



Wetenschapswinkel

Mobiele telefonie en de ontwikkeling van honingbijen

Hugo Hoofwijk, Tjeerd Blacqui re, Victor Obregon Arzaluz, Martina Vijver,
Kees Musters en Robert Brodschneider

rapport 298
oktober 2013



WAGENINGENUR
For quality of life

Wetenschapswinkel

Mobiele telefonie en de ontwikkeling van honingbijen

Hugo Hoofwijk, Tjeerd Blacqui re, Victor Obregon Arzaluz, Martina Vijver,
Kees Musters en Robert Brodschneider

rapport 298
oktober 2013



WAGENINGENUR
For quality of life

Colofon

Titel	Mobiele telefonie en de ontwikkeling van honingbijen
Trefwoorden	Honingbijen, wintersterfte, CCD, GSM, UMTS, radiofrequente elektromagnetische straling, EMV, levensverwachting, vliegcapaciteit
Keywords	Honey bees, colony collapse disorder, CCD, GSM, UMTS, radiofrequent electromagnetic radiation, EMV, longevity, flying ability
Referaat	Voor een vijftal parameters is onderzocht of bijen die in hun juveniele stadium blootgesteld zijn aan elektromagnetische velden zich anders ontwikkelen dan bijen die daarvan afgeschermd opgroeiden. Voor de onderzochte parameters maakte dat geen verschil. Wel werd een verschil in wintersterfte geconstateerd, maar dat was statisch niet toetsbaar
Opdrachtgever	Nationaal Platform Stralingsrisico's
Projectuitvoering	bijen@wur, onderdeel van Plant Research International CML, onderdeel van Leiden Universiteit Afdeling Zoologie van de Karl-Franzensuniversiteit Graz (Oostenrijk)
Projectcoördinatie	De Groene Link
Financiële ondersteuning	Wageningen UR, Wetenschapswinkel ZonMW, programma EMV en volksgezondheid
Begeleidingscommissie	Lucas de Groot – Nationaal Platform Stralingsrisico's Hennie Tuithof – Nationaal Platform Stralingsrisico's Jan van Gils – Nationaal Platform Stralingsrisico's Michiel Haas – Nationaal Instituut voor Bouwecologie NIBE Eric van Rongen – Gezondheidsraad Eric Goewie – Emeritus hoogleraar Wageningen UR Gerard Straver – Coördinator Wetenschapswinkel, Wageningen UR

Fotoverantwoording	De foto's, kaartjes en figuren zijn vervaardigd door de auteurs of de meewerkende studenten, tenzij anders aangegeven
Vormgeving	Wageningen UR, Communication Services
Druk	RICOH, 's-Hertogenbosch
Bronvermelding	Verspreiding van het rapport en overname van gedeelten eruit worden aangemoedigd, mits voorzien van deugdelijke bronvermelding
ISBN	978-94-6173-185-2

Wageningen UR, Wetenschapswinkel rapport 298



Mobiele telefonie en de ontwikkeling van honingbijen

Rapportnummer 298

Hugo Hoofwijk, Tjeerd Blacqui re, Victor Obregon Arzaluz, Martina Vijver, Kees Musters en
Robert Brodschneider
Wageningen, oktober 2013

Nationaal Platform Stralingsrisico's
www.stralingsrisicos.nl

Het Nationaal Platform Stralingsrisico's wil de gezondheidsrisico's van elektromagnetische velden en straling onder de aandacht van de Nederlandse bevolking brengen. Ook wil het platform bijdragen aan het beantwoorden van vragen over gezondheidsproblemen bij mens, dier en plant, die door EMV straling/velden ontstaan.

bijen@wur

Bijen@wur is gespecialiseerd in bijengezondheid en de bestuiving die bijen verzorgen. Honingbijen vormen het belangrijkste onderwerp van onderzoek, maar ook hommels en solitaire bijen. De kennis en expertise van Bijen@wur is gestoeld op meer dan 80 jaar onderzoek voor bijenhouders en voedseltelers. In de laatste 10 jaar richt het onderzoek zich met name op factoren die de gezondheid van bijen be nvloeden. Bijen@wur is onderdeel van Plant Research International, en als zodanig onderdeel van Wageningen University and Researchcentre.

CML

Het CML is een instituut van de faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen van de universiteit van Leiden. Het 'conservation biology programme' richt zich op de directe impact van menselijke activiteiten op biodiversiteit, natuurlijke hulpbronnen en ecosysteemdiensten.

Universiteit van Graz, Oostenrijk

De afdeling Bijenbiologie is   n van de afdelingen van het Instituut voor zo logie van de universiteit van Graz. De afdeling houdt zich voornamelijk bezig met bijengezondheid, stofwisseling van de bij, energiebalans en wintersterfte.

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Sterfte van bijenvolken en EMV	13
2.1 De 'bijenverdwijnsiekte'	13
2.2 Elektromagnetische velden	13
2.3 Elektromagnetische velden als oorzaak voor de bijenverdwijnsiekte?	14
2.3.1 Navigatiesystemen	14
2.3.2 EMV, magneto-receptie en navigatie	15
2.3.3 EMV effecten op ontwikkeling van bijen	15
3 Onderzoeksdoelstelling	17
4 Methode en technieken	19
4.1 Keuze van de locatie voor de veldproef	19
4.2 Ontwerp en bouw van de kooi van Faraday	20
4.3 Veldsterktemetingen binnen en buiten de kooi van Faraday	21
4.3.1 Tijdsvariatie van de veldsterkte	21
4.3.2 Het frequentiespectrum buiten de kooi	22
4.3.3 Het frequentiespectrum binnen de kooi	22
4.4 De bijenkasten en de bijenvolken	23
4.5 Het opstarten van de proef en de werkwijze	24
5 Resultaten	25
Deelvraag 1: verschilt de ontwikkeling van larve via pop tot volwassen bij?	25
Deelvraag 2: verschilt het oriëntatievermogen van de bijen?	26
Deelvraag 3: verschilt het vliegvermogen van de bijen?	27
Deelvraag 4: verschillen diverse fysiologische en morfologische parameters van de bijen?	28
Deelvraag 5: verschilt de ontwikkeling van de volken?	29
Overige waarnemingen	30
6 Conclusie	31
7 Aanbevelingen	33
Literatuurlijst	35

Samenvatting

Veel volken van de honingbij overleven tegenwoordig de winter niet. Allerlei mogelijke oorzaken passeren de revue, waaronder de straling van het mobiele telefonie netwerk. Daar is weinig onderzoek aan gedaan, maar het is bekend dat bijen magnetische en elektromagnetische velden kunnen detecteren en er op kunnen reageren. Het kan dus niet op voorhand worden uitgesloten dat bijen erdoor beïnvloed worden.

Twintig bijenvolken in volledig metaalvrije kasten van geëxpandeerd polystyreen stonden vlakbij een UMTS zendmast. De helft van de volken werd afgeschermd van radiofrequente elektromagnetische straling door een Faraday- kooi van dubbel metaalgaas, de andere helft stond in een kooi van dubbel plastic gaas, waar de elektromagnetische straling ongehinderd doorheen kon gaan.

In het onderzoek bleek dat individuele bijen met of zonder EMV:

- zich even goed ontwikkelen van larve via pop tot volwassen bij,
- zich even goed kunnen oriënteren,
- even goed kunnen vliegen,
- bij uitlopen morfometrisch en fysiologisch niet van elkaar verschilden,
- deze bijen ook even lang leefden.

Op volksniveau bleek dat:

- de volken zich gelijk ontwikkelden (productie van broed en jonge bijen),
- van de blootgestelde volken er meer verloren gingen in de winter dan van de niet blootgestelde volken, maar dat dit helaas niet statistisch toetsbaar was omdat de volken niet onafhankelijk van elkaar waren.

EMV is hiermee een niet waarschijnlijke nadelige factor voor honingbijen en honingbijenvolken, naast de andere factoren die bij kunnen dragen aan sterfte van bijenvolken. Factoren die vrijwel zeker bijdragen aan de sterfte van bijenvolken zijn de parasiet *Varroa destructor* (een bloedzuigende mijt), voedselgebrek (te weinig bloemen voor stuifmeel en nectar) en tekortschietende imkertekniken. Factoren die mogelijk bijdragen zijn milieuverontreiniging, waaronder gewasbeschermingsmiddelen en door imkers gebruikte diergeneesmiddelen, diverse ziekten en parasieten van honingbijen, misschien ook klimaatverandering. Het is belangrijk dat aan die factoren veel onderzoek wordt gedaan.

Het gevonden niet toetsbare verschil in overleving van volken in de winter vraagt om aanvullend onderzoek.

Summary

Among the suspected causes in the lost honey bee colonies mantra, radio frequent Electromagnetic Fields (EMF) often are mentioned but they seldom pertain as a subject of study. However, it is known that bees can detect electromagnetic fields and respond to these fields. Effects of EMF on bees can thus not be ruled out, and many people are concerned about possible effects on bees as well as other organisms including man.

An experiment was conducted in 2011 in which twenty honeybee colonies were subjected to the radio frequent radiation of a nearby antenna, shielded (control) by placing in a Faraday cage, or exposed by placing in a comparable cage with plastic instead of metal netting. Field strengths inside and around the cages were registered and analysed.

Our research shows that individual bees from the exposed and the control group:

- had comparable developmental success from egg to larva to adult bee,
- had comparable orientation skills,
- had comparable flight performance in their adult stage,
- had comparable morphometric and physiological parameters at emergence,
- had comparable longevity.

