft weer hoe het magneetveld verliep bij omvormer 1, van 's middags tot laat in de avond, op 20 cm afstand van de omvormer.

Uit de metingen blijkt dat dicht bij de omvormer de sterkte van het magneetveld tientallen microtesla kan bedragen. Dat is iets lager dan de waarden uit de literatuur (tot 100 μT , zie paragraaf 3.4), maar dat zijn vooral metingen uit zonnige landen, waarbij bovendien meer vermogen per woning was opgesteld. De afstand waarop het veld zwakker wordt dan 0,4 μT bedroeg in onze metingen maximaal ongeveer 40 cm (zie tabel 9).

Metingen 1-3 zijn gedaan onder omstandigheden die als redelijk maximaal kunnen worden beschouwd (zomer, zonnig, midden op de dag). Bij bewolking en in de wintermaanden zal de opbrengst van zonnepanelen lager zijn en in de nachten is de opbrengst nihil. Dat betekent dat de gepresenteerde meetgegevens hoger zijn dan de jaargemiddelde sterkte van het magneetveld en dat de afstand waarop het jaargemiddelde magneetveld zwakker wordt dan $0,4 \mu\text{T}$, kleiner is. Dat is iets minder sterk het geval voor meting 4 en 5 uit Tabel 9, waarbij door het seizoen of bewolking maar een deel van het vermogen werd benut. Bij extrapolatie van de afstandsgrafieken naar een situatie van maximaal vermogen, wordt de $0,4 \mu\text{T}$ bereikt op ongeveer een meter afstand. Dit zou op een zonnige zomerdag tijdelijk het geval kunnen zijn. Let wel, de afstand waarop de $0,4 \mu\text{T}$ als jaargemiddelde wordt bereikt, is (veel) kleiner, zie paragraaf 1.1),



Figuur 11. Het verloop van de sterkte van het magneetveld in de tijd op 20 cm afstand van een omvormer (omvormer 1)

4.4 Zonneparken

Een zonnepark of zonneweide bestaat meestal uit een aantal rijen (zogenaamde 'strings') met zonnepanelen die op een omvormer zijn aangesloten (zie Figuur 12). Elke omvormer heeft (meestal drie) kabels met wisselstroom. De wisselstroomkabels van de diverse omvormers lopen ondergronds naar één of meer verzamelpunten. Uiteindelijk wordt de samengevoegde stroom via een transformatorhuisje van de lokale netbeheerder op het elektriciteitsnetwerk aangesloten. In het transformatorhuisje wordt de laagspanning van de omvormers omgezet naar middenspanning (bijvoorbeeld 10 kV). Bij grote parken kan het nodig zijn om meer dan één transformatorhuisje op het terrein van het park te plaatsen, alvorens de middenspanning via een schakelstation (zonder transformatoren) op het elektriciteitsnetwerk aan te sluiten.



Figuur 12. Twee omvormers in een zonnepark

Er zijn ook zonneparken die gebruik maken van micro-omvormers. Dit zijn omvormers die de gelijkstroom van enkele panelen ter plaatse van die panelen in wisselstroom omzetten (zie Figuur 13). Daarna worden de wisselstroomkabels van deze micro-omvormers per rij panelen in een mini-schakelkast gecombineerd. De wisselstroomkabels van alle mini-schakelkasten van het gehele park worden uiteindelijk in een schakelkast gecombineerd en op het elektriciteitsnet aangesloten.

De volgende criteria zijn gehanteerd bij de keuze van te meten parken:

1. De voorkeur gaat uit naar parken met de omvormers, schakelkasten of aansluitpunten op het elektriciteitsnet aan de terreingrens.
2. Omvormers van verschillende fabrikanten.
3. In ieder geval één zonnepark met micro-omvormers.
4. Praktische overwegingen zoals 'in de buurt van Bilthoven' en 'met openbaar vervoer bereikbaar'.



Figuur 13. Een zonnepark met micro-omvormers

De vraag of kinderen langdurig kunnen verblijven nabij de omvormers, schakelkasten of aansluitpunten op het elektriciteitsnet, heeft geen rol gespeeld. Er is dus niet expliciet gezocht naar een park dat voor publiek toegankelijk is. De reden daarvoor is dat het onwaarschijnlijk is dat

kinderen langdurig verblijven bij die delen van het park waar de omvormers, schakelkasten of aansluitpunten op het elektriciteitsnet zich bevinden. De metingen zijn dus allemaal gedaan op terreinen die niet publiekelijk toegankelijk zijn).

Er zijn metingen van de sterkten van het magneetveld als functie van de afstand uitgevoerd bij drie parken, altijd op één meter hoogte boven maaiveld (zie Tabel 9). Op het terrein van park 1 is op 15 juni 2017 gemeten bij één van de negen omvormers en bij een schakelkast. Op het terrein van park 2 is op 16 augustus 2017 gemeten bij één van de 82 omvormers, bij één van de drie transformatorhuisjes waarop 35 omvormers zijn aangesloten en een ondergrondse 10 kV kabel buiten het terrein, onder de toegangsweg. Bij park 3 is op 25 augustus 2017 gemeten bij één micro-omvormer, één schakelkastje (waarop 34 micro-omvormers zijn aangesloten) en de centrale schakelkast van het hele park. Elke keer is gezocht naar de kant van de omvormer of de schakelkast waar het veld het hoogste was, en is daar de meetlijn gemaakt. De meetresultaten zijn in meer detail weergegeven in onderdeel D van Bijlage B.

Uit deze metingen blijkt dat dicht bij de omvormer, schakelkast of transformator de sterkte van het magneetveld tot 100 μT kan bedragen. De afstand tot de omvormer waarop de sterkte van het magneetveld zwakker wordt dan 0,4 μT bedraagt maximaal ongeveer 1 m. Bij schakelkasten en transformatorhuisjes kan deze afstand groter zijn, overeenkomend met de gegevens die in de literatuur zijn gevonden (5 à 6 m).

Deze metingen zijn gedaan onder omstandigheden die als redelijk maximaal kunnen worden beschouwd. Bij bewolking en in de wintermaanden zal de opbrengst van het park lager zijn en in de nachten is de opbrengst nihil. Dat betekent dat de gepresenteerde meetgegevens hoger zijn dan de jaargemiddelde sterkte van het magneetveld en dat de afstand waarop het jaargemiddelde magneetveld zwakker wordt dan 0,4 μT , kleiner is.

Boven de beide ondergrondse (middenspannings)kabels is op 1 m hoogte boven maaiveld maximaal 0,8 μT gemeten. De strook grond boven de ondergrondse kabel waar het magneetveld tijdens de metingen sterker was dan 0,4 μT , was maximaal 3 m breed (1,5 m links en 1,5 m rechts van de kabel). Ook voor deze metingen geldt dat het jaargemiddelde magneetveld zwakker en de bijbehorende strook grond smaller zullen zijn.

Tabel 9. Overzicht metingen zonneparken

	vermogen (MWp)	aantal panelen	maximaal gemeten sterkte van het magneetveld dicht bij de omvormer (μ T)	afstand tot de omvormer waarop het gemeten magneet veld zwakker dan 0,4 μ T wordt (m)
park 1	0,26	1000	90	0,8
			50	0,9
park 2	5,6	22000	50	1,0
park 3	0,40	1400	0,25	n.v.t.

	vermogen (MWp)	aantal panelen	maximaal gemeten sterkte van het magneetveld dicht bij schakelkast of transformator- huisje (μ T)	afstand tot de schakelkast waarop het gemeten magneetveld zwakker dan 0,4 μ T wordt (m)
park 1	0,26	1000	30	1,3
park 2	5,6	22000	60 (transformator)	6
park 3	0,40	1400	25	0,3
			48	3,5

4.5 Overige huishoudelijke apparaten

Zoals vermeld in Hoofdstuk 3, hebben we ook metingen verricht bij dimmers en laders van een laptop. We rapporteren ze in Tabel 11, samen met de resultaten van metingen bij huishoudelijke apparaten in 2009. Veel apparaten (zoals de laptop, kookplaat) veroorzaken magneetvelden bij diverse frequenties, met de EMDEX meten we alleen het laagfrequente deel (zie Hoofdstuk 2). De gedetailleerde resultaten van de nieuwe metingen staan in Bijlage B.

Tabel 10. Magneetveld van diverse huishoudelijke apparatuur, met de afstand waarop 0,4 μT werd bereikt (gemiddelde over de apparaten). De metingen uit 2009 zijn gerapporteerd door Dusseldorp et al, 2009.

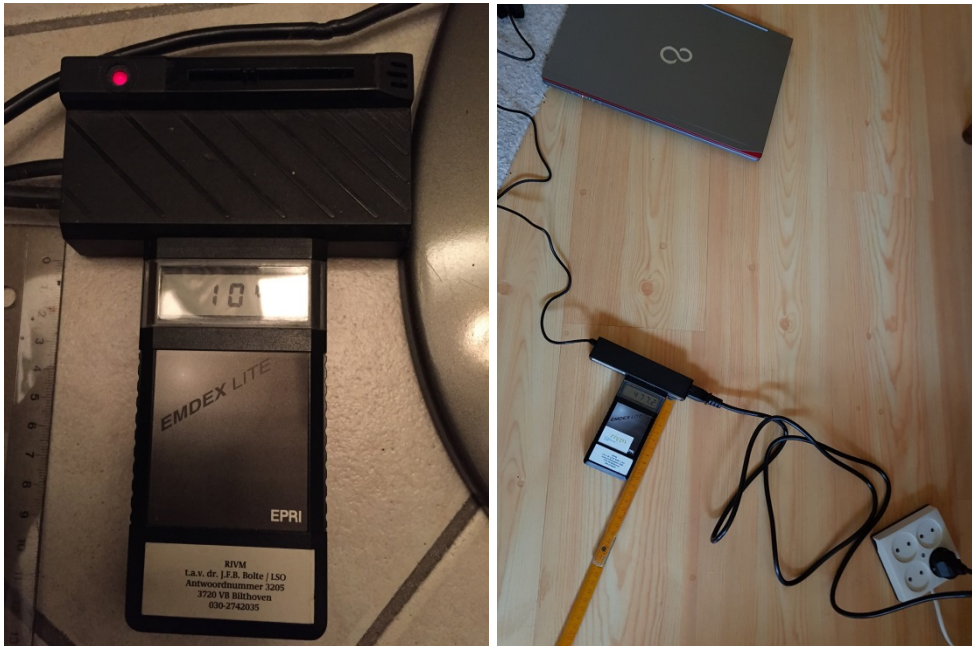
Apparaat	Aantal	Jaar	Veld bij apparaat (μT)	Afstand <0,4 μT (cm)
babyfoon	1	2009	< 0,4	nvt
dimmer lamp (lamp max)	3	2018	12-43	10-20
föhn (hoogste stand)	2	2009	10-36	24
föhn (laagste stand)	1	2009	5	20
inductiekookplaat	1	2018	2,5	< 40
keramische kookplaat	2	2018	3-62	< 30
koelkast*	4	2009	< 0,4-1	nvt
laptop, scherm	1	2009	1	3
opladers van:				
• elektrische tandenborstel**	2	2018	< 1	2
• laptop***	3	2018	62	10
• scheerapparaat	1	2018	2,5	3
• smartphone	1	2018	0,1	nvt
• draadloze schroef-boormachine	1	2018	57	45
oven	1	2009	3,3	61
stofzuiger (grond)	3	2009	> 70	70
stofzuiger (1 m hoogte)	1	2009	< 0,4	nvt
televisie, beeldbuis****	5	2009	1-9	32
televisie, lcd	2	2009	< 0,4	nvt
waterkoker	3	2009	7-11	18
wekkerradio, hoge kant	3	2009	34-60	24
wekkerradio, lage kant	2	2009	2-10	17

* Bij de koelkasten is niet aan de achterkant gemeten, daar is het veld mogelijk hoger.

** Bij het handvat van de elektrische tandenborstel is het veld 5-12 μT , de 0,4 μT wordt bereikt bij ca. 5 tot 6 cm

*** Het veld is het hoogst als tijdens het laden de laptop aan staat. De meetlijnen zijn daarom gemaakt met de laptop aan. Bij een laptop komen ook frequenties voor buiten het meetbereik van de EMDEX.

**** Bij drie televisies is het magneetveld gemeten in de standby-stand; dit varieerde van ongeveer 0,25 tot 0,5 μT



Figuur 14. Meetlijn bij een dimmer en een lader van een laptop

5 Conclusies

Vanwege ongerustheid over magneetvelden, krijgen GGD'en vragen over het magneetveld van diverse bronnen. Om hierop beter antwoord te kunnen geven heeft de GGD gevraagd aan te geven op welke afstand een waarde van $0,4 \mu\text{T}$ kan worden bereikt. Het RIVM heeft daartoe een aantal verkennende metingen uitgevoerd en op een rij gezet in dit rapport. Sinds 2009 kunnen GGD'en bij het RIVM ook ELF meters lenen om in bepaalde situaties zelf indicatief te meten hoe sterk het ELF magneetveld is.