And at the colony level, the exposed and non-exposed colonies:

- had comparable development (production of brood and young bees),
- differed in winter survival, in the sense that more non-exposed than exposed colonies survived. This parameter however was statistically not testable, since the colonies were all statistically nested in a same cage.

These results make EMF into a non-probable negative factor for both individual honey bees as for honey bee colonies. Among the factors that almost certainly contribute to the loss of colonies are the parasite *Varroa destructor*, lack of food (too few flowers, hence too little pollen and nectar) and dwindling bee keeper skills. Factors that might contribute to the loss of colonies are environmental pollution (a.o. pesticides and medication used by bee keepers), several parasites and diseases in honey bee, and probably climate change. It is important that research is conducted into these factors.

The difference in winter survival urges for additional research.

1 Inleiding

Sinds medio jaren '90 is het GSM-netwerk in Nederland uitgerold, en rond 2005 het UMTS-netwerk. Het is interessant om te weten dat ons land inmiddels 26.516 antennes voor GSM en UMTS telt¹; een aantal dat de komende jaren nog verder zal worden uitgebreid². Daarnaast worden er steeds meer antennes geplaatst voor digitale radio en tv. Verder zijn sinds de jaren '90 geleidelijk aan steeds meer draadloze communicatietechnieken binnenshuis gekomen, zoals de DECT-telefoon en WIFI. Hierdoor is de landsdekking hoog, en de blootstelling van de Nederlandse bevolking en het ecosysteem aan radiofrequente elektromagnetische velden (EMV) sterk toegenomen. Blootstelling aan dit soort hoogfrequente elektromagnetische straling kan mogelijk in biologische effecten resulteren.

De laatste vijf jaar is er in Europa en Noord Amerika een toename van sterfte van honingbijenvolken, vooral tijdens de winter (zie onder meer Neumann & Carreck, 2010 en Van der Zee, 2010). Deze sterfte van honingbijenvolken heeft een grote publieke belangstelling, vooral door het vermeende "mysterieuze verdwijnen" van bijen uit de kast. Er moet gezegd worden dat in feite het verdwijnen de zichtbare uitkomst is van het sterven van een verzwakt volk. Dit kan het gevolg zijn van verschillende factoren waaronder dat de bijen slechter leren, gemakkelijker vergeten, een slechtere conditie hebben. Deze gedragsstoringsen zouden kunnen worden geïnitieerd door blootstelling aan bestrijdingsmiddelen, aan genetisch gemodificeerde gewassen of aan elektromagnetische velden, maar ook veroorzaakt kunnen worden door pathogenen en parasieten of ondervoeding. Voor de EMV komt daar de verdenking bij dat deze velden de normale oriëntatie, die deels gebaseerd is op het aardmagnetische veld, doorlopend storen.

Niet voor alle van deze theorieën is evenveel wetenschappelijke evidentie, en EMV is door de onderzoeksconsortia die zich bezig houden met bijensterfte vrij laag geplaatst op de verdachtenlijst (Neumann & Carreck, 2010). Bijgevolg is er weinig onderzoek gedaan naar dit fenomeen; het weinige onderzoek naar de invloed van EMV op bijen dat wél gepubliceerd is is van twijfelachtig gehalte (bijna nooit in collegiaal getoetste (*peer reviewed*) tijdschriften, vaak gepubliceerd in obscure bladen of louter op internet, doorgaans heel weinig herhalingen en vaak amper beschreven en/of slechte statistiek)³. Het is daarom dat het Nationaal Platform Stralingsrisico's een kennisvraag heeft ingediend bij de Wetenschapswinkel van Wageningen UR. De Wetenschapswinkel heeft daarop, in samenwerking met ZonMW, een onderzoek naar dit onderwerp heeft opgestart. Voorliggend rapport beschrijft het onderzoek en de resultaten.

- 1 Te weten 13.558 voor GSM900, 3.800 voor GSM1800 en 12.958 voor UMTS en LTE, peildatum 30 april 2013. Bron: antennebureau.nl. Het aantal opstelpunten ('masten') is ongeveer eenderde tot de helft van dit aantal, omdat er doorgaans meerdere antennes aan één mast bevestigd zijn (antennebureau, pers.com.).
- 2 Ter vergelijking: op 1 september 2010 waren er in totaal 22.795 antennes, een toename van 16% in tweeënhalf jaar. Bron: antennebureau.nl.
- 3 Meer hierover in de separate rapportage 'Sham or reasons for concern'; het literatuuronderzoek dat door studenten van Wageningen University werd uitgevoerd als autonoom onderdeel van het wetenschapswinkel-project (Urrea Hernandez *et al.*, 2010).

2 Sterfte van bijenvolken en EMV

In het vorige hoofdstuk stelden we dat het op z'n minst theoretisch mogelijk is dat elektromagnetische velden (EMV) bij kunnen dragen aan het fenomeen wintersterfte / bijenverdwijnsziekte (Colony Collapse Disorder; CCD). In dit hoofdstuk beschrijven we het werkingsmechanisme hierachter.

2.1 De 'bijenverdwijnsziekte'⁴

Normaliter raakt een bijenhouder in de winter gemiddeld zo'n 10 tot 15% van z'n bijenvolken kwijt. Soms is er echter sprake van een drastisch hoger verlies, zozeer zelfs dat complete volken uitvallen. Soms blijven dode bijen in de kast achter, soms verdwijnen ze nog voordat ze sterven. Dit fenomeen staat bekend als de 'bijenverdwijnsziekte', in de Verenigde Staten van Amerika Colony Collapse Disorder (CCD) genoemd.

De oorzaak van wintersterfte / CCD is nog niet bekend. Tot de meest genoemde mogelijke oorzaken behoren (Blacqui re, 2010):

- de teruglopende *biodiversiteit* zorgt voor minder foeragemogelijkheden voor de bij
- de *varroamijt* is steeds moeilijker te bestrijden en is steeds virulenter
- ook *andere parasieten* kunnen toeslaan, zeker in een reeds verzwakt volk
- de *imker* is meer en meer een hobby-imker geworden, met niet altijd evenveel kennis van zaken
- *pesticiden*, waaronder de groep van de neonicotino den (o.m. clothianidine, imidacloprid en thiamethoxam) en fipronil
- genetisch *gemodificeerde gewassen* met ingebouwde giftigheid voor insecten
- *klimaatverandering*, waardoor het voedselaanbod verandert
- *elektromagnetische velden* in het radiofrequente spectrum (m.n. GSM, UMTS en DECT)
- de *genetische basis* van de honingbij-populatie is de afgelopen jaren versmald (vooral in de Verenigde Staten)

Meer en meer wint de overtuiging terrein dat het niet   n van deze factoren is, maar een samenspel ervan.

2.2 Elektromagnetische velden

Elektrische ladingen oefenen krachten op elkaar uit. Gelijksnamige (plus of min) ladingen stoten elkaar af, ongelijksnamige ladingen trekken elkaar aan. In de ruimte tussen deze twee ladingen ontstaat daarvoor een elektrisch veld. Elektrische velden vindt men bijvoorbeeld tussen de polen van een batterij, rondom het aansluitsnoer van een schemerlamp (zelfs al staat die uit), en in de beeldbuis van een ouderwetse televisie. De sterkte van het elektrische veld wordt uitgedrukt in Volt per meter (V/m).

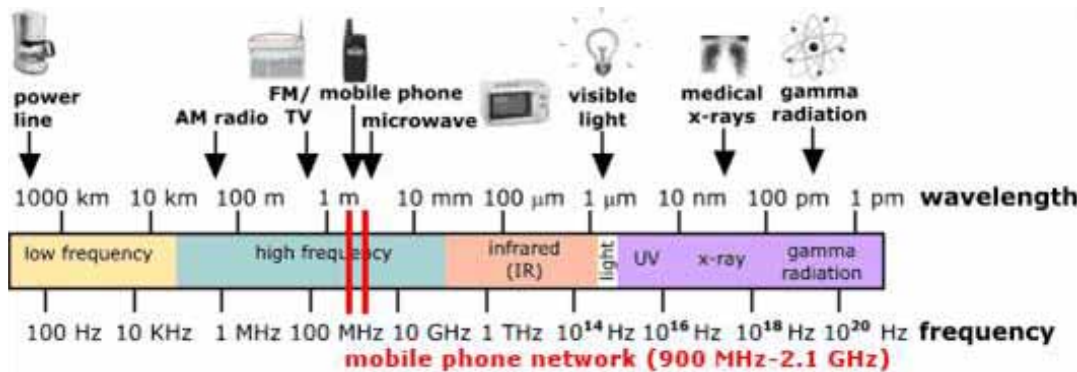
Zo gauw de elektrische ladingen ook daadwerkelijk gaan bewegen (met andere woorden: zodra er niet alleen spanning is maar ook stroom), veroorzaken ze bovendien een magnetisch veld. In de betreffende ruimte treedt dan een krachtwerking op waardoor een kompasnaaldje zich gaat richten. Bekend zijn het magnetische veld van de aarde en andere hemellichamen, het magnetische veld rond een stroomvoerende draad, in de zonnewind, of van een gewone magneet. De sterkte van het magnetische veld wordt uitgedrukt in Amp re per meter (A/m).

Elektrische en magnetische velden zijn dus doorgaans aan elkaar gekoppeld. Men spreekt dan ook van elektromagnetisme. Elektromagnetische velden kunnen zich als een lopende golf voortplanten⁵ door

⁴ Deze paragraaf is gebaseerd op Blacqui re *et. al.*, 2010.

⁵ In vacu m gebeurt dat met een snelheid van 300.000 km/s (de lichtsnelheid).

de ruimte. Men spreekt dan van straling, of een transport van energie door middel van elektromagnetische velden. Afhankelijk van de frequentie (golflengte) wordt deze straling ingedeeld volgens het elektromagnetische spectrum, waar ook het zichtbare licht deel van uit maakt naast radiogolven, röntgenstraling en gammastraling (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Het elektromagnetisch spectrum (bron: futura.cx).

De invloed die een elektromagnetisch veld op een organisme kan hebben, is uiteraard afhankelijk van de sterkte van dat veld, maar daarnaast ook van de frequentie en de modulatie ervan. In dit rapport beperken we ons tot slechts een deel van het elektromagnetisch spectrum, namelijk dat deel dat gebruikt wordt voor mobiele telefonie. Dat is een niet-ioniserende⁶ straling in het radiofrequente⁷ bereik. Voor mobiele telefonie worden de frequenties rond 900 MHz, rond 1800 MHz en rond 2100 MHz gebruikt⁸.

2.3 Elektromagnetische velden als oorzaak voor de bijenverdwijnsiekte?⁹

Als één van de mogelijke oorzaken voor de 'bijenverdwijnsiekte' wordt genoemd dat het navigatievermogen van de bijen aangetast wordt door elektromagnetische velden (EMV). In deze paragraaf onderzoeken we het mechanisme hierachter. Hiervoor zetten we eerst de verschillende door bijen gebruikte 'navigatiesystemen' uiteen, om vervolgens in te gaan op de relatie tussen één daarvan (namelijk magneto-receptie) en EMV.

2.3.1 Navigatiesystemen

Veel diersoorten, waaronder ook bijen, maken gebruik van meerdere systemen voor hun navigatie (Wiltschko & Wiltschko, 2005; Emlen, 1975; Phillips, 1986; Moore, 1987; Lohmann & Lohmann, 1996). Welk systeem ze wanneer gebruiken, hangt onder meer af van de situatie, het tijdstip op de dag en het weer.

Navigatie met behulp van de positie van de zon

Het belangrijkste 'navigatiesysteem' voor de bij is de stand van de zon. Als een foerageerbij terugkomt van een goede voedselbron, geeft ze de locatie van die bron door aan de andere foerageerbijen in het nest. Hiervoor gebruikt ze de bijendans, die gebaseerd is op de positie van de zon. Wijst de dans naar boven, dan bevindt de voedselbron zich in de richting van de zon. Wijst de dans naar beneden, dan ligt de voedselbron juist in tegenovergestelde richting. Ook de afstand tot de voedselbron wordt middels de dans doorgegeven.

⁶ Ioniserende straling (straling waarvan de frequentie hoger is dan van het ultraviolette licht) is straling die voldoende energetisch is om een elektron uit de buitenste schil van een atoom weg te slaan. Ioniserende straling kan dus (organische) moleculen veranderen.

⁷ Het radiofrequente bereik loopt van 30 kHz tot 300 GHz.

⁸ GSM900: up link = 876-915 MHz, down link = 921-960 MHz. GSM1800: up link = 1710-1785 MHz, down link = 1805-1880 MHz. UMTS: up link = 1900-1980 MHz, down link = 2010-2125 MHz & 2110-2170 MHz.

⁹ Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op Urrea Hernandez *et al.*, 2010.

Navigatie met behulp van de polarisatie van het licht

Wanneer de zon niet zichtbaar is, bijvoorbeeld in een dicht bos of wanneer het zwaar bewolkt is, maken bijen gebruik van de polarisatie-richting van het licht. Uit de polarisatie-richting kunnen ze de positie van de zon afleiden.

Navigatie met behulp van *landmarks*

Omdat het gezichtsvermogen van bijen beperkt is, is de rol die *landmarks* spelen beperkt tot grote, duidelijke landmarks: een grote boom, gebouwen enz. Deze spelen wel een zeer belangrijke rol in de dagelijkse navigatie. Aan de hand van de hoeveelheid 'langskomende' elementen en de snelheid daarvan bepalen bijen de afstand die ze afleggen.

Navigatie met behulp van het aardmagnetisch veld

Afhankelijk van de plek op aarde, varieert de sterkte van het aardmagnetisch veld van minder dan 30 μT (microTesla) tot meer dan 60 μT . Bijen kunnen het aardmagnetisch veld waarnemen (Gould *et al.* 1978, Keim *et al.* 2002, Hsu & Li 1994; Hsu *et al.* 2007), en gebruiken dit onder meer om de richting te bepalen waarin ze in donkere nestholten nieuwe raten bouwen. De receptor voor het aardmagnetisch veld is bij bijen erg gevoelig: hij kan velden detecteren van slechts 26 nT (nanoTesla, ofwel 0,026 μT). Dit systeem staat bekend onder de term 'magneto-receptie'. In hoeverre bijen de informatie van het aardmagnetisch veld ook daadwerkelijk gebruiken bij hun navigatie in het veld is onbekend.

2.3.2 EMV, magneto-receptie en navigatie

Zoals we in paragraaf 2.2 hebben gezien, zijn elektrische en magnetische velden nauw verweven. Kunstmatige (door de mens opgewekte) EMV interfereert dan ook met het natuurlijk magnetisch veld van de aarde. Gezien de gevoeligheid van de magneto-receptie bij bijen, is het denkbaar dat hun navigatie verstoord zou kunnen worden door kunstmatige EMV. Is hun navigatievermogen aangetast, dan zouden (gesteld dat magnetoreceptie een rol speelt bij de reguliere navigatie) bijen de weg naar huis minder goed kunnen vinden en/of fouten maken in de bijendans. De locatie van de foerageergelegenheid wordt dan niet accuraat doorgegeven aan de overige haalbijen. Zeker voor een verzwakt volk kan dat betekenen dat het de winter niet overleeft.

2.3.3 EMV effecten op ontwikkeling van bijen

De meeste studies naar de effecten van EMV op insecten betreffen de ontwikkeling van de fruitvlieg. In enkele van deze studies (o.a. Panagopoulos, 2012 en Cucurachi *et al.*, 2013) werden effecten gevonden, met name op de juveniele stadia. Dergelijke effecten zouden ook bij (larven van) honingbijen verwacht kunnen worden. Omdat honingbijen in hun vroege stadia op een vaste plek in de bijenkast verblijven (het celletje waarin het eitje gelegd wordt is ook de plek waar de larve zich eerst tot pop en daarna tot volwassen bij ontwikkelt), is de blootstelling in deze vroege stadia onveranderd. Deze gecontroleerde blootstelling, en beschreven effecten van EMV op het juveniele stadium van andere insecten, maken het bestuderen van de ontwikkeling van jeugdstadia tot volwassenheid van de bijen aantrekkelijk. Zodra de bijen gaan uitvliegen bewegen ze zich in de (ongecontroleerde) buitenomgeving, en zal eventuele blootstelling variabel zijn.

Een andere parameter die in de kast te meten valt is de overleving van de koningin. Deze is ook permanent in de kast aanwezig, en vliegt niet uit. Eventuele negatieve effecten op de koningin zouden zichtbaar kunnen worden door het ontstaan van meer koninginnenproblemen (uitval, vervanging door nieuwe koningin) enz.

3 Onderzoeksdoelstelling

Bijen die vliegen tijdens hun foerageervluchten zullen onder de Nederlandse omstandigheden een voortdurende variatie in veldsterkten ondergaan, door plaatselijke en tijdelijke variatie in de veldsterkte. Daardoor is de dosis moeilijk te kwantificeren en dan ook niet te koppelen aan een eventueel effect. De bijenkast, met daarin de huisbijen, de larven en de poppen, staat echter op een vaste plek. Het is daarom dat we ons in dit onderzoek richtten op de eerste fasen van de ontwikkeling van de bij; de fase waarin de bij de kast (nog) niet verlaat. Door nu een aantal kasten wél en een aantal kasten niet af te screenen tegen EMV, ontstonden twee groepen jonge bijen: blootgesteld en niet blootgesteld aan EMV.

Een tweede reden om juist jonge bijen te bestuderen is dat bijen juist in het ontwikkelingsstadium gevoelig zijn voor versturende invloeden zoals (mogelijkerwijs) EMV. Voor fruitvliegen is een dergelijke relatie inmiddels aangetoond (o.a. Panagopoulos, 2012).

De doelstelling van het onderzoek is dan ook als volgt geformuleerd:

Doelstelling van het onderzoek is om een relatie te kunnen leggen tussen aan de ene kant de dosis EMV die bijen in hun larvale en pupale stadium ondergaan en aan de andere kant hun ontwikkeling en enkele kenmerken in hun volwassen leven (levensduur, vliegprestaties en morfologische en fysiologische kenmerken). Ook wordt de ontwikkeling van het bijenvolk door het jaar heen (die een resultante is van de larvale, de pupale en de volwassen ontwikkeling) gemonitord.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is een vijftal deelvragen opgesteld:

- Verschilt de ontwikkeling van larve via pop tot volwassen bij?
- Verschilt het oriëntatievermogen van de bijen?
- Verschilt het vliegvermogen van de bijen?
- Verschillen diverse fysiologische en morfologische parameters van de bijen?
- Verschilt de ontwikkeling van de volken?