Afstand tot apparaten die een ELF magneetveld veroorzaken

Uit de verkennende metingen bij diverse apparaten is een ordegrrote verkregen van de afstand vanaf het apparaat waarop het ELF magneetveld daalt tot onder de $0,4 \mu\text{T}$. De apparaten waren hierbij maximaal in bedrijf (tussen haakjes het aantal verrichte metingen):

• Inductiekookplaat (1) ¹⁰	< 40	cm
• Keramische kookplaat (1)	< 30	cm
• Lader elektrische fiets (5)	5 - 15	cm
• Laadpaal auto (7)	20 - 40	cm
• Snellader auto (1)	20 - 30	
• Omvormer zonnepaneel woning (5)	0,2 - 1	m ¹¹
• Omvormer zonnepaneel park (3)	0,8 - 1	m
• Schakelkast/transformator zonnepark (3)	0,3 - 6	m
• Dimmer van een lamp (4)	1 - 40	cm
• Oplader van een laptop (3)	10	cm
• Oplader elektrische tandenborstel (2)	enkele	cm
• Oplader scheerapparaat (1)	enkele	cm
• Oplader draadloze schroef-boormachine	45	cm

Gemiddeld ELF magneetveld tijdens fietsen, autorijden, OV

Bij het gebruikmaken van transportmiddelen is de afstand waarop een bepaalde waarde wordt bereikt niet van toepassing. Daarom hebben we gekeken naar de gemiddelde blootstelling tijdens het reizen, zowel in de literatuur, als een aantal eigen metingen.

Zowel in gewone (benzine, diesel) als elektrische/hybride auto's is een magneetveld aanwezig tijdens het rijden. Hierover is in de literatuur veel gepubliceerd, daarom hebben we zelf geen metingen verricht. In elektrische/hybride auto's is het wat hoger. Het sterkste magneetveld is meestal te vinden bij de voeten.

We hebben het magneetveld gemeten achterop vijf elektrische fietsen, op een parcours in het bos waar niet veel kabels onder de grond liggen. Gemiddeld bedroeg het veld tot $0,5 \mu\text{T}$ per rit, bij de hoogste snelheden. Ter vergelijking: op twee gewone fietsen was dit tot $0,06 \mu\text{T}$.

¹⁰ Alleen 50 Hz; de toegepaste EMDEX LITE meters zijn niet gevoelig voor magneetvelden met frequenties tussen 20 en 100 kHz die ook door een inductiekookplaat worden geproduceerd.

¹¹ In de metingen maximaal 40 centimeter. Extrapolatie van gegevens van twee metingen met minder optimale omstandigheden, geeft aan dat op momenten met maximaal vermogen de afstand 1 meter zou kunnen zijn.

Uit eerder onderzoek (Bolte et al., 2015) is naar voren gekomen dat het gemiddelde magneetveld in het openbaar vervoer het hoogst is in de tram/metro (bovengronds): 0,13 μ T.

6 Referenties

Baliatsas C., Bolte J.F.B., Yzermans J., Kelfkens G., Hooiveld M., Lebret E., Van Kamp I. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health*.218(3): 331-44. May 2015.

Bundesamt für Strahlenschutz, Systematische Erfassung aller Quellen nichtionisierender Strahlung, die einen relevanten Beitrag zur Exposition der Bevölkerung liefern können, BfS-RESFOR-38/11, Januar 2011.

Bolte J.F.B. en Pruppers M.J.M. Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden - Probleemanalyse niet-ioniserende straling. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 861020007, 2004.

Bolte J.F.B., Pruppers M.J.M., Kamer J., Van der Zande G., Schipper C.M.A., Fleurke S.R., Kluwer T., Van Kamp I., Kromhout J. The Dutch Exposimeter Study: Developing an Activity Exposure Matrix. *Epidemiology*. ISEE 2008 Conference (ISEE 20th Annual Conference, Pasadena, California, October 12-16, 2008) Abstracts Supplement. 19(6) Supplement: S78-S79, November 2008.

Bolte J.F.B. The Dutch personal EMF exposure study: measurements during everyday activities combined with GPS to build an Activity Exposure Matrix (EMF-AEM). *BioEM* 2009, Davos, Switzerland, 14-19 June 2009.

Bolte J.F.B., Baliatsas C., Eikelboom T., van Kamp I. Everyday exposure to power frequency magnetic fields and associations with non-specific physical symptoms. *Environ Pollut*. 196:224-9, January 2015.

Brederode N.E. GGD Richtlijn Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen. LCM, 2005.

Dusseldorp A., Pruppers M.J.M., Bolte J.F.B, Franssen A.E.M., van Kuijeren N.M. Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen. Literatuur en metingen. RIVM Rapport 609300011/2009.

Fietsplatform, 2017.

<https://www.fietsplatform.nl/fietsrecreatiemonitor/cijfers#elektrisch> (geraadpleegd op 9 november 2017).

Karabetsos E., Kalampaliki E., Tsandinis G., Koutounidis D., Skamnakis N., Kyritsi T., Yalofas A. (2010). EMF measurements in Hybrid Technology cars. Greek Atomic Energy Commission, Non-ionizing Radiation Office. Conference: 6th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, At Bodrum, Turkey, Volume: Proceedings.

Kennisplatform EMV, 2012. Kennisbericht Elektrogevoeligheid.
http://www.kennisplatform.nl/pdf/Kennisbericht_Elektrogevoeligheid_20120419.pdf.

Kennisplatform EMV, 2014. Kennisbericht Hoogspanningslijnen en Kinderleukemie 2009-004, Herziening 2014.
http://www.kennisplatform.nl/pdf/Herziening%202014_2009%20-%202004%20Kennisbericht%20-%20hoogspanningslijnen%20en%20kinderleukemie.pdf.

Kennisplatform EMV, 2016. Kennisbericht Elektromagnetische velden op het werk. <http://www.kennisplatform.nl/wp-content/uploads/2016/07/2016-001-herzien-Kennisbericht-EMV-op-het-werk.pdf>.

Gezondheidsraad, 2009. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2008. Den Haag: Gezondheidsraad, publicatienr. 2009/02.

Gezondheidsraad, 2018. Hoogspanningslijnen en gezondheid deel I: kanker bij kinderen. Den Haag: Gezondheidsraad. Publicatienr. 2018/08.

Gajšek P., Ravazzani P., Grellier J., Samaras T., Bakos J., Thuróczy G. Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13, 875.

Hareuveny R., Sudan M., Halgamuge M.N., Yaffe Y., Tzabari Y. Namir M., Kheifets L. Characterization of Extremely Low Frequency Magnetic Fields from Diesel, Gasoline and Hybrid Cars under Controlled Conditions. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015.

Karawia H., Ali M. ELF electric and magnetic fields emission due to rooftop photovoltaic system (paper 0426). CIRED, 23rd International Conference on Electricity Distribution Lyon, 15-18 June 2015.

Milham S., Hatfield J.B., Tell R. Magnetic Fields From Steel-Belted Radial Tires: Implications for Epidemiologic Studies. *Bioelectromagnetics* 20:440-445 (1999).

Paniagua J.M., Rufo M., Jiménez A., Antolín A., Barberá J. Spectral analysis to assess exposure to extremely low frequency magnetic fields in cars. *Science of the Total Environment* 584–585 (2017) 875–881.

Rijs K. en Stam R. Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers. RIVM Rapport 2015-0203.

RVO, geraadpleegd op 11 juni 2018.
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>

Safigianni A.S. and Tsimtsios A.M. Electric and Magnetic Fields Due to the Operation of Roof Mounted Photovoltaic Systems. *PIERS Proceedings, Stockholm, Sweden, Aug. 12-15 (2013)* 1908.

SCHEER. Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks. Preliminary Opinion Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs). 6 July 2017.

Stankowski S., Kessi A., Bécheiraz O., Meier-Engel K., Meier M. Low frequency magnetic fields induced by car tire magnetization. February 2006, Volume 90, Number 2.

Tech Environmental, Inc. Study of Acoustic and EMF Levels from Solar Photovoltaic Projects. Prepared for Massachusetts Clean Energy Center, Boston, USA. 2012.

Tell R.A., Sias G., Smith J., Sahl J., Kavet R. ELF Magnetic Fields in Electric and Gasoline-Powered Vehicles. *Bioelectromagnetics* 2013, 34:156-161.

Tell R.A., Hooper H.C., Sias G.G., Mezei G., Hung P., Kavet R. Electromagnetic Fields Associated with Commercial Solar Photovoltaic Electric Power Generating Facilities. *J Occup Environ Hyg.* 2015,12:795-803.

Vedholm, K. and Hamnerius, Y. Personal exposure resulting from low level low frequency electromagnetic fields in automobiles (Doctoral dissertation). In Department of Electromagnetics; Chalmers University of Technology: Gothenburg, Sweden, 1996.

VROM, 2005. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen. <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=w256>; in 2008 aangevuld met nadere uitleg (<http://www.vrom.nl/Docs/briefhoogspanningslijnen.pdf>).

Met dank aan

Dit rapport is mede tot stand gekomen dankzij:

- alle eigenaren van fietsen, auto's en zonnepanelen waarbij we metingen mochten verrichten, onder andere Ecorus, eigenaar van een van de zonneparken
- Ramon Ramlal (metingen)

Dit rapport is van commentaar voorzien door:

- Leo Lagendijk (DNV GL)
- John Bolte (RIVM/DMG)
- Henk Klapwijk (GGD Zuid Holland Zuid)

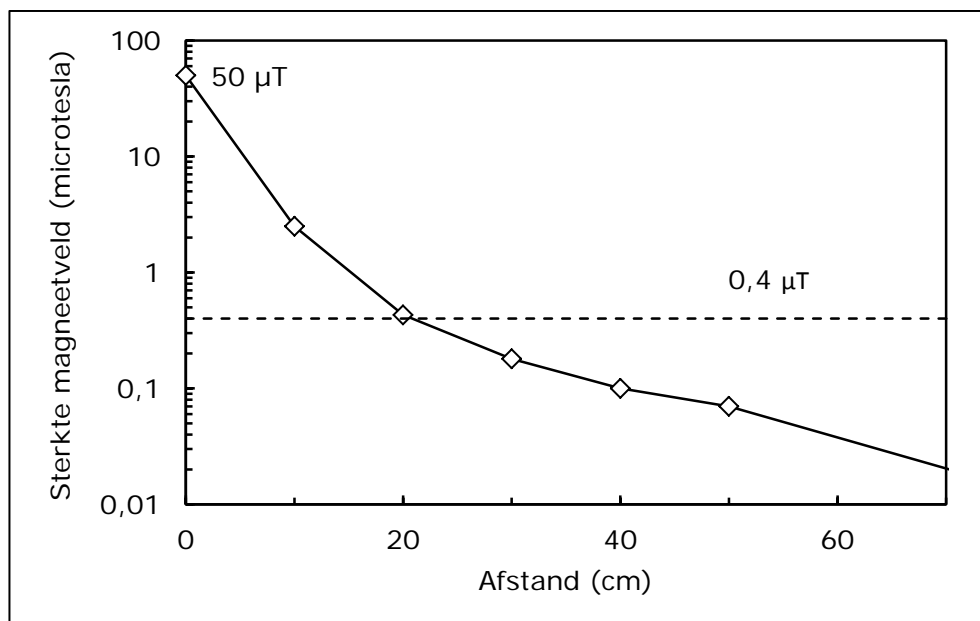
BIJLAGE A. Zoektermen

Zoektermen waarmee is gezocht naar relevante literatuur.

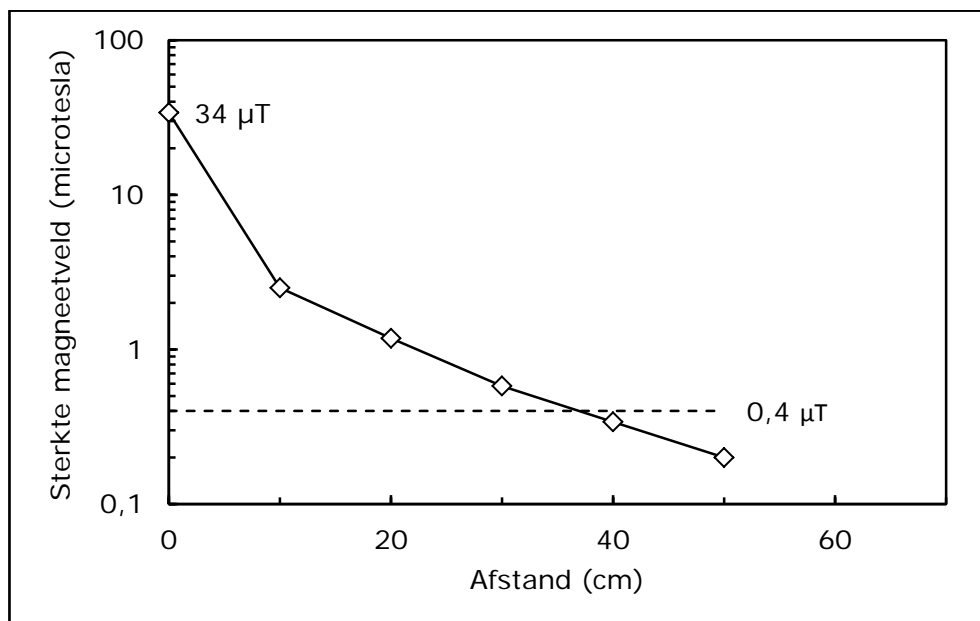
```
(( TITLE ( ( ( extremely-low-frequen* OR very-low-frequen* ) AND magnetic ) OR elf-mf OR ( elf W/3 magnetic ) OR ( *magnetic* W/3 ( exposure OR effect* OR dosimetr* ) ) ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( ( personal OR environmental OR human OR assess* OR safe* ) W/1 exposure ) OR measur* OR monitor* OR analys* ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( ( ( residen* OR building OR home* OR house* OR dwelling* OR school ) W/3 ( expos* OR measur* ) ) OR electric*-device* OR electric*-appliance* OR transformer OR inverter OR ( solar W/1 photovoltaic* ) OR ( roof W/3 photovoltaic* ) OR solar-farm* OR solar-parc* OR charging OR recharging OR electric*-bicycle OR e-bike OR electric*-bike OR e-scoot* OR e-mobile* OR dipswitch OR dip-switch* OR led-light OR light-emitting-diode OR air-condition* OR airco OR ventilat* OR powerpack* OR power-pack* OR powerwall OR power-wall ) AND PUBYEAR > 2009 )
```

BIJLAGE B. RESULTATEN IN DETAIL

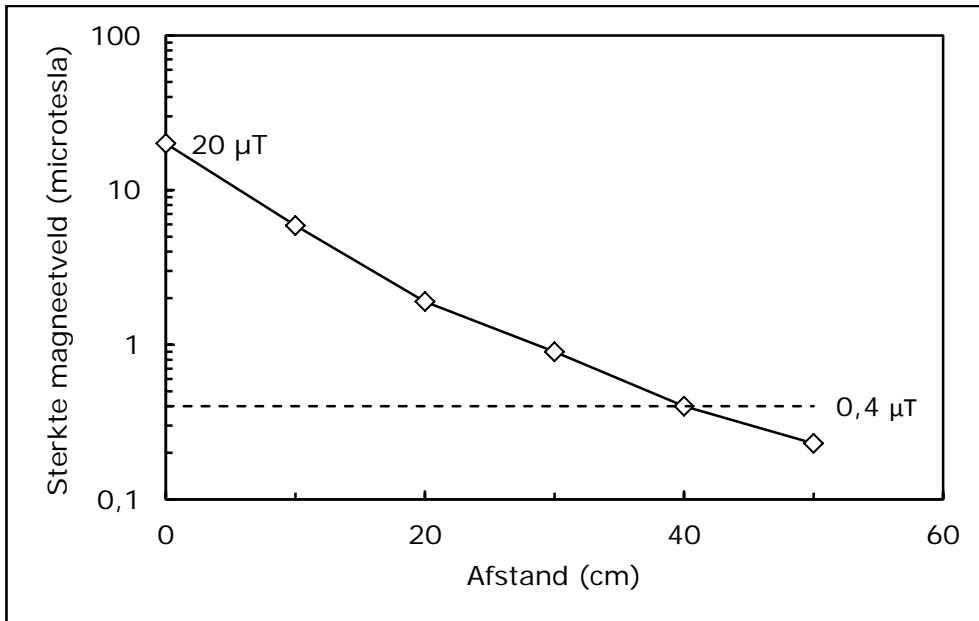
A. Opladen elektrische auto



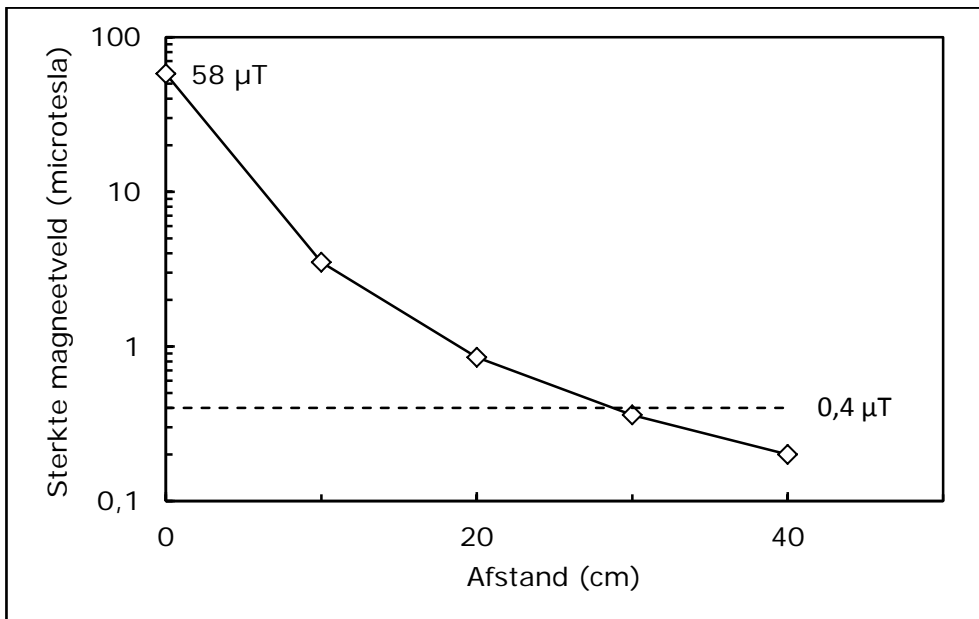
Auto 1



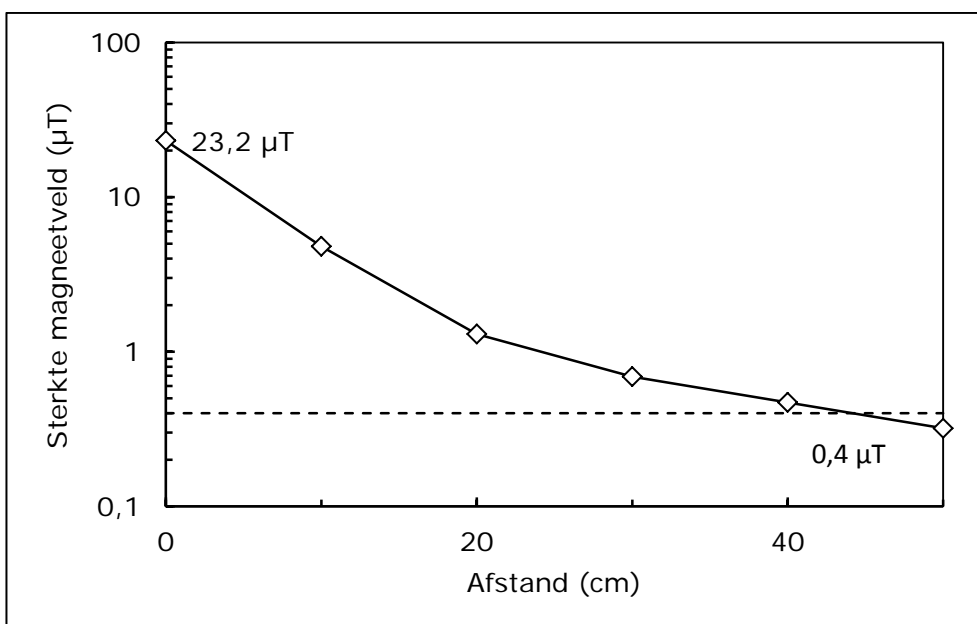
Auto 2



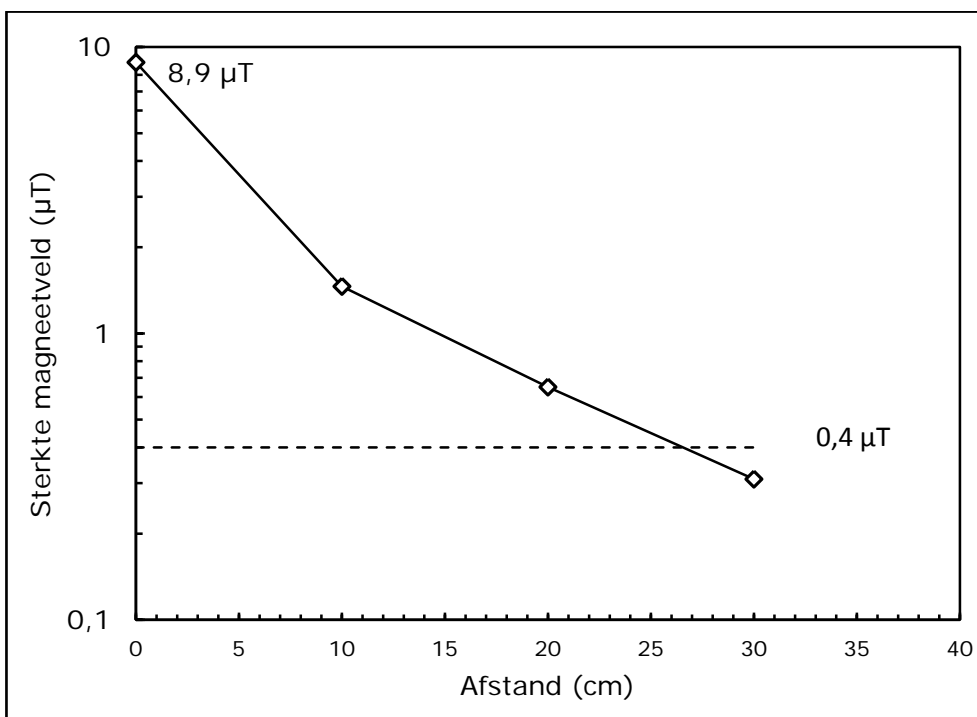
Auto 3



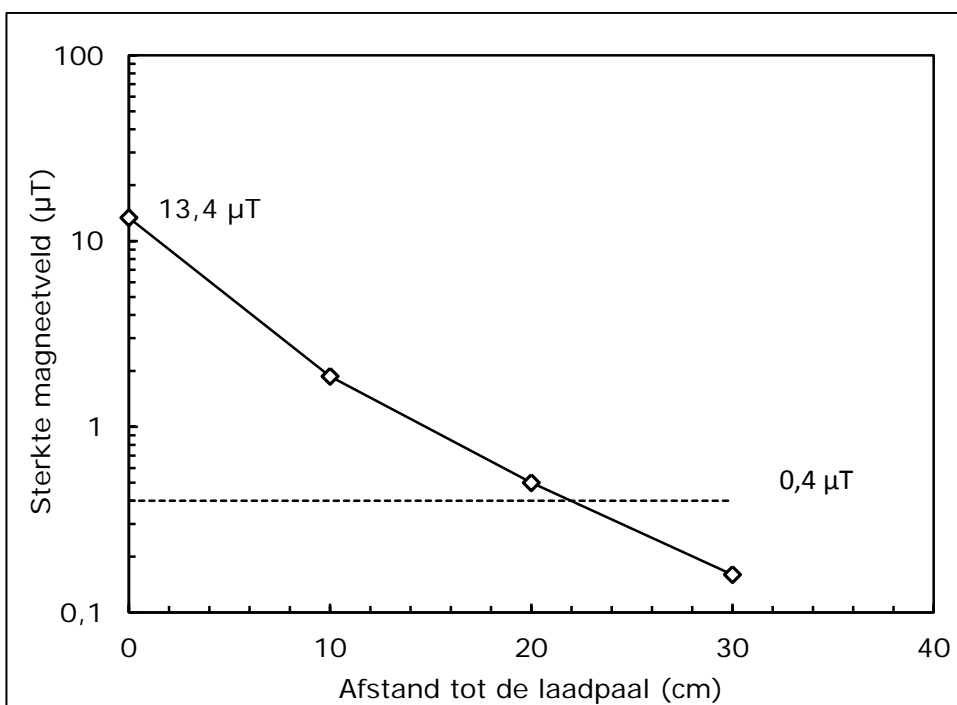
Auto 4



Auto 5

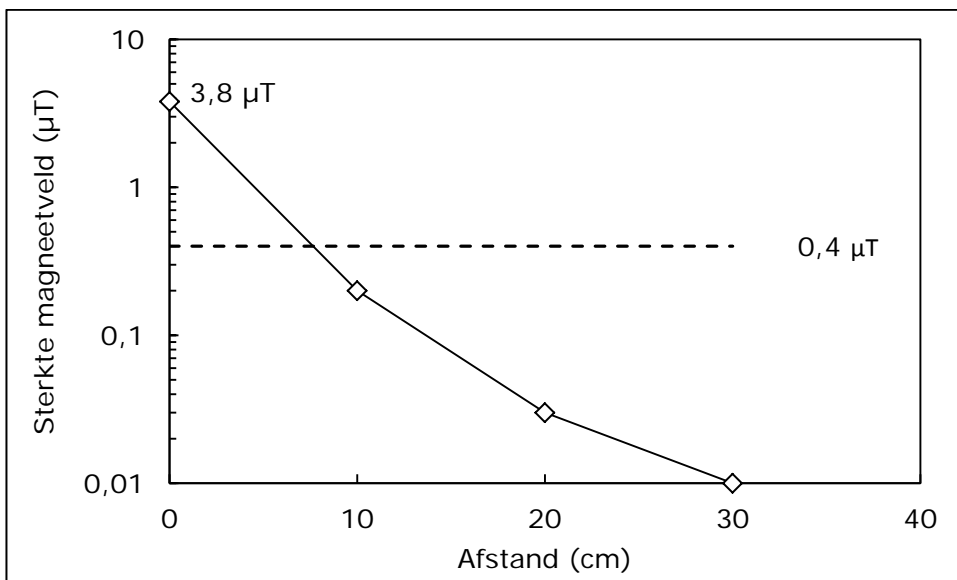


Auto 6

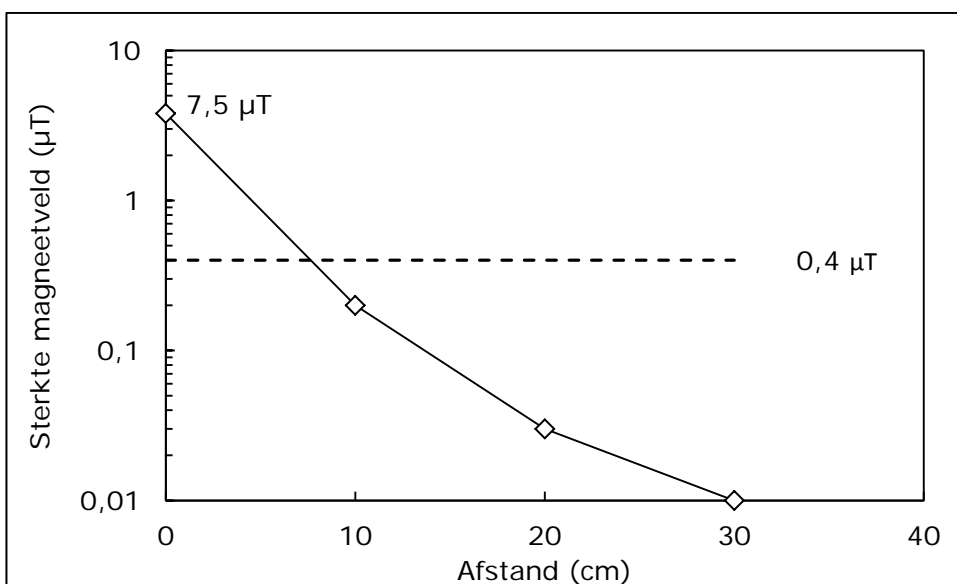


Auto 7

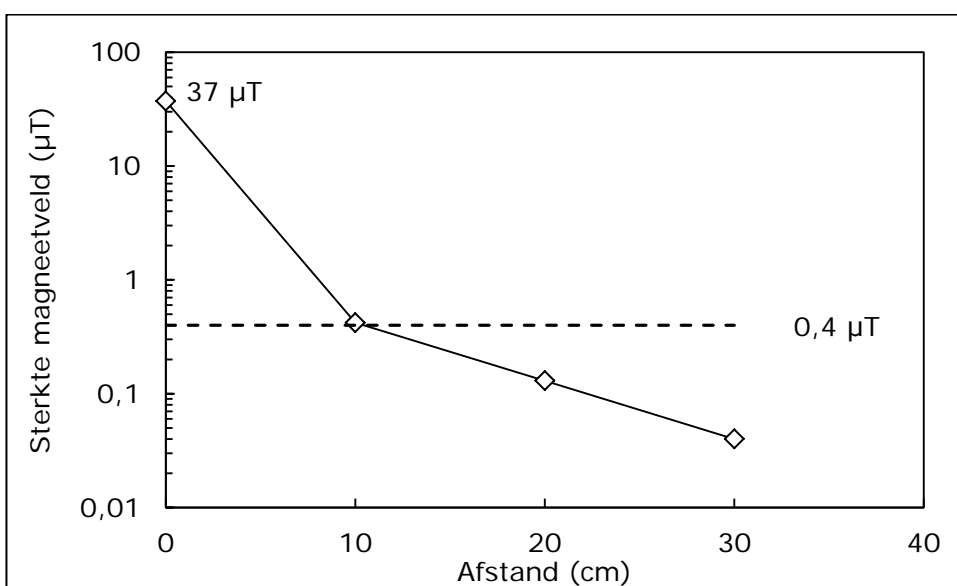
B. Opladen elektrische fiets



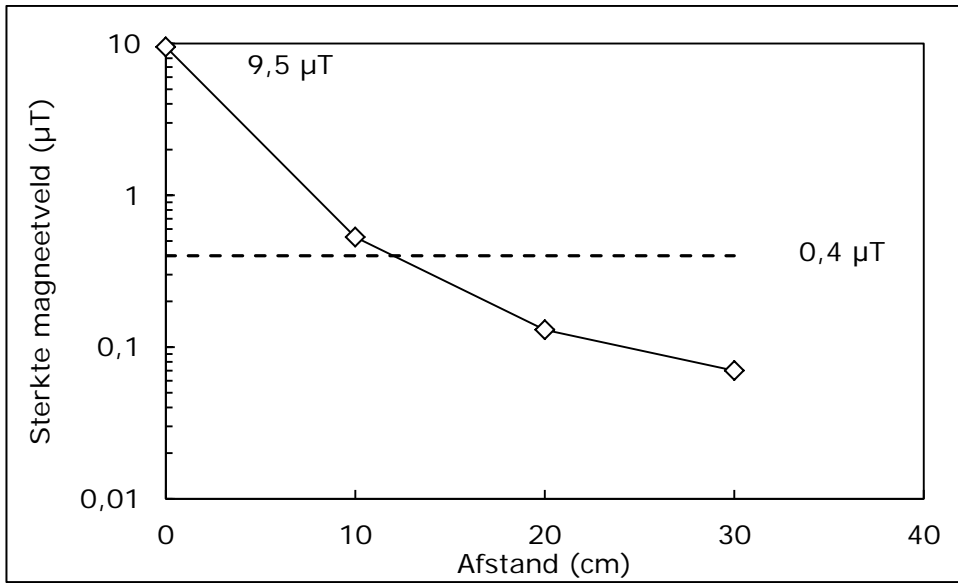
Oplader 1



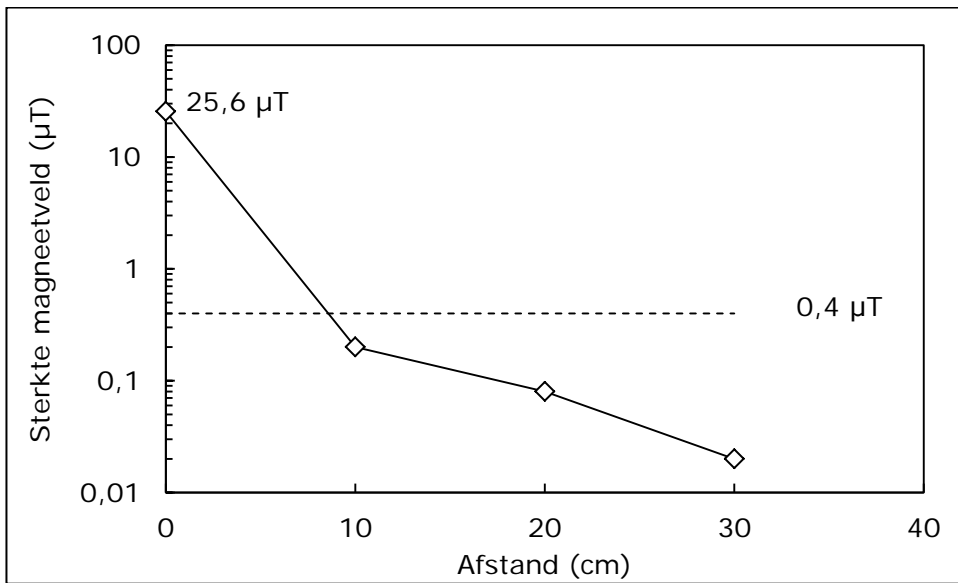
Oplader 2



Oplader 3



Oplader 4



Oplader 5

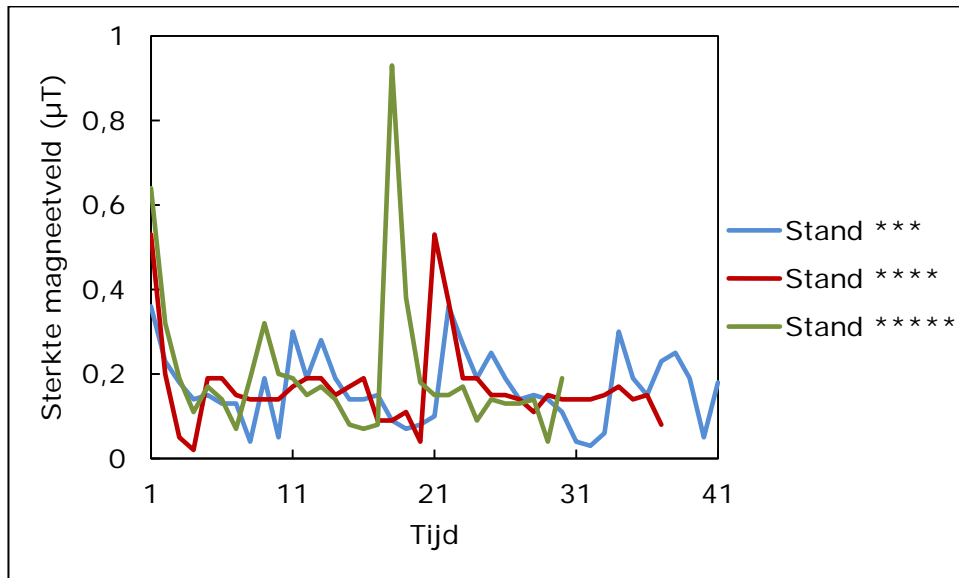
Tabel A1. Sterkte van het ELF-magneetveld op verschillende momenten en op verschillende afstanden van de oplader van een elektrische fiets