4 Methode en technieken

4.1 Keuze van de locatie voor de veldproef

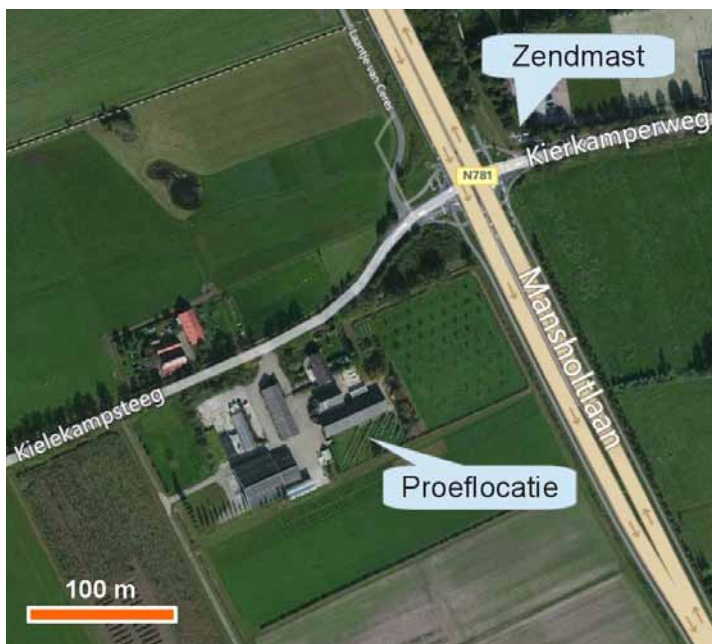
Op grond van een aantal criteria hebben we de locatie voor onze praktijkproef geselecteerd:

- Omdat we de controlegroep bloot willen stellen aan een wat hogere veldsterkte: locatie in de buurt van een zendmast. In Nederland staan ruim 23.000 antennes voor mobiele telefonie opgesteld. Op de meeste locaties staan meerdere antennes (GSM 900, GSM 1800, UMTS), zodat het totaal aantal zendmasten een stuk lager is.
- Locatie in één van de gemeenten Amersfoort, Leusden, Rhenen, Scherpenzeel, Veenendaal, Wageningen, Woudenberg (vanwege de praktische werkbaarheid). Indien noodzakelijk kon het zoekgebied worden vergroot met Arnhem, Baarn, Barneveld, Bunschoten, Buren, de Bilt, Ede, Eemnes, Hilversum, Laren, Neder Betuwe, Nijkerk, Over Betuwe, Putten, Renkum, Soest, Utrechtse Heuvelrug, Wijk bij Duurstede, Zeewolde, Zeist.
- Vanwege de praktische uitvoerbaarheid, en het risico op verstoring van de proef: niet binnen de bebouwde kom.
- Vanwege de afschermende resp. reflecterende werking ervan: uit de buurt van grote massa's groen en grote gebouwen

N.b.: Het aanvankelijke criterium 'locatie in de buurt van een mast met louter UMTS' bleek niet haalbaar, omdat er maar een heel enkele zendmast is waarin alleen UMTS-antennes hangen.

Op grond van deze criteria hebben we een short list van 5 locaties opgesteld, waar we met ondersteuning van het Nationaal Platform Stralingsrisico's veldsterktemetingen hebben gedaan. Op grond daarvan hebben we één locatie geselecteerd.

Uiteindelijk is gekozen voor een proefopstelling in Wageningen, nabij de bijenstand van [bijen@wur](mailto:bijen@wur.nl) (N 51.99234, E 5.66330, zie figuur 4.1a). Op 230 meter van deze locatie bevindt zich een antennemast van 31,7 meter hoog met antennes voor GSM 900, GSM 1800 en UMTS (zie figuur 4.1b).



Figuur 4.1a Proeflocatie (bron: Bing Aerial).



Figuur 4.1b Antennes in de betreffende mast.

4.2 Ontwerp en bouw van de kooi van Faraday

Om een aantal bijenkasten af te schermen van radiofrequente straling, hebben we ze in een kooi van Faraday geplaatst. Om de omstandigheden voor de niet-afgeschermd kasten zoveel mogelijk identiek te maken, hebben we ook die kasten in een kooi geplaatst. Uiteraard was deze tweede kooi niet bekleed met metaalgaas, maar met plastic gaas (met vergelijkbare maaswijdte)¹⁰.

In samenspraak met dhr. George Remkes (toenmalig medewerker NOVEC, expert op het gebied van radiofrequente straling) zijn schetsen gemaakt voor de praktische uitvoering van de kooi van Faraday. Kenmerkend voor de ontwerpen is dat er geen twee wanden parallel zijn; dit vanwege het tegengaan van interne resonanties (en het daardoor mogelijk optreden van staande golven) binnen de kooi. Deze schetsen zijn modelmatig (Feko-model) doorgerekend. Tevens is er een modelberekening gemaakt voor de buizen waardoor de bijen hun kasten in- en uit moeten vliegen. Immers: deze zijn een potentieel 'stralingslek'.

In onderstaande afbeeldingen zien we de kooi van Faraday (die is uitgevoerd in dubbelwandig RVS gaas, fig. 4.2a)¹¹, één van de ingangen voor de bijen (voorzien van een landingsplankje in verschillende kleuren, fig. 4.2b), en de de controle-kooi (die is uitgevoerd in dubbelwandig polyester gaas met vergelijkbare maaswijdte, fig. 4.2c).



Figuur 4.2a De kooi van Faraday.

- 10 Binnen de Faraday-kooi, maar ook binnen de controle-kooi stonden de bijenkasten op relatief korte afstand van elkaar. Betoogd zou kunnen worden dat de kasten daarmee in elkaars 'EMV-schaduw' zouden staan. Voor significante demping is echter elektrische geleiding nodig zoals metalen dat vertonen. Ervan uitgaande dat de bijenvolken (en hun omhullingen) niet als goede elektrische geleider gekwalificeerd kunnen worden, is significante demping niet erg waarschijnlijk. Daar komt bij dat GSM-propagatie ook reflecties omvat. De blootstelling is dus niet alleen maar in de doorgaande lijn naar de antenne.
- 11 De kooi is dubbelwandig uitgevoerd, waarbij de binnenwand en de buitenwand (onderlinge afstand: 5 cm) elk een andere maaswijdte hebben. Op deze wijze wordt maximale demping bereikt. De gebruikte materialen zijn Andamatan 034 voor de buitenkooi, en Andamatan 003 voor de binnenkooi (beide materialen van leverancier Vitalitools).



Figuur 4.2b Invlieg-opening.

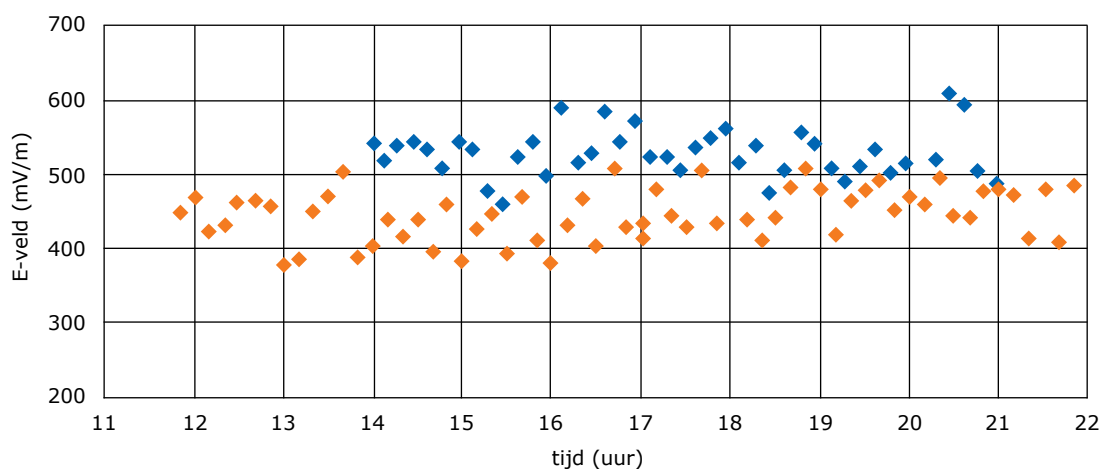


Figuur 4.2c De controle-kooi.

4.3 Veldsterktemetingen binnen en buiten de kooi van Faraday

4.3.1 Tijdsvariatie van de veldsterkte

De sterktes van de uitzendingen van GSM en UMTS systemen hangen samen met het telefoonverkeer. Wanneer er veel gebeld wordt, is de sterkte van de uitzendingen groter dan bij weinig of geen telefoonverkeer. Het telefoonverkeer varieert over de dag en is ook in het weekend anders dan op werkdagen. Voor het onderzoek is het van belang om inzicht te hebben in de variatie van de veldsterkte over de dag en van dag tot dag. Op twee meetdagen is de variatie van de veldsterkte over de dag gemeten¹². Daartoe is de spectrum analysator op statief geplaatst en ingesteld op het meten van het spectrum in de GSM-band. Om de tien minuten is een spectrum opgenomen. Dit spectrum is later geïntegreerd over de GSM-band (down link). De resulterende waarden zijn uitgezet tegen de tijd, zie figuur 4.3a. De tijdsas geeft het tijdstip op de bijbehorende meetdag. De blauwe ruiten zijn verkregen op maandag 20 juni 2011. De oranje ruiten op zaterdag 25 juni 2011.