	Hoogste veldsterkte bij/op de lader zelf in μT ¹²	Afstand waarop 0,4 μT werd bereikt	Moment dat de hoogste waarde werd bereikt
Lader 1 Li ion (mn) batterij 24 V/10 Ah	4	8 cm	Hoogst aan het begin
Lader 2 Gazelle, geen gegevens.	8	7 cm	Hoogst aan het begin
Lader 3 Bosch powerpack 400	37	10 cm	Gehele cyclus hetzelfde
Lader 4 Yamaha 497Wh 36V 13.8Ah	11	12 cm	Gehele cyclus hetzelfde
Lader 5	26	8 cm	Gehele cyclus hetzelfde

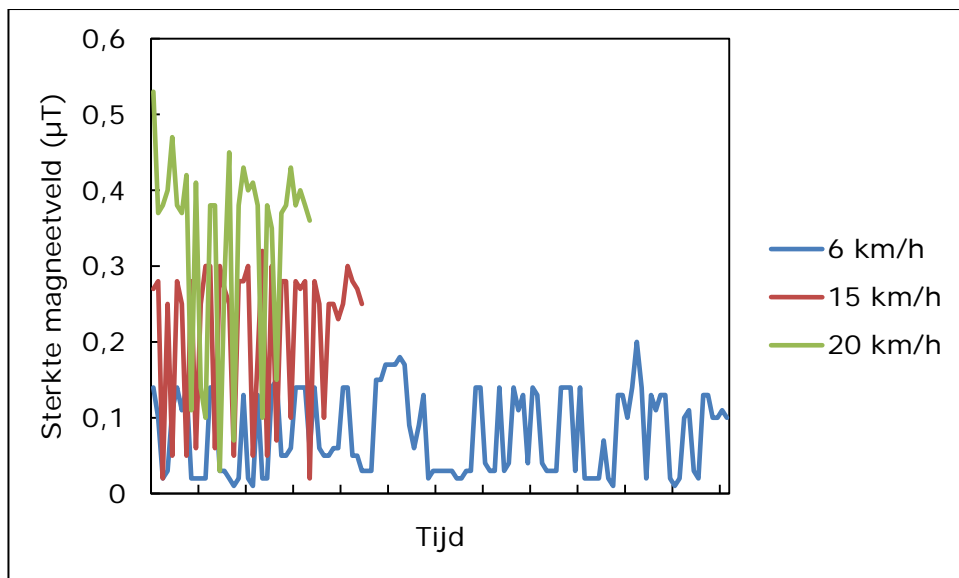
¹² Soms net afwijkend van de meetlijn doordat 1 meter op het transformatorblok zelf lag.

C. Fietsen

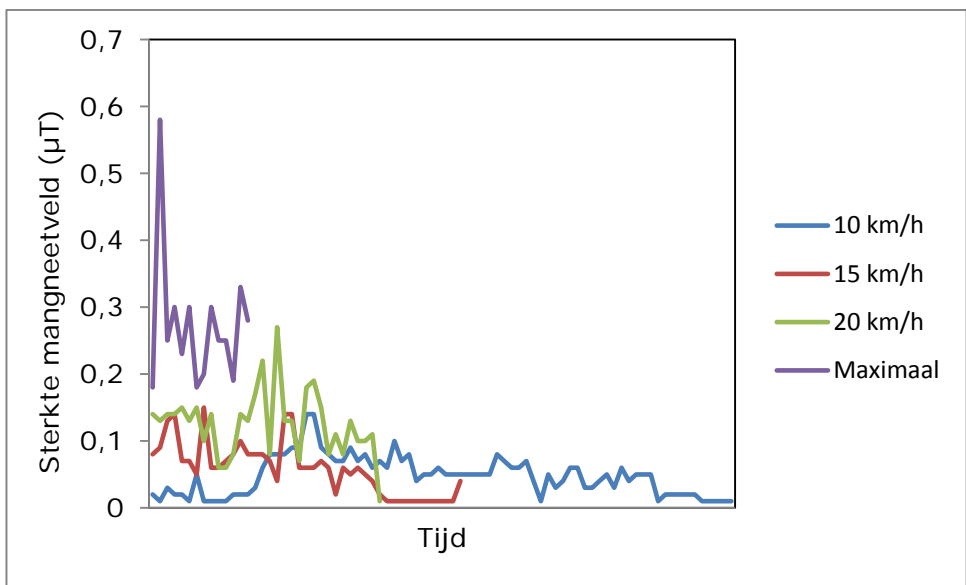
Hieronder zijn de grafieken weergegeven van de ritten op vijf elektrische fietsen, op allemaal hetzelfde parcours en op verschillende standen/snelheden.



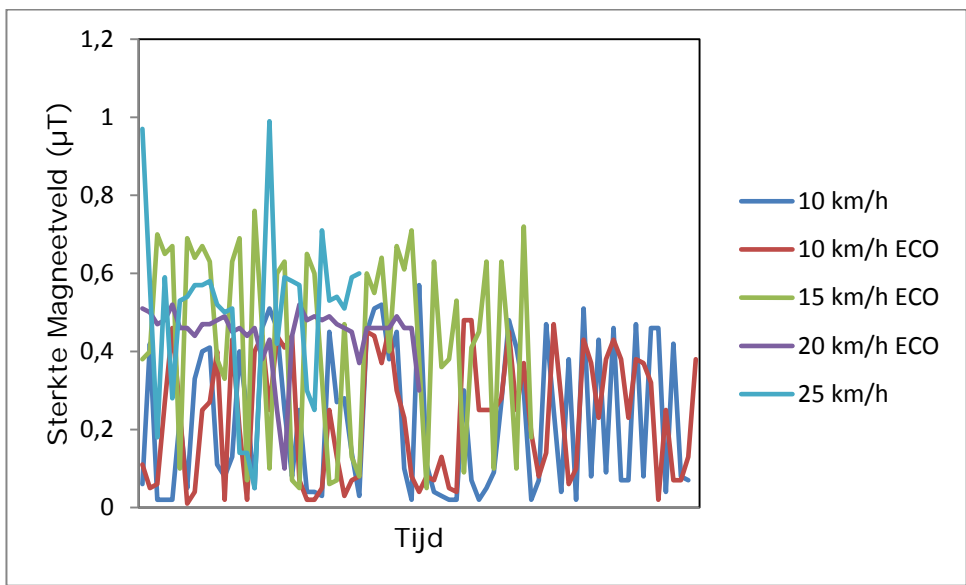
Fiets 1



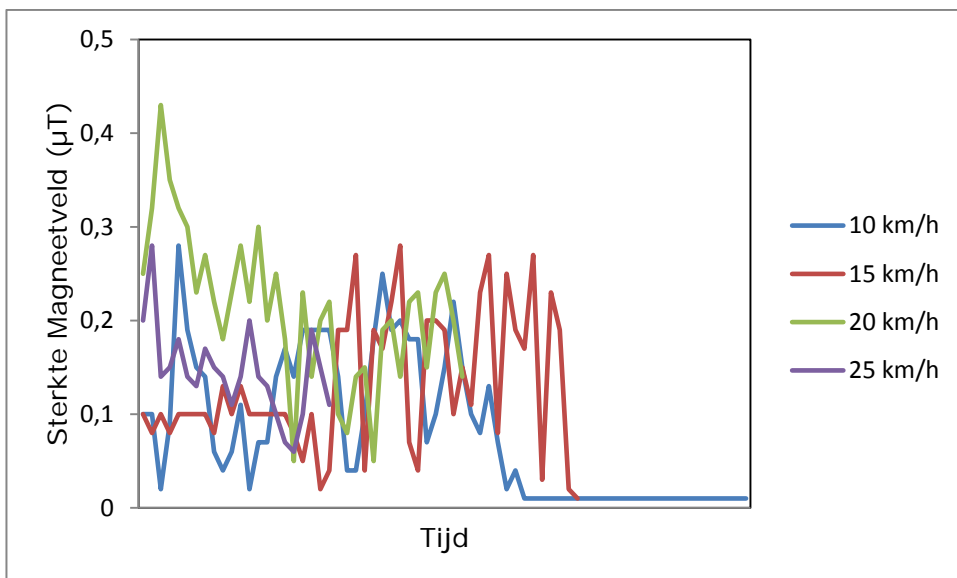
Fiets 2



Fiets 3

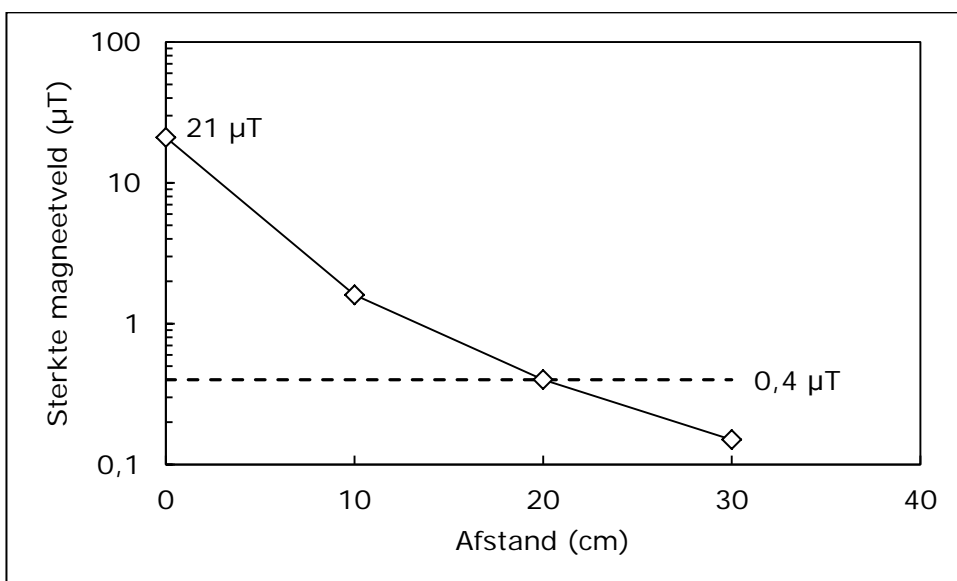


Fiets 4

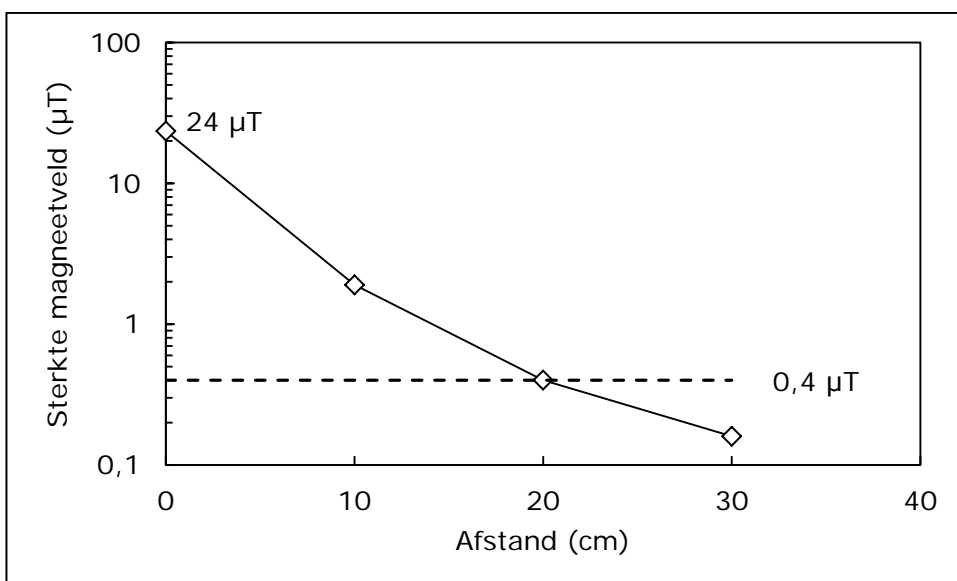


Fiets 5

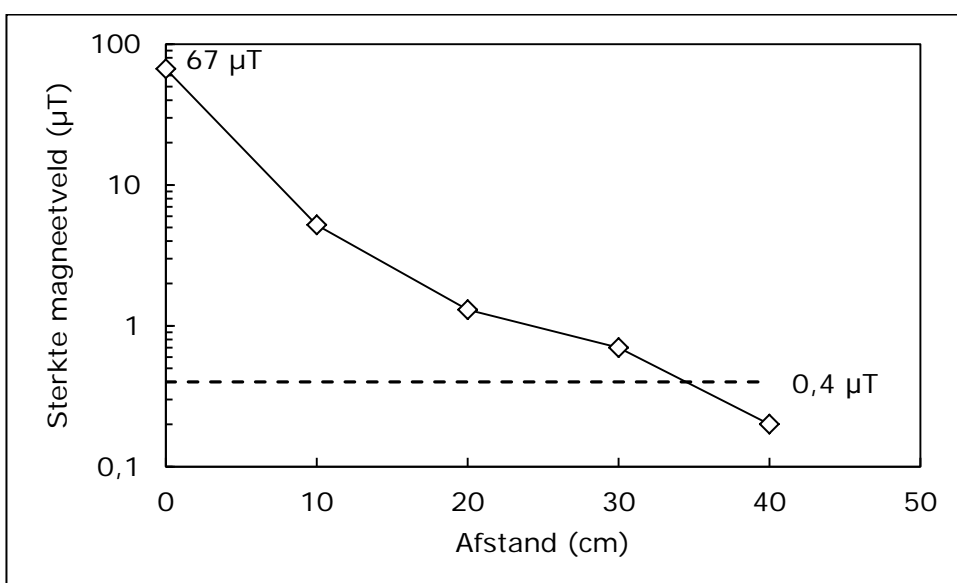
D. Omvormers zonnepanelen op woningen



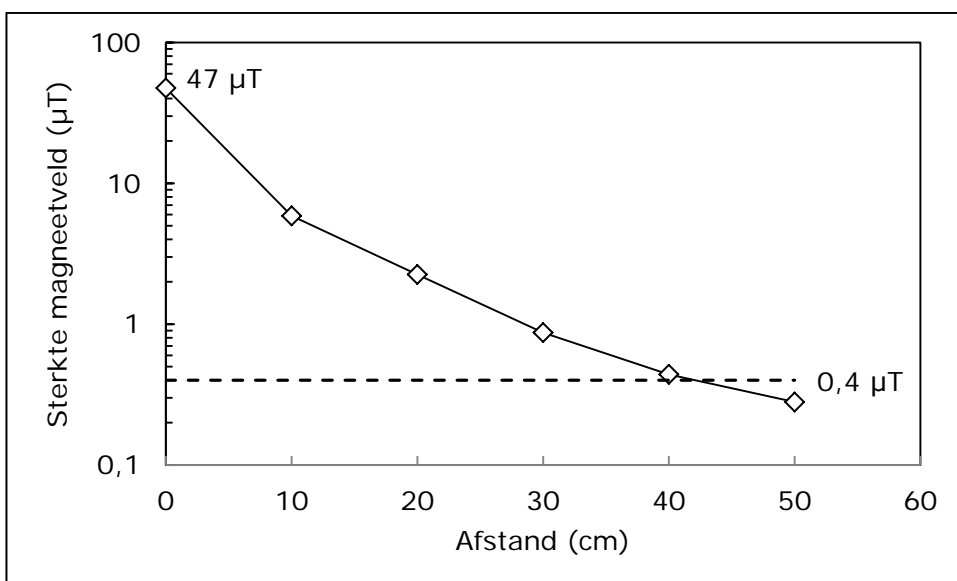
Omvormer 1, totaal 4 panelen



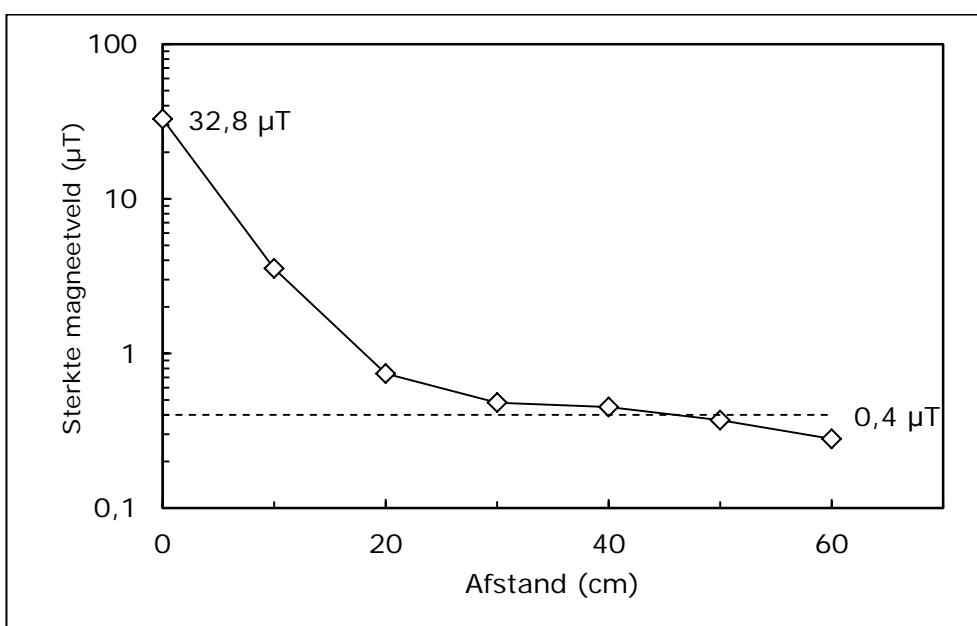
Omvormer 2, totaal 14 panelen



Omvormer 3, totaal 16 panelen

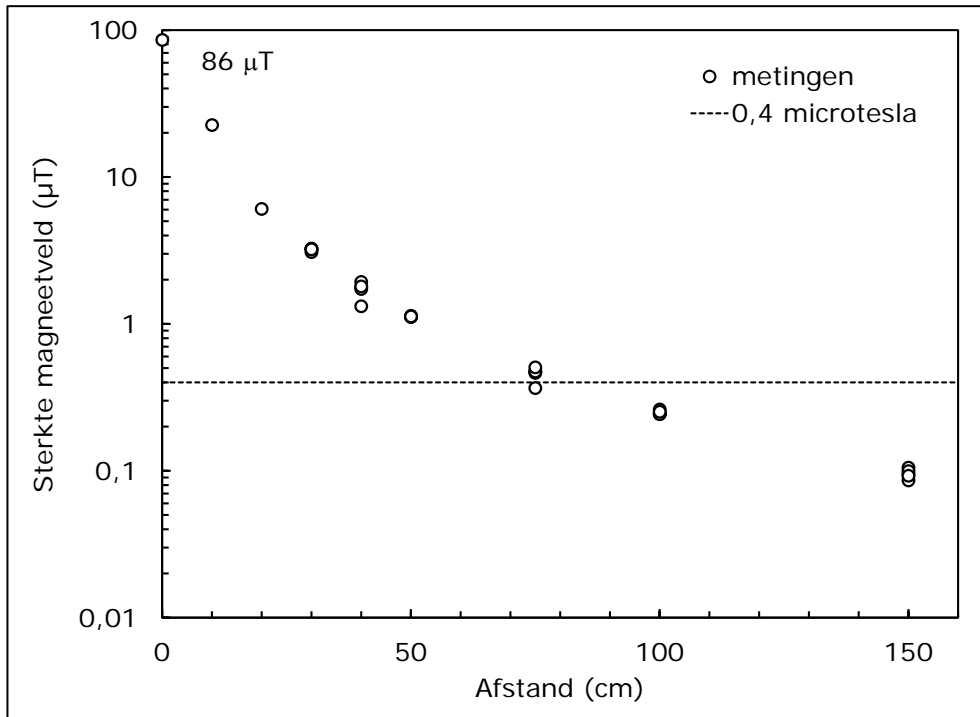