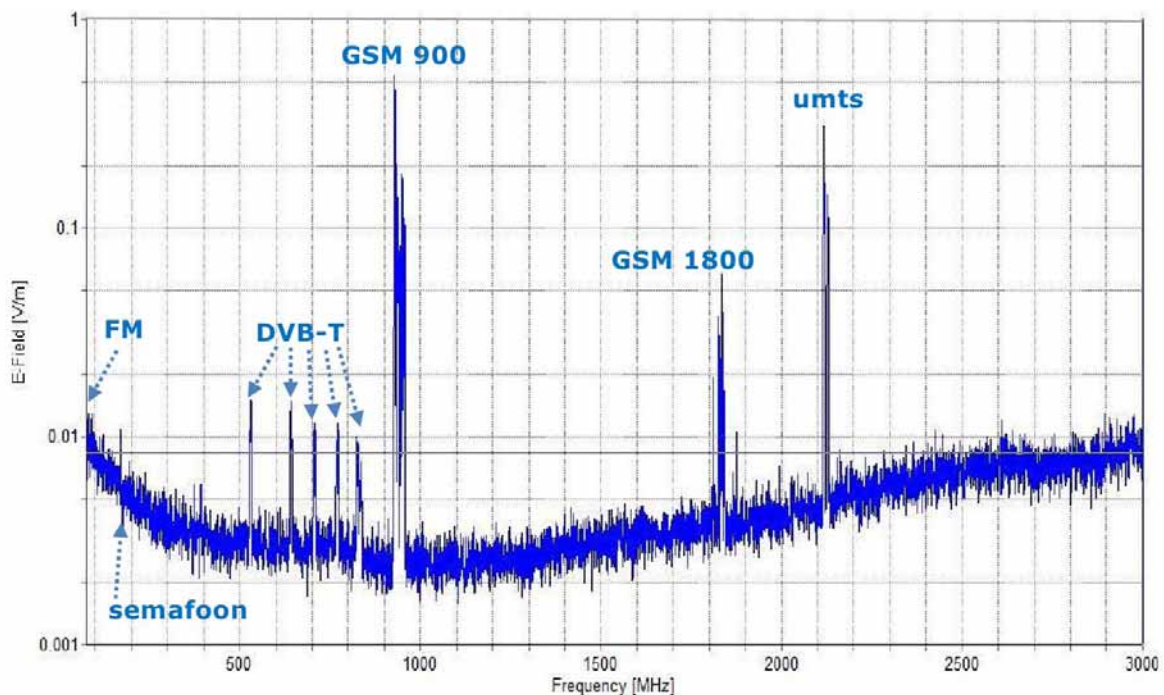
Figuur 4.3a De variatie van de uitzendsterkte in de GSM-band (down link).

¹² April 2010, Narda (± 0.17 dB), meetnauwkeurigheid probe: april 2010, Narda (± 1 dB voor FM en ± 1.5 dB voor DVBT), meetnauwkeurigheid kabel: april 2010, Narda (± 0.2 dB).

Uit de grafiek (pagina 23) blijkt dat de veldsterkte in de GSM-band op meetdag 1 (een werkdag) varieert 450 tot 600 mV/m. Op meetdag 2 (in het weekend) is de veldsterkte lager: 380 tot 510 mV/m. De gemeten variatie is niet zodanig van aard dat het van grote invloed kan zijn op het resultaat van het onderzoek.

4.3.2 Het frequentiespectrum buiten de kooi

Onderstaand een buiten de kooi opgenomen frequentiespectrum van het gehele radiofrequente spectrum (van 100 MHz tot 3 GHz) (fig. 4.3b). De GSM900-, de GSM1800- en de UMTS (2100MHz)-frequenties van mobiele communicatie zijn duidelijk herkenbaar. De brede pieken van 400 tot 800 MHz komen van digitale TV-zenders.



Figuur 4.3b Veldsterktemeting buiten de kooi.

De conclusie die uit bovenstaand resultaat getrokken mag worden is dat de gekozen testlocatie geschikt is om experimenten te verrichten m.b.t. tot blootstelling aan GSM en UMTS signalen. Deze zijn immers beide dominant aanwezig in het radiofrequente gebied.

4.3.3 Het frequentiespectrum binnen de kooi

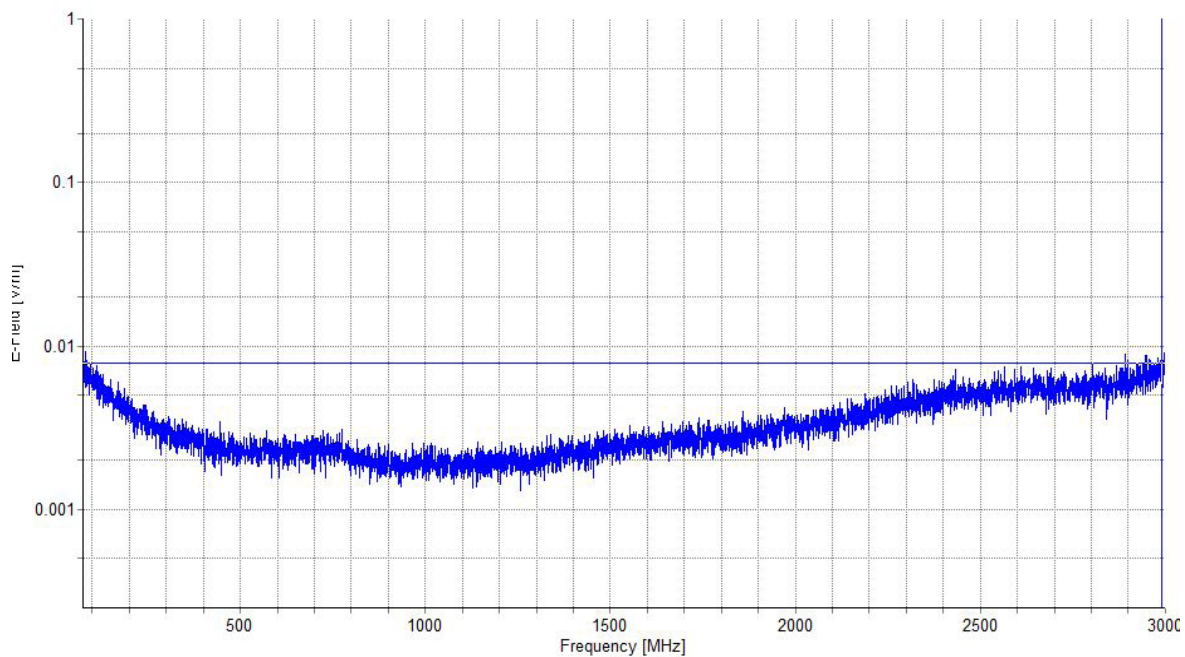
Op pagina 25 een opname van het frequentiespectrum van het gehele radiofrequente spectrum (van 100 MHz tot 3 GHz) binnen de Faraday-kooi (fig. 4.3c).

Het meetresultaat, zoals weergegeven in figuur 4.3c, geeft aan dat in de Faraday kooi geen (met de gebruikte apparatuur) meetbare veldsterkte aanwezig is. De veldsterkte is dus lager dan of gelijk aan het ruisniveau van de meetapparatuur. Deze bevinding is bevestigd door in de Faradaykooi een poging te ondernemen met een mobieltje te bellen. De foto van figuur 4.3d toont het resultaat: geen bereik - en dat op zo'n 230 meter van de zendmast!

Binnen de kooi verdwijnt alle signaal in de ruis. Het is daarom niet mogelijk om de demping exact te berekenen. Wel kunnen we stellen dat de demping minimaal een factor 400 (52 dB) is voor GSM, en minimaal een factor 64 (36 dB)¹³ voor UMTS.

De contrôle-kooi vertoonde geen afschermende werking.

¹³ Voor UMTS lijkt de afscherming veel lager te zijn dan voor GSM. Dit is misleidend. De lagere waarde is deels het gevolg van het feit dat het UMTS signaalniveau 3.5 maal zwakker is dan het GSM signaal (de meetgrens is dus veel eerder bereikt).



Figuur 4.3c Veldsterktemeting binnen de kooi.



Figuur 4.3d Netwerk onbereikbaar.

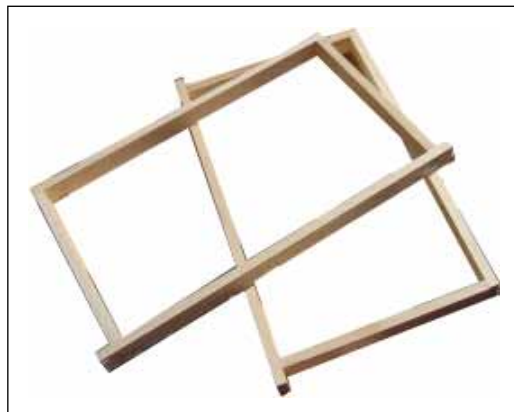
4.4 De bijenkasten en de bijenvolken

Voor de proef is gebruik gemaakt van 20 zes-raams bijenkasten van geëxpandeerd polystyreen (ook wel styropor of piepschuim genaamd, zie fig. 4.4a), en raampjes waarin (anders dan gebruikelijk) geen metalen nieten en geen metalen draadjes in verwerkt zijn (zie fig. 4.4b). Dit om mogelijke invloed van metaal uit te sluiten. De raampjes waren voorzien van kunstraat dat met was aan de latjes was vastgesmolten¹⁴.

¹⁴ Normaliter wordt de kunstraat aan de metalen draden gesmolten.



Figuur 4.4a Zesamer van geëxpandeerd polystyreen.



Figuur 4.4b Volledig houten raampjes.

Om verschillen tussen de volken te minimaliseren, heeft imkersbedrijf Inbuzz vof 20 identieke volken opgezet en overgeteeld op de draadloze ramen.

4.5 Het opstarten van de proef en de werkwijze

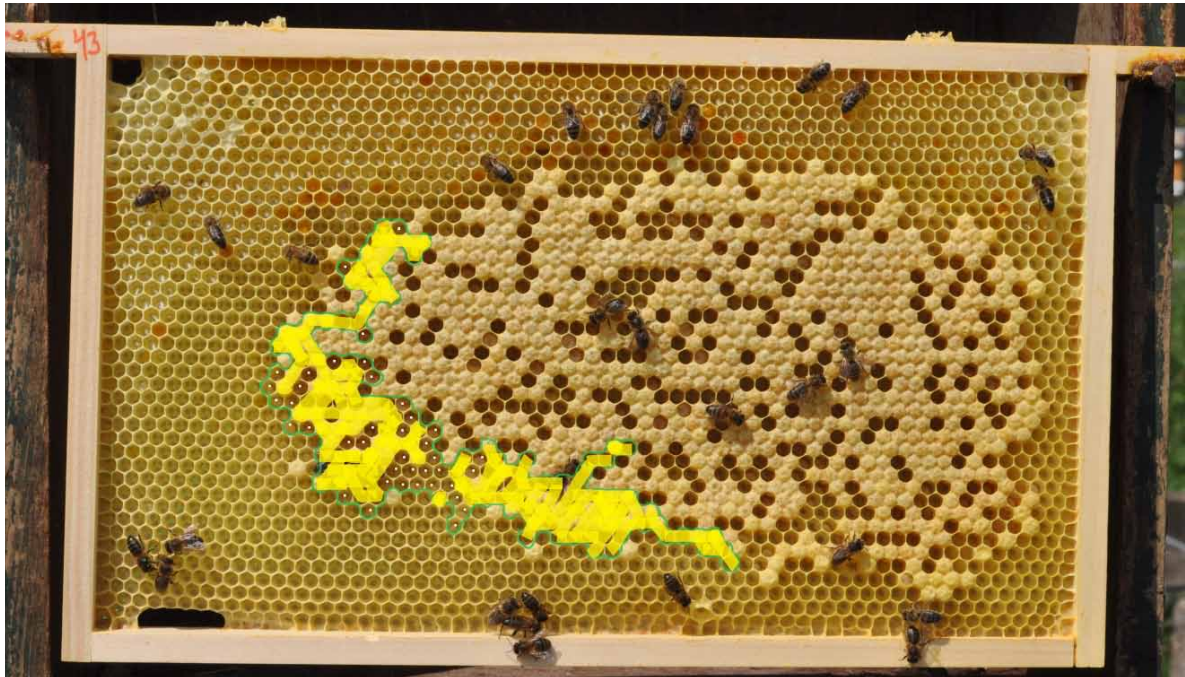
Op 21 juni 2011 werden tien bijenvolken in de Faradaykooi, en tien bijenvolken in de controle-kooi geplaatst. Vervolgens zijn de experimenten uitgevoerd zoals beschreven in het volgende hoofdstuk. Alle experimenten zijn dubbel blind uitgevoerd.

5 Resultaten

Deelvraag 1: verschilt de ontwikkeling van larve via pop tot volwassen bij?

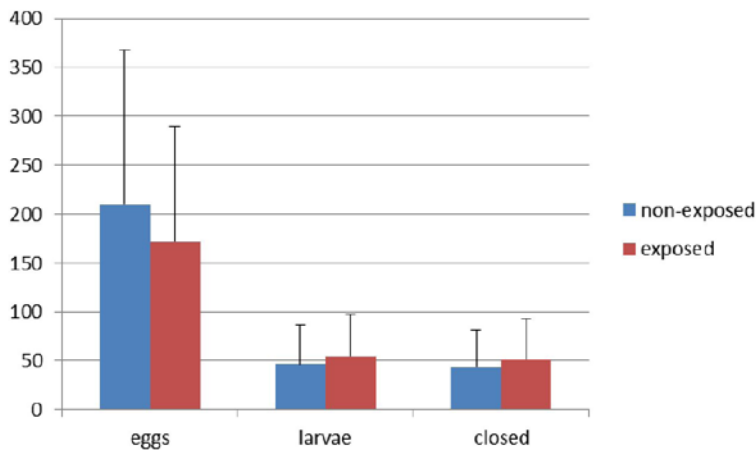
Een koningin legt eitjes, waar na drie dagen larven uitkomen. Deze larven verpoppen na 6 dagen, om vervolgens na 12 dagen als volwassen bij het licht te zien. Als een eitje of een larve niet levensvatbaar blijkt te zijn, wordt die door de aanwezige bijen opgegeten (hergebruik van eiwitten). Eitjes en larven worden ook gegeten wanneer het volk de larven niet in stand kan houden, bijvoorbeeld door voedselgebrek.

Wij fotografeerden daarom ramen met vers gelegde eitjes, en fotografeerden dezelfde ramen wederom na één en na twee weken. Zodoende konden we volgen wat er met de eitjes gebeurde. Dit deden we voor zowel de volken in de Faraday-kooi (de behandelde groep, ofwel de non-exposed) als voor de volken in de controle-kooi (de controlegroep, ofwel de exposed).



Figuur 5.1a Foto van raam 43, op dag 7. De cellen binnen de groene lijnen waren een week eerder eitjes. Op dag 7 is een deel daarvan verdwenen (geel gemerkt) en een deel larve (witte stip). Weer een week later kunnen de witgestipte cellen gesloten zijn (bevatten dan een pop), of leeg (larve verloren gegaan).

Figuur 5.1b laat de resultaten hiervan zien:



Figuur 5.1b Van ei naar larve naar pop.

We fotografeerden ongeveer evenveel eitjes in de behandelde als in de controlegroep (eerste staafdiagram). Na één week hadden slechts ongeveer vijftig (van de ongeveer 150 - 200) eitjes zich ontwikkeld tot larve (tweede staafdiagram). Nog een week later waren zo'n beetje alle larven verpopt (derde staafdiagram). Ofwel: er was een groot verlies in de stap van ei naar larve, maar daarna bleef het aantal ongeveer stabiel. Er was geen verschil ($p = 0.76$) tussen de behandelde groep en de controlegroep. Wanneer er veel eitjes zijn die het niet tot larve brengen, duidt dit doorgaans op slechte weersomstandigheden of voedseltekort. In ons experiment was het eerste het geval; de weersomstandigheden in augustus 2011 waren abominabel.

Deelvraag 2: verschilt het oriëntatievermogen van de bijen?

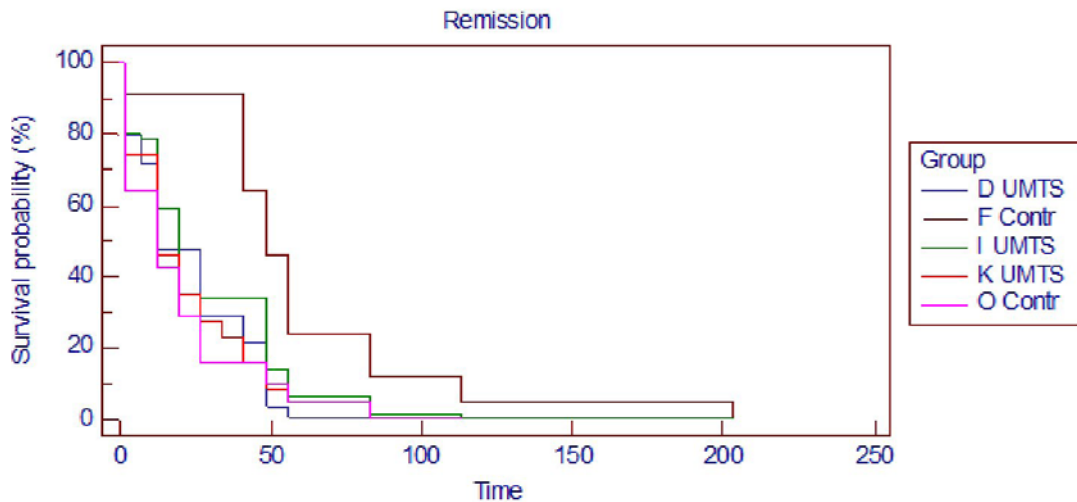
Na succesvolle verpopping (zie boven) komen bijen uit. In de eerste paar dagen gaat de ontwikkeling van de jonge bij door en ze nemen toe in eiwitgehalte en in lichaamsgewicht. Ondertussen voeren ze taken in de bijenkast uit. Als ze ongeveer 8 tot 12 dagen oud zijn, vliegen de bijen uit voor hun oriëntatievluchten. Indien het oriëntatievermogen en/of het leervermogen van de aan EMV blootgestelde bijen minder ontwikkeld zou zijn dan dat van de niet-blootgestelde bijen, zouden ze minder makkelijk de weg naar de kast terug moeten vinden. Immers, uitvliegen is gemakkelijk maar om terug te keren moet je weten waar je woont, en dat ook nog kunnen vinden. De kennis over het 'adres' van de bijenkast en over de omgeving waarin hij staat vergaren jonge bijen in de eerste dagen van hun leven, tijdens oriëntatievluchten.



Figuur 5.2a Het markeren van juist uitgelopen bijen.

Om te toetsen of beide groepen hierin verschilden, hebben we bijen direct na het uitlopen gemarkeerd met een verfstip op hun borststuk. Op de eerste dag hebben we op deze wijze zes groepen van ongeveer honderd bijen (uit drie behandelde en drie controle-volken) gemarkeerd en in een gastvolk ondergebracht. Op de tweede dag hebben we vijf groepen van ongeveer honderd bijen (uit twee behandelde en drie controle-volken) gemarkeerd en in een tweede gastvolk ondergebracht. Beide gastvolken stonden op het zelfde terrein. Vanaf dat moment hebben we geregeld de aanwezigheid van gemarkeerde bijen in de volken gemonitord.

Het aantal gemarkeerde bijen in het tweede gastvolk is weergegeven in volgende figuur.



Figuur 5.2b Verloop van het aantal gemarkeerde bijen over tijd (in dagen).

Het doel van dit onderdeel was om te kijken of in er de zomer een verschil was in de snelheid van afname van het aantal bijen gedurende de eerste 14 dagen, wat je zou verwachten als jonge bijen tijdens hun oriëntatievluchten zouden verdwalen. Van een dergelijk verschil was geen sprake, de curven volgden een gelijk patroon. De figuur laat zien dat het aantal gemarkeerde bijen uit elk van de vijf groepen afnam, totdat na ongeveer 200 dagen geen gemarkeerde bij meer werd waargenomen. Een groot deel van de bijen was na 50 dagen nog in leven, wat aangeeft dat het hier om winterbijen gaat¹⁵.

Binnen elk gastvolk, alsook voor beide gastvolken samen, werd geen verschil gevonden tussen de behandelde en de controlegroep. De p-waarde was echter bijna significant ($p = 0,081$). Dit vraagt om een vervolgonderzoek, wat wij echter niet meer konden realiseren gezien het slechte weer in de nazomer van 2011.

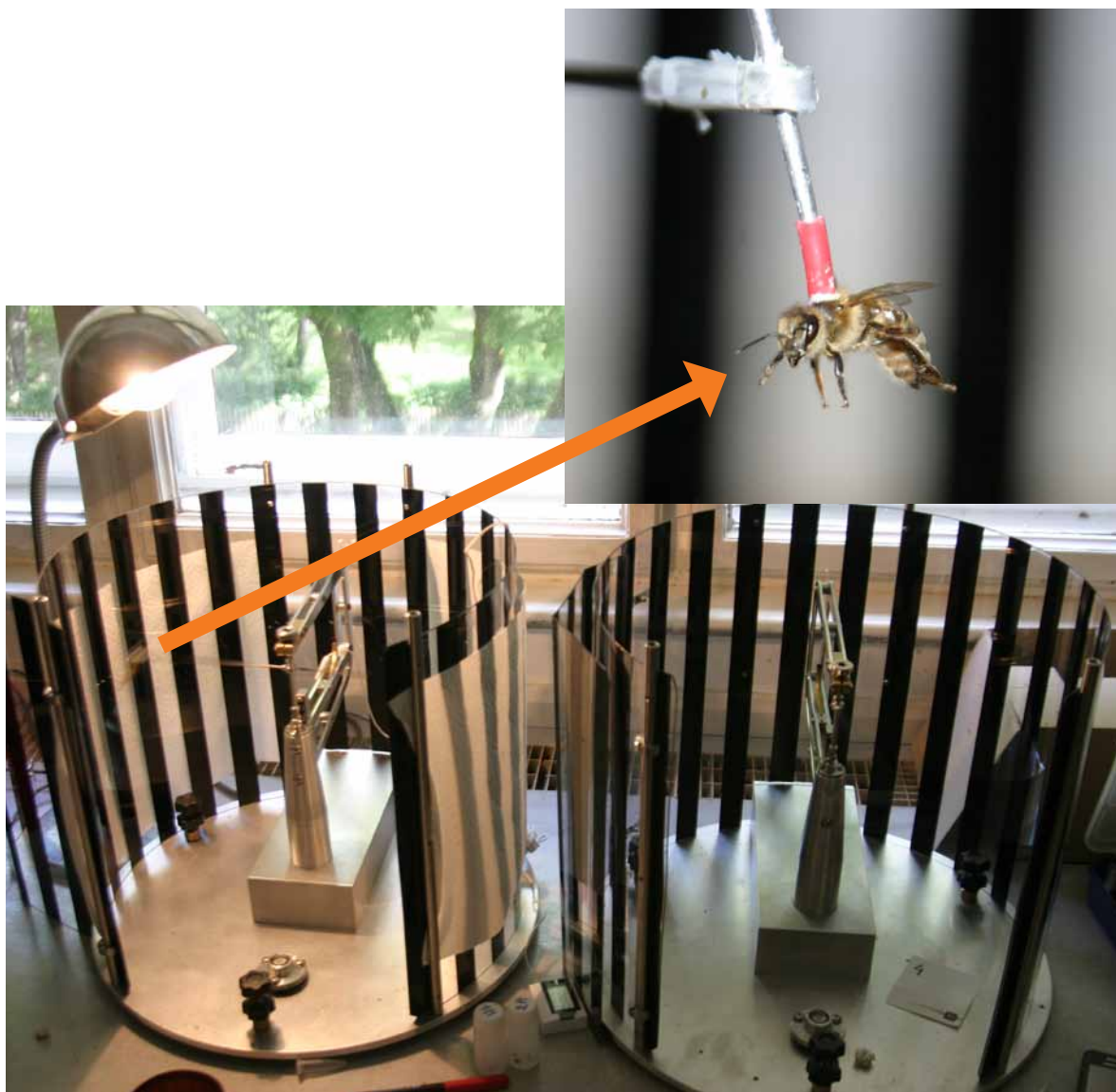
Levensduur van individuele bijen

De bijen overleefden tot maximaal 200 (!) dagen; er werd geen significant verschil gevonden tussen bijen uit de behandelde en uit de controlegroepen.

Deelvraag 3: verschilt het vliegvermogen van de bijen?

Voor het onderzoek naar het vliegvermogen hebben we vijf groepen van 100 zojuist 'geboren' bijen gemarkeerd en in een gastvolk ingebracht. Bijen kunnen pas na een dag of 20 goed vliegen, dus pas ongeveer 20 dagen na hun introductie in het gastvolk hebben we de gemarkeerde bijen rondjes laten vliegen in een carroussel. In deze carroussel werd gemeten hoeveel rondjes de bij in een bepaalde tijdseenheid af kon leggen. Er werd geen verschil gevonden tussen de behandelde en de controlegroep.

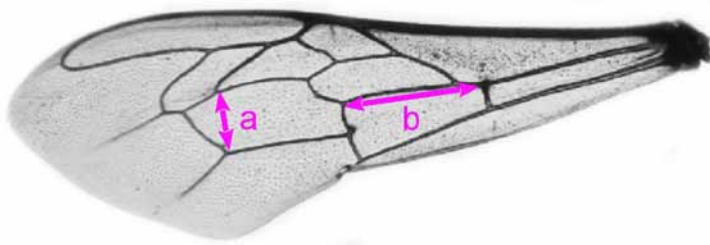
¹⁵ Winterbijen leven lang om het volk de winter te laten overleven. Bijen die in de lente of de zomer 'geboren worden' leven bijna nooit langer dan 30 dagen.



Figuur 5.3 Bijen in hun carroussel.

Deelvraag 4: verschillen diverse fysiologische en morfologische parameters van de bijen?

Als bijen een suboptimale ontwikkeling doormaken, zouden we dat terug kunnen zien in het succespercentage van de eitjes (deelvraag 1), in de overleving van volwassen bijen (deelvraag 2), maar ook in een aantal fysiologische- en ontwikkelingskenmerken. Daarom hebben we in dit onderzoek ook gekeken naar het vliegvermogen van volwassen bijen (deelvraag 3), en naar afwijkingen in de bilaterale symmetrie (de overeenkomsten tussen de rechter- en linkerzijde van de bij, deelvraag 4). Het is namelijk gebleken dat hoe idealer de ontwikkeling van een individu verloopt, hoe gelijkjer de linker en rechter kant van het lichaam zijn (symmetrisch). Verstoring in de ontwikkeling geeft vaak grotere verschillen (asymmetrie). Vervolgens is ook gebleken dat met het verstrijken van de leeftijd het aandeel bijen met een grote symmetrie toeneemt. Met andere woorden: niet symmetrische bijen hebben een grotere kans vroeg te overlijden dan symmetrische (R. Brodschneider, mondelinge mededeling). Voor het onderzoek naar de asymmetrie hebben we uit zowel de behandelde als de controlegroep direct na het uitlopen een aantal bijen ingevroren voor latere analyse. Die analyse bestond uit het meten van hun zogeheten 'fluctuerende asymmetrie'; in zowel de linker- als de rechtervleugel werd een aantal vastgestelde segmenten opgemeten. Er werd daarbij geen verschil gevonden tussen de behandelde en de controlegroep.

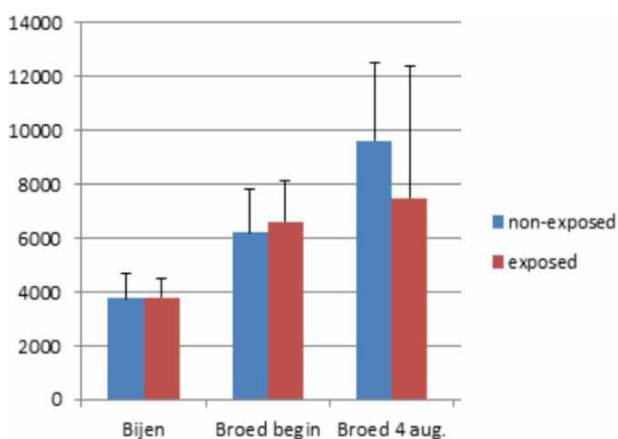


Figuur 5.4 Parameters gebruikt voor het bepalen van de fluctuerende assymetrie.

Deelvraag 5: verschilt de ontwikkeling van de volken?

Het onderzoek was er mede op gericht de verschillende volken gedurende het gehele seizoen te volgen. Omdat de volken in relatief kleine (6-raams) kasten gehuisvest waren, moesten de volken geregeld uitgedund worden omdat ze anders te groot zouden worden voor de kast en zouden zijn gaan zwermen. Geregeld hebben we dus raampjes met broed (en aanhangende bijen) naar een andere kast overgebracht, en een leeg raam ingebracht.