Omvormer 4, totaal 19 panelen

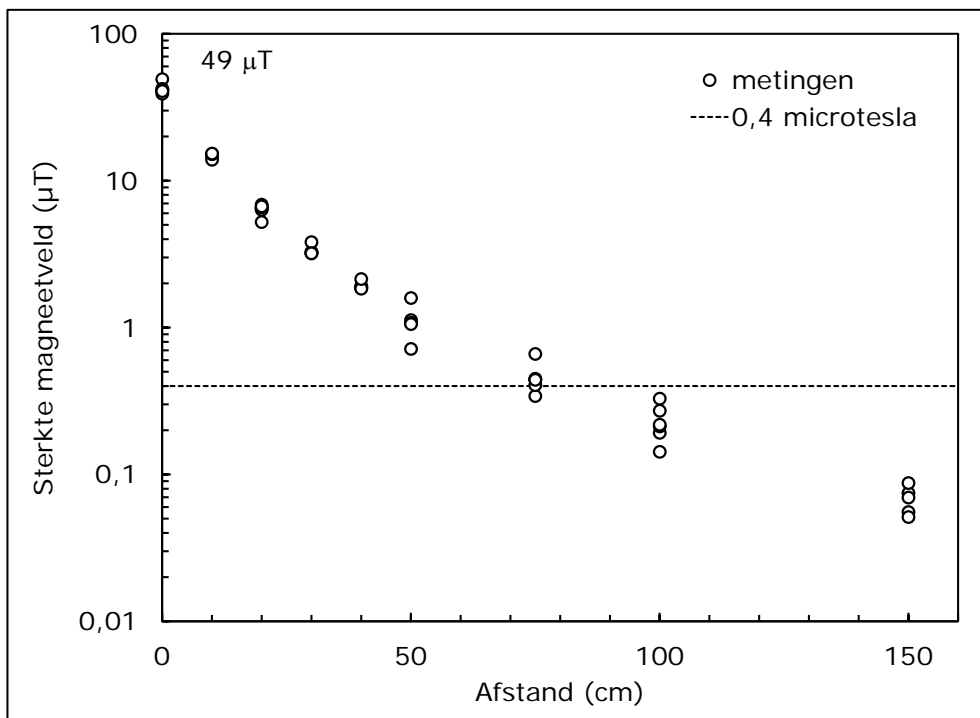


Omvormer 5, totaal 19 panelen

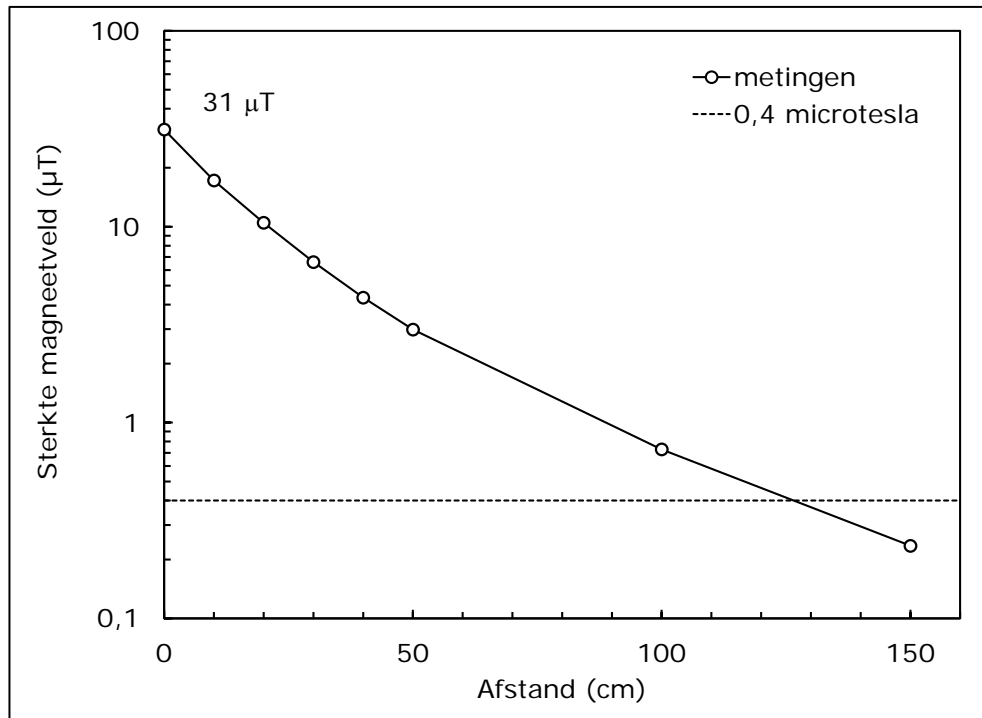
E. Omvormers, transformatoren en ondergrondse kabels van zonneparken



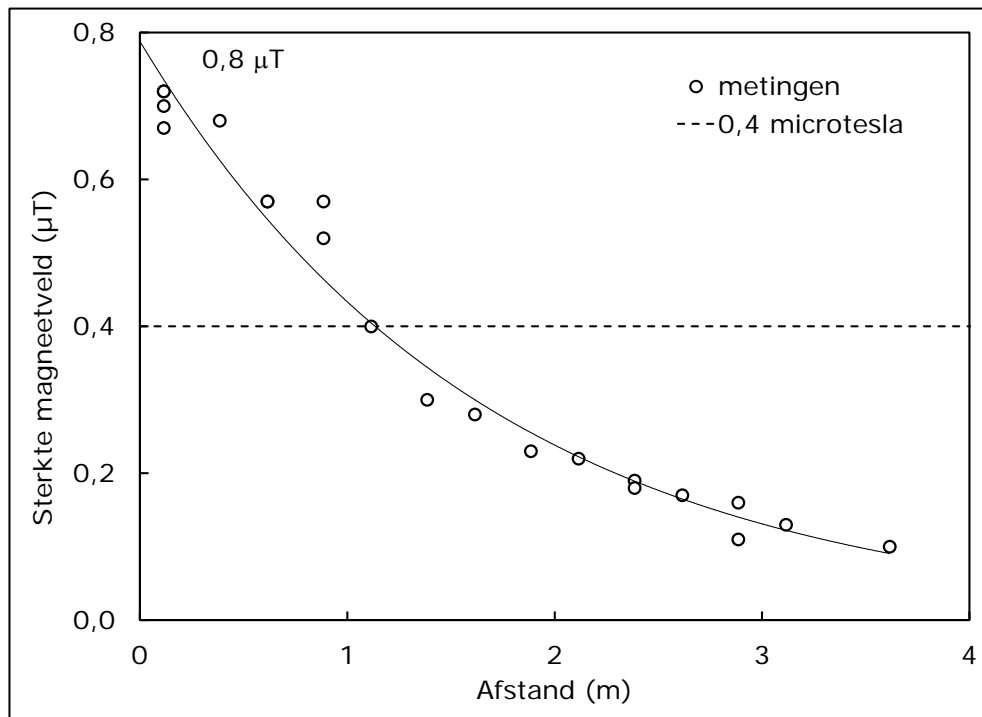
Park 1 met 1000 panelen en 0,26 MWp - omvormer voorkant



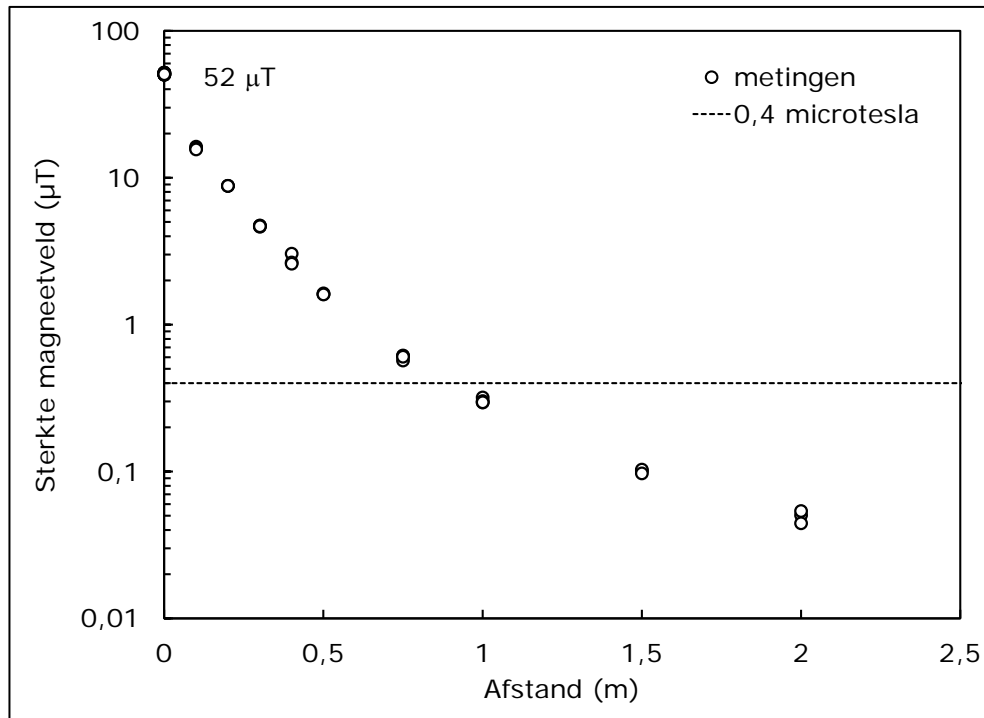
Park 1 met 1000 panelen en 0,26 MWp - omvormer zijkant



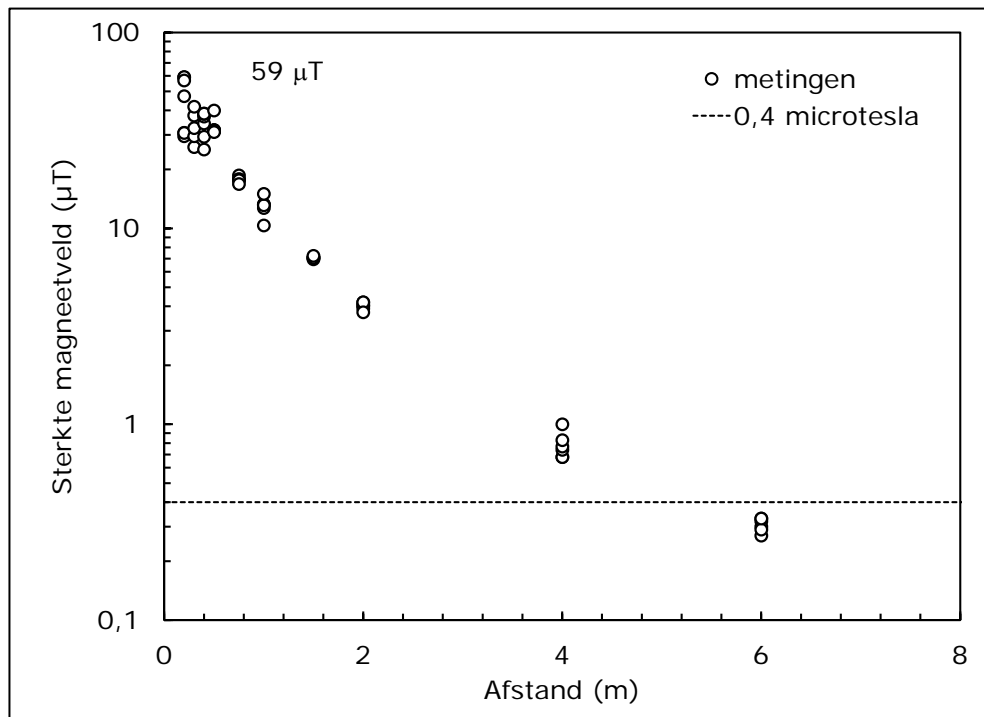
Park 1 met 1000 panelen en 0,26 MWp - schakelkast



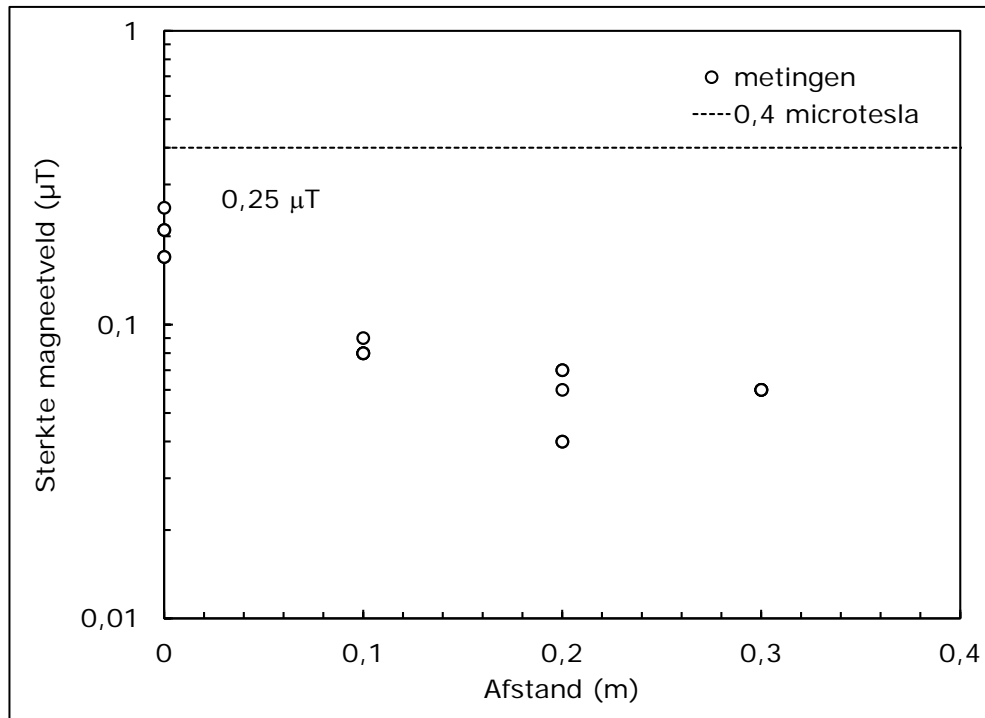
Park 2 met 22000 panelen en 5,6 MWp - dwarsprofiel 10 kV kabel onder oprijpad



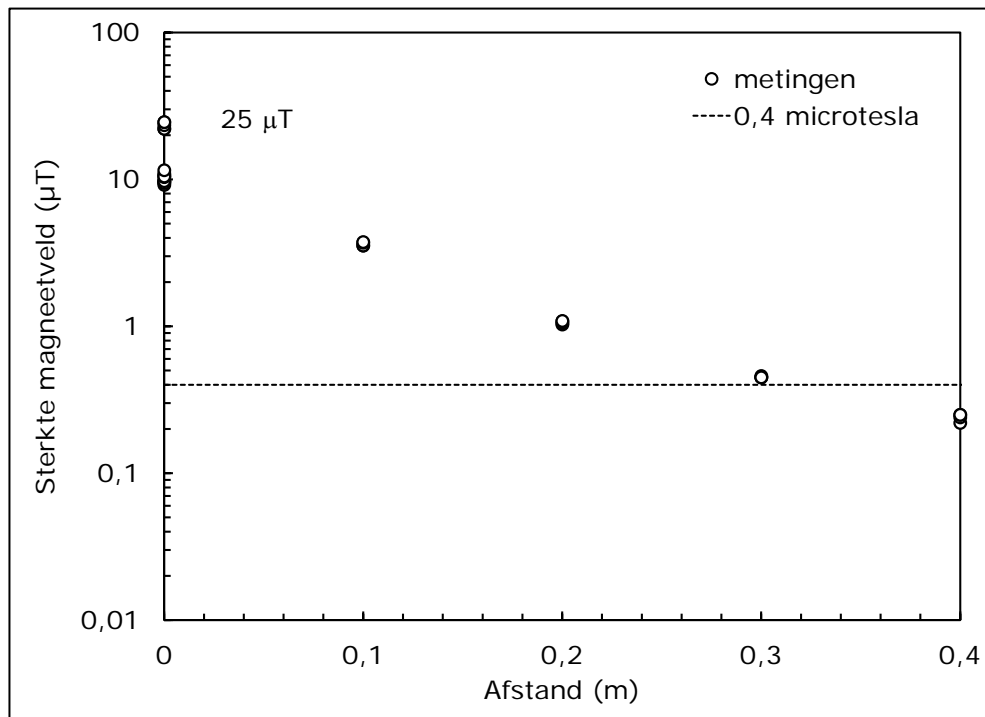
Park 2 met 22000 panelen en 5,6 MWp - omvormer



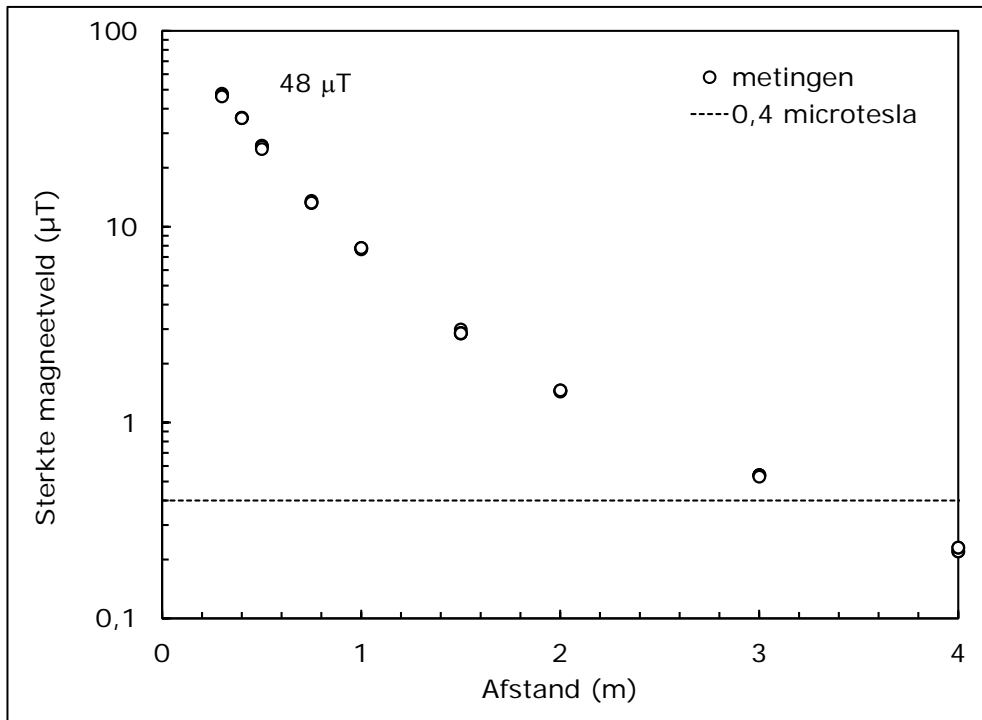
Park 2 met 22000 panelen en 5,6 MWp - transformatorhuisje



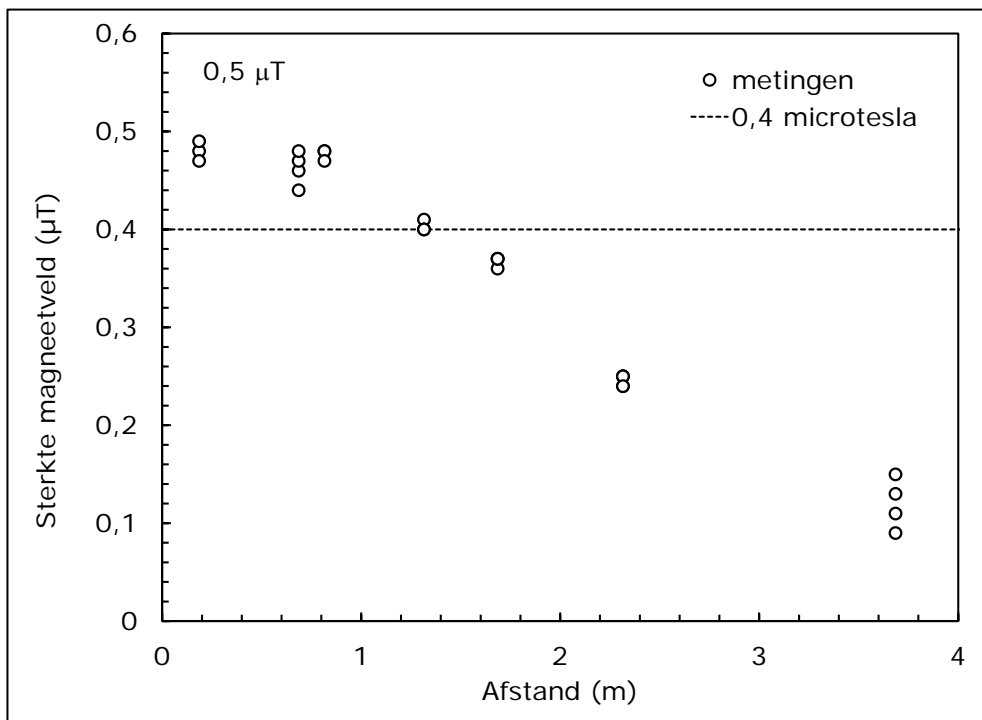
Park 3 met 1400 panelen (micro-omvormers) en 0,4 MWp - micro-omvormer



Park 3 met 1400 panelen (micro-omvormers) en 0,4 MWp - schakelkastje (totaal 34 micro-omvormers)



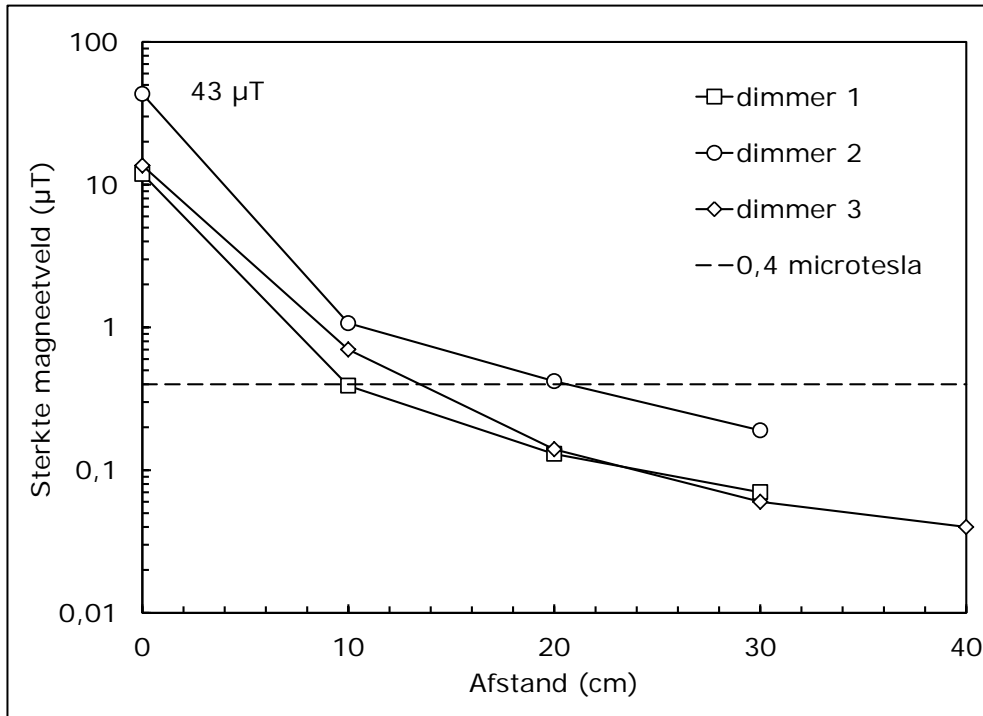
Park 3 met 1400 panelen (micro-omvormers) en 0,4 MWp - schakelkast (totaal alle micro-omvormers)



Park 3 met 1400 panelen (micro-omvormers) en 0,4 MWp - dwarsprofiel ondergrondse kabel