Aan het begin waren de volken ongeveer 4000 bijen groot, terwijl het broednest 6000 gesloten cellen (= poppen) per volk bevatte. Deze verhouding geeft aan dat de volken goed in de groei waren, iets wat nog steeds het geval was op 4 augustus (zelfs ongeveer 8000 gesloten cellen). Het laatste staafdiagram laat zien dat er een behoorlijk verschil zit in het broed op 4 augustus. Door de grote spreiding van de aantallen (weergegeven door het lange 'harkje' bovenop de staven) is dit verschil statistisch echter niet relevant.



Figuur 5.5 Volksontwikkeling.

Een andere parameter voor de ontwikkeling van het volk is het uitvallen van de koningin: koninginnen die verloren raken of die geen broed meer produceren. Dergelijke koninginnen moeten door de bijenhouder of door het volk zelf vervangen worden.

Tijdens het onderzoek zijn enkele koninginnen uitgevallen, zie tabel:

	behandeld (geen EMV)	controle (wel EMV)	totaal
geen koninginnen-uitval	8	6	14
wel koninginnen-uitval	2	4	6
totaal	10	10	20

Er was geen statistisch relevant verschil tussen de beide groepen ($p = 0.63$).

We hebben er voor gekozen om niet elke maand de omvang van het volk (hoeveelheid broed en aantal bijen) te schatten, want dat zou de bijen te veel verstoord hebben.

Overige waarnemingen

Omdat de proeven pas laat in het seizoen werden afgerond, hebben we de volken in de Faradaykooi en controle-kooi laten overwinteren. In het voorjaar bleken in de Faraday kooi negen van de tien volken te leven, in de controle-kooi maar drie van de tien. Helaas kunnen we geen uitspraak doen of dit een werkelijk of toevallig verschil is, omdat

- a) de beide groepen van tien volken in één kooi stonden (ze waren daarmee niet volledig onafhankelijk van elkaar, met andere woorden ze waren statistisch 'ge-nest'). De redelijkheid noopt om een eventueel verschil in overleving met argwaan te beschouwen. Op de bijenstand was bij de andere volken (uit andere proeven) geen sprake van hoge sterfte, terwijl die allemaal blootgesteld waren aan de EMV. Dit neemt niet weg dat eventuele effecten op wintersterfte van volken in een aparte proef met een daarvoor geschikte opzet onderzocht moeten worden.
- b) de dode volken een hoge Varroamijt-besmetting hadden, wat er op zou kunnen duiden dat dit de oorzaak was voor de sterfte. De Varroa-besmettingsgraad in de volken die de winter wél hadden overleefd was niet vast te stellen, vanwege de eerdere bestrijding in januari.

6 Conclusies

Uit het project met het hoofd- en de sub-experimenten blijkt dat de ontwikkeling van larven en poppen van de honingbij door 21 dagen blootstelling aan EMV niet verschillend was ten opzichte van de ontwikkeling van EMV afgeschermdde larven en poppen. Dit is beoordeeld aan:

- Verlies van larven tijdens ontwikkeling
- De levensduur van individuele bijen
- Fluctuerende asymmetrie bij het uitlopen van de bijen
- De vliegcapaciteiten van de bijen rond de ~20ste levensdag
- Overleving van individueel gemarkeerde bijen: geen verschil in vroeg verlies (verdwalen bij oriëntatie), noch verlaagde levensverwachting van winterbijen

Op het niveau van het gehele volk bleek dat de volken zich niet verschillend ontwikkelden. In de winter bleken de EMV blootgestelde volken slechter te overleven dan de van EMV afgeschermdde volken. Echter, de steekproefgrootte is te klein, en de behandelingen waren genest¹⁶ per kooi (en dus niet compleet onafhankelijk). Daardoor kunnen aan dit resultaat geen statistisch verantwoorde conclusies worden verbonden.

¹⁶ Met 'genest' wordt bedoeld dat de tien behandelde volken niet compleet onafhankelijk van elkaar waren, omdat ze in één en dezelfde Faraday-kooi zaten. Hetzelfde geldt voor de tien controle-volken: die zaten met z'n tien in de kooi van plastic gaas.

7 Aanbevelingen

Bij de 'Overige Waarnemingen' (Hoofdstuk 5) constateerden we dat zowel de winter-overleving van de volken als de omvang van de volken in de lente, substantieel beter lijken voor de behandelde (non-exposed) volken. Echter, de steekproefgrootte is te klein, en de behandelingen waren genest per kooi. Daardoor kunnen aan dit resultaat geen statistisch verantwoorde conclusies worden verbonden. We bevelen aan om specifiek op het onderwerp van de winter-overleving en de omvang van de volken in de lente een proef op te zetten. Een dergelijke proef zal voldoende volken moeten omvatten (in de orde van grootte van 30 behandelde en 30 onbehandelde volken) en geplaatst in voldoende onafhankelijke Faraday en controle-kooien.

In het kader van dit Wetenschapswinkel-onderzoek zijn twee reviews uitgevoerd van literatuur over de relatie tussen honingbijen en EMV: Urrea Hernandez *et al.* (2010) en Blacqui re en Brodschneider (forthcoming). Tijdens het uitvoeren van deze twee reviews is duidelijk geworden dat er erg weinig onderzoek is gedaan naar de invloed van radiofrequente EMV op honingbijen. In het verleden is wel redelijk wat onderzoek gedaan naar de invloed van laagfrequente EMV (hoogspanningsleidingen e.d.) op honingbijen. Wij bevelen daarom aan dat er veel meer (veld)onderzoek wordt gedaan naar de relatie tussen radiofrequente EMV en honingbijen.

Literatuurlijst

Blacqui re, T., Van Straalen N. & Buit r, R. (redactie) (2010): Bijen, fascinerend, essentieel en bedreigd. Bio-wetenschappen en maatschappij, kwartaal 4.

Blaqui re, T & Brodschneider, R. (forthcomming): Sham or reasons for concern? The influences of electromagnetic fields on honeybees. Proposed Journals: Insect soc, Apidologie, Bioelectromagnetics.

Cucurachi, S, Tamis, WL, Vijver, MG, Peijnenburg, WJ, Bolte, JF, & de Snoo, GR (2013): A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Environment International 51 (2013) 116–1.

Emlen, S.T. (1975): Migration: Orientation and navigation. New York: Academic Pressobins.

Gould, J.L., Kirschvink, J.L., Deffeyes, K.S. (1978): Bees have magnetic remanence. Science 201, 1026–1028.

Hsu, C.Y., Li, C.W. (1994): Magnetoreception in honeybees. Science 265, 95–97.

Hsu, C.Y., Ko, F.Y., Li, C.W., Fann, K., Lue, J.T. (2007): Magnetoreception system in honeybees (*Apis mellifera*). PLoS. ONE 2, e395.

Keim, C.N., Cruz-Landim, C., Carneiro, F.G., Farina, M. (2002): Ferritin in iron containing granules from the fat body of the honeybees *Apis mellifera* and *Scaptotrigona postica*. Micron. 33, 53–59.

Lohmann, K.J. & Lohmann, C.M.F. (1996): Orientation and open-sea navigation in sea turtles. Journal of Experimental Biology 199: 73-81.

Moore, F.R. (1987): Sunset and the orientation behaviour of migratory birds. Biological Review 62: 65-86.

Neumann, P. & Carrec, N (2010): Honey bee colony losses. Journal of apicultural research 49 (1), 1-6.

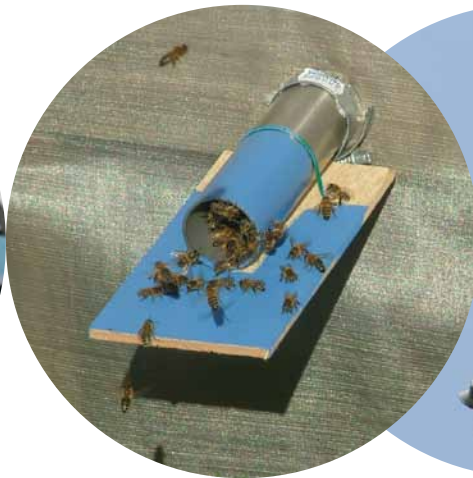
Panagopoulos DJ. Effect of microwave exposure on the ovarian development of *Drosophila melanogaster*. Cell Biochem Biophys 2012;63(2):121–32.

Phillips, J.B. (1986): Two magnetoreceptor pathways in a migratory salamander. Science 233: 765-767.

Urrea Hernandez, C, Jongeling, C, Rouw, H; Van Loon, M, Koenen, E & Beguerie, S. (2010): Sham or reasons for concern? The influences of electromagnetic fields on honeybees. Student report, Wageningen University.

Van der Zee, R. (2010): Colony losses in the Netherlands. Journal of apicultural research 49 (1), 121-123.

Wiltschko, W. & Wiltschko, R. (2005): Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. Journal of Comparative Physiology A 191:675–693.



Wageningen UR, Wetenschapswinkel
Postbus 9101
6700 HB Wageningen
T (0317) 48 39 08
E wetenschapswinkel@wur.nl

www.wageningenUR.nl/wetenschapswinkel

Wageningen UR (University & Research centre) ondersteunt met de Wetenschapswinkel maatschappelijke organisaties als verenigingen, actiegroepen en belangenorganisaties. Deze kunnen bij ons terecht met onderzoeksvragen die een maatschappelijk doel dienen. Samen met studenten, onderzoekers en maatschappelijke groepen maken wij inspirerende onderzoeksprojecten mogelijk.