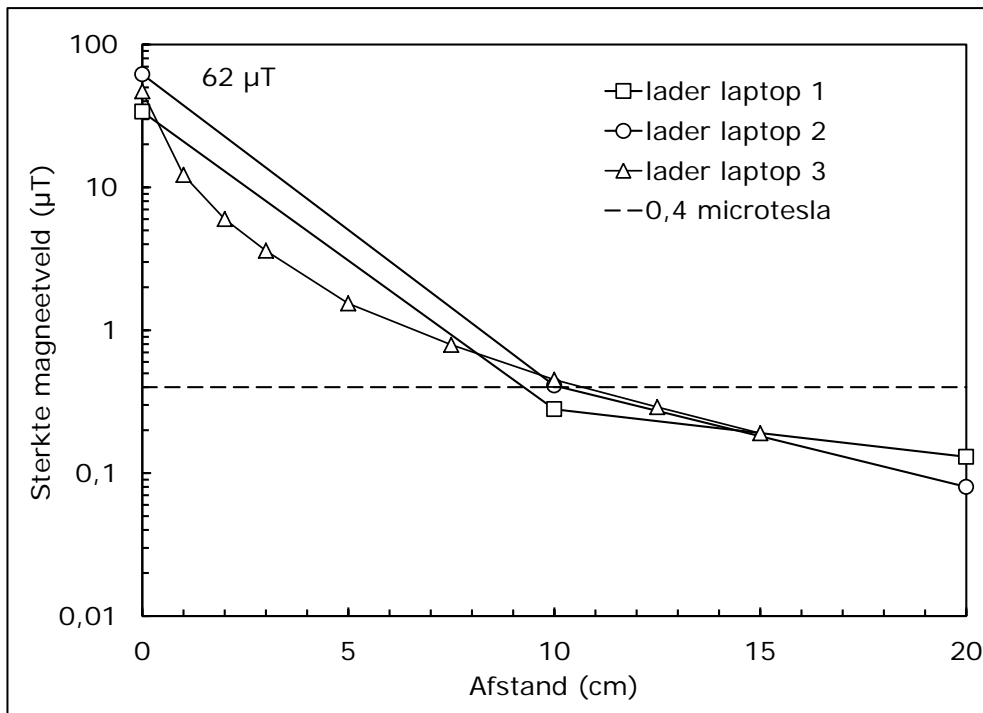
F. Huishoudelijke apparatuur

Dimmers



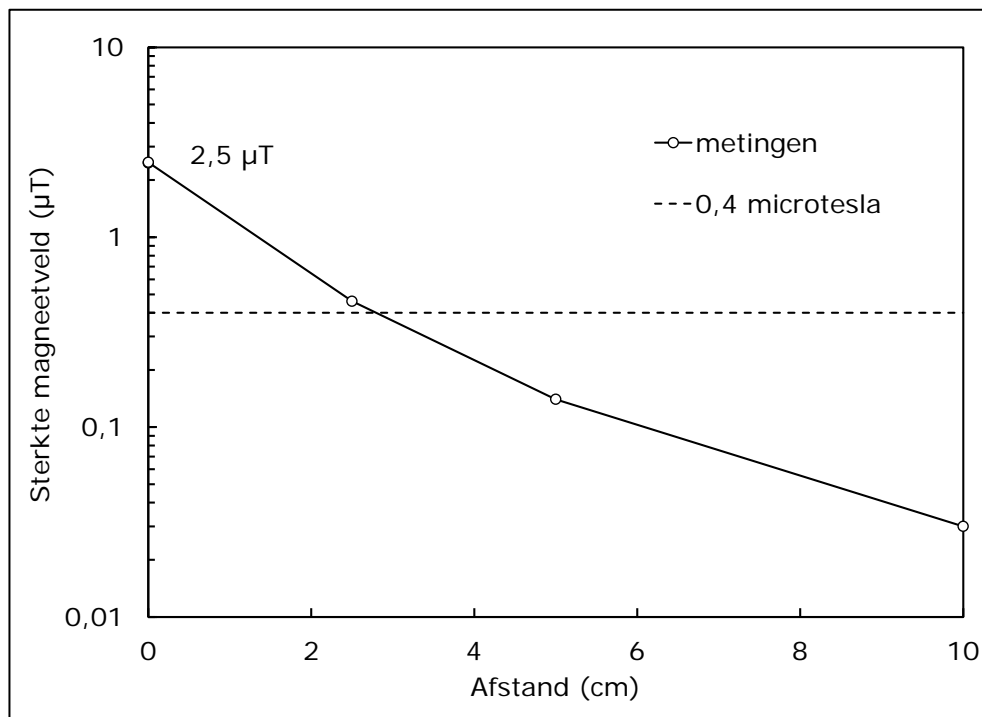
Resultaten van metingen aan drie dimmers

Laders laptops



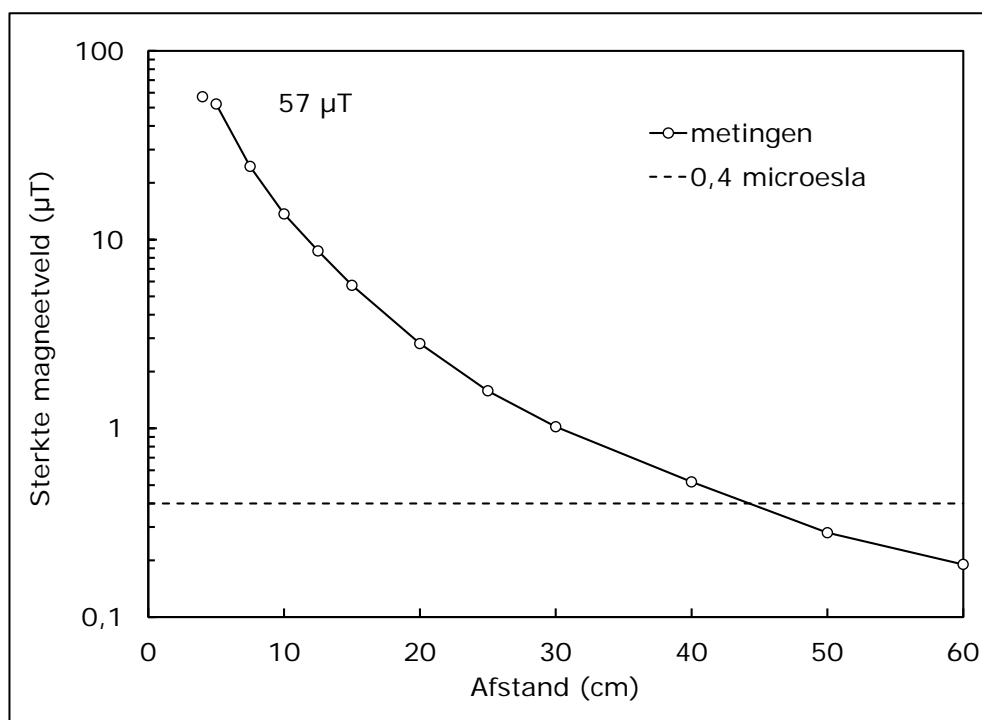
Resultaten van metingen aan drie opladers van laptops

Lader scheerapparaat



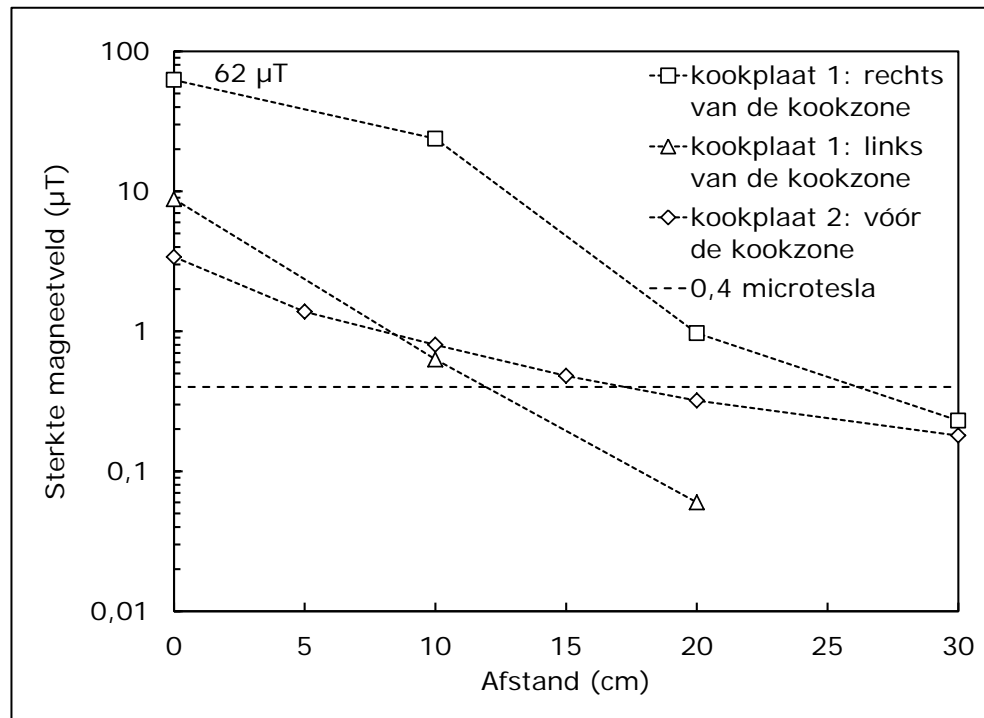
Resultaten van metingen aan de oplader van een scheerapparaat

Lader draadloze schroef-boormachine



Resultaten van metingen aan de oplader van een draadloze schroef-boormachine

Keramische kookplaat

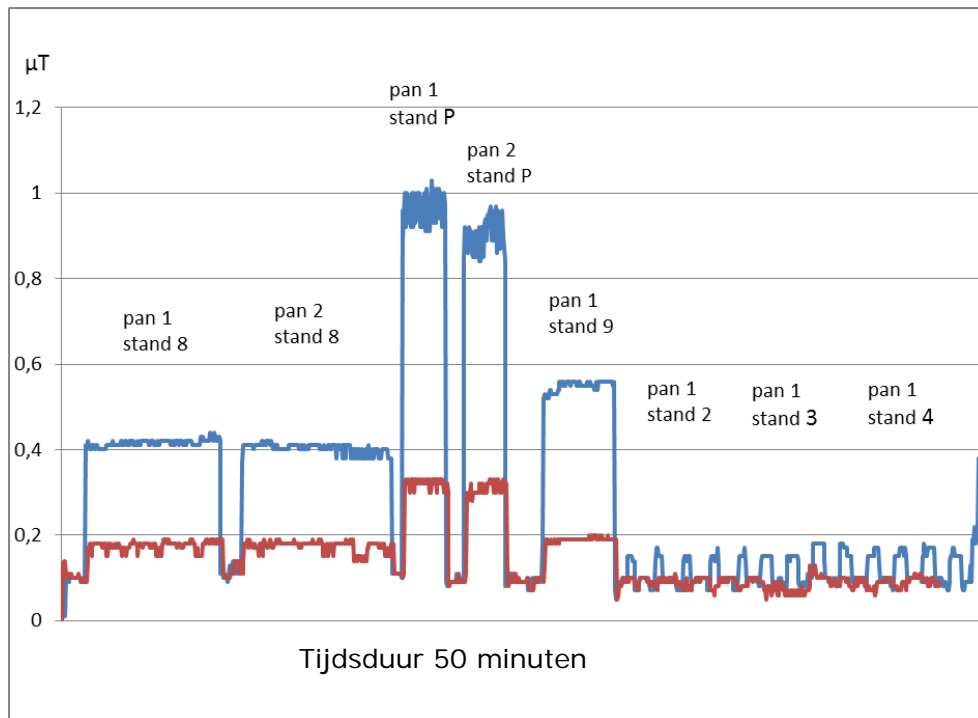


Resultaten van metingen aan twee keramische kookplaten

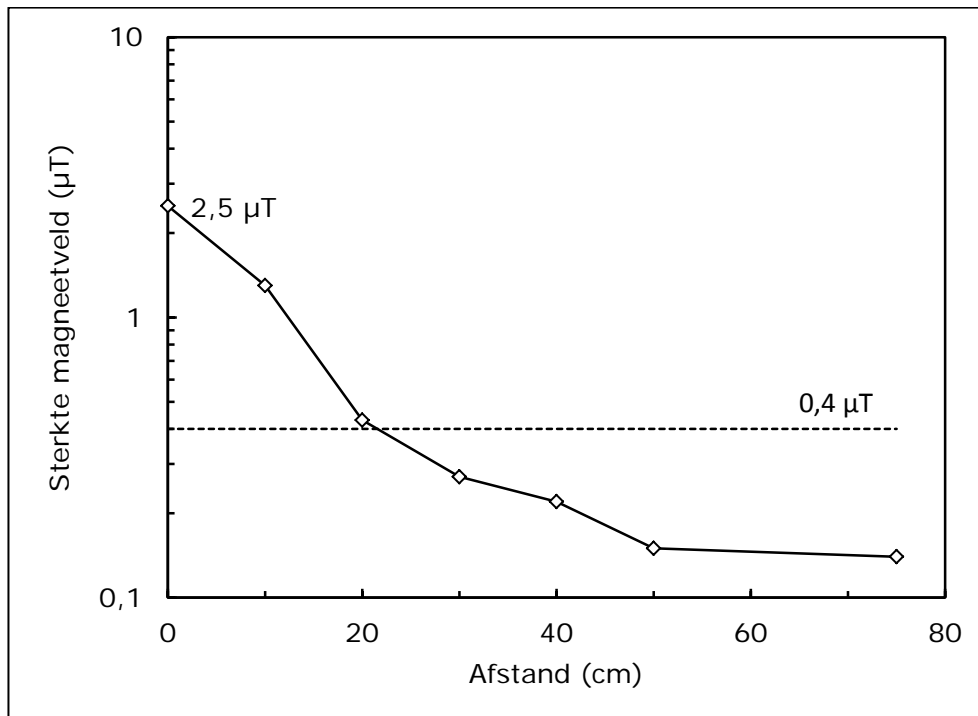
Inductiekookplaat

De inductiekookplaat

Het hoogste veld bij de inductiekookplaat is te vinden bij de plek waar de stroomkabel het apparaat in komt, aan de achterkant. De metingen zijn gedaan richting een plek waar de kok zich kan bevinden ten opzichte van de pan (niet de stroomkabel). Het ELF magneetveld tijdens de meting fluctueert tot maximaal 1 μT op 20 cm afstand (zie figuur A). Op 40 cm afstand bereikt het magneetveld maximaal tegen de 0,3 μT . Vanwege het grillige veld is de meetlijn (figuur B) uiteraard ook grillig. We volstaan met de constatering dat het veld in elk geval bij deze kookplaat ruim onder de 40 cm onder de 0,4 μT komt.



Figuur A: Het magneetveld op 20 centimeter (rood) en 40 centimeter (blauw) afstand van een inductiekookplaat met twee pannen.



Figuur B: Het magneetveld op verschillende afstanden van de inductiekookplaat bij het koken met twee pannen.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag