



Literatuuroverzicht - december 2023

Impact van
mobiele
telefoon-
masten op

Natura 2000-
habitats en -
soorten in
Brussel


biotope
ENVIRONNEMENT

strattec 

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
I. Inleiding.....	4
A. Natura 2000-context.....	4
B. Brusselse regelgeving antennes die elektromagnetische golven uitzenden.....	5
C. Gebruikte frequenties	6
D. Milieuvergunningen en Natura 2000	7
II. Literatuurstudie.....	8
A. Methodologie	8
1. Gebruikte termen en combinaties van termen.....	8
2. Combinaties van termen	9
2.1. Combinatie 1-2	9
2.2. Combinatie 1-2-3a.....	9
2.3. Combinatie 1-2-3b.....	9
2.4. Combinatie 1-2-3a-4a.....	9
2.5. Combinatie 1-2-3b-4a.....	9
2.6. Combinatie 1-2-3a-4b.....	10
2.7. Combinatie 1-2-3b-4b	10
3. Gebruikte zoekmachines	10
B. Literatuurstudie	11
1. Introductie	11
2. Hiaten en controverses in de bestaande literatuur	12
3. Effecten van radiogolven.....	13
3.1. Gewervelde dieren	13
3.2. Ongewervelde dieren	14
3.3. Planten.....	15
III. Gevoeligheidsmatrix	21
A. Methodologie	21
B. Matrix	22
C. Discussie	25
Algemene conclusie	26
Bibliografie	27
Congres	30
Bijlage 1	31

Voorwoord

De algemene doelstelling van de studie waarop dit verslag betrekking heeft, is het bepalen van de omstandigheden waarin redelijkerwijs kan worden aangenomen dat een antenne voor mobiele telefonie geen significante invloed kan hebben op een Natura 2000-gebied in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). Het doel is dus om na te gaan of de installatie van deze antennes de instandhoudingsdoelstellingen van de sites niet in de weg staat.

De eerste fase van deze studie bestaat erin de potentiële impact van gsm-masten opnieuw te beoordelen in het licht van de opwaartse trend van de immissienorm in Brussel. De limiet van deze norm, die al naar boven werd herzien van 3 V/m in 2012 tot 6 V/m in 2014, verhoogd tot 14,57 V/m buitenshuis en 9,19 V/m binnenshuis, met name om de ontplooiing van 5G in Brussel mogelijk te maken. Op 2 maart 2023 keurde het Brussels Parlement de ontwerpordonnantie goed. Daartoe werd de literatuurstudie die in 2012 werd uitgevoerd door Verschaeve & Bervoets geactualiseerd en werd een kwetsbaarheidsmatrix voor soorten opgesteld, met de te verwachten effecten van gsm-masten, de gevoeligheid van soorten en de blootstelling aan deze effecten.

Ter afsluiting van deze eerste fase hebben we twee deskundigen bijeengebracht om een consensus te bereiken over de gevoeligheidsniveaus die kunnen worden verwacht op de belanghebbende soorten en habitats (bijlage 1). Op basis van de resultaten van deze raadpleging zullen we de mogelijkheid bestuderen om specifieke voorwaarden te definiëren waaronder redelijkerwijs kan worden aangenomen dat een antenne geen significant effect heeft op de soorten en habitats van een Natura 2000-gebied, en dus de noodzaak kan uitsluiten om een passende effectbeoordeling (PEB) voor Natura 2000 uit te voeren.

I. Inleiding

A. Natura 2000-context

Artikel 6, lid 3, van de Habitatrichtlijn bepaalt hoe ingrepen in en nabij Natura 2000-gebieden moeten worden beoordeeld: "**Voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen en projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied, wordt een passende beoordeling gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen van dat gebied**".

Deze **passende beoordeling** is een **absolute voorwaarde** voor de afgifte van een vergunning voor het plan of project in kwestie en moet worden uitgevoerd voor elke ingreep die een potentiële impact heeft op een speciale beschermingszone (SBZ). Toestemming kan alleen worden verleend als is vastgesteld dat :

- Het project tast de integriteit van de site niet aan;
- Bij een negatieve beoordeling worden alternatieve/verzachtende oplossingen bestudeerd en indien nodig geïmplementeerd;
- Als een plan of project toch moet worden uitgevoerd om dwingende redenen van groot openbaar belang, moeten de nodige compenserende maatregelen worden genomen "*om te waarborgen dat de algehele samenhang van het Natura 2000-netwerk bewaard blijft*".

Artikel 6 van de Habitatrichtlijn werd omgezet in Brussels recht door de artikelen 57 tot 65 van de Ordonnantie van 1 maart 2012 inzake natuurbehoud. Artikel 57 bepaalt: "Voor elk vergunnings-, toestemmings- of goedkeuringsplichtig plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het ecologisch beheer van een Natura 2000-gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen en projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied, wordt een passende beoordeling gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen van dat Natura 2000-gebied, conform de bepalingen van deze onderafdeling.

Een plan of project kan significante gevolgen hebben voor een Natura 2000-gebied, in de zin van het voorgaande lid, indien op grond van objectieve elementen - met name deze opgenomen in bijlage VII - niet kan worden uitgesloten dat het plan of project, afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten, de verwezenlijking van een of meer instandhoudingsdoelstellingen van het gebied in gevaar brengt".

De instandhoudingsdoelstellingen van de gebieden staan vermeld bijlage 4 van de volgende decreten:

- BBHR van 24/09/2015 tot aanwijzing van het Natura 2000-gebied - BE1000002 : "Bosrijke en open gebieden in het zuiden van het Brussels Gewest - Verrewinkel - Kinsendael complex".
- BBHR van 14/04/2016 tot aanwijzing van het Natura 2000-gebied - BE1000001 : "Het Zoniënwoud met omliggende bosgebieden en het Woluwedal - Zoniënwoud - Woluwedalcomplex".
- AGRBC van 14/04/2016 tot aanwijzing van het Natura 2000-gebied - BE1000003 : "Bossen en waterrijke gebieden van de Molenbeekvallei in het noordwesten van het Brussels Gewest".

Aan de andere kant worden sommige antennes geïnstalleerd in of nabij structuren die schuilplaatsen voor beschermde soorten kunnen bevatten. Voorbeelden hiervan zijn installaties op zolders en in

klokkentorens, waar zich beschermde soorten zoals de slechtvalk, de kerkuil of vleermuizen kunnen ophouden. De artikelen 67 en 68 van de ordonnantie van 1 maart regelen de strikte bescherming van soorten. Deze bescherming houdt met name in dat het verboden is, opzettelijk of met kennis van zaken, te vernielen of te beschadigen hun leefgebieden, toevluchtsoorden, broed- en rustplaatsen, nesten en eieren te verwijderen en opzettelijk of met kennis van zaken hun nesten te verwijderen en te verstoren, met name tijdens de voortplantings-, afhankelijkheids-, overwinterings- of migratieperiode.

B. Brusselse regelgeving antennes die elektromagnetische golven uitzenden

Op 1 maart 2007 werd in een verordening betreffende de bescherming van het milieu tegen de mogelijke schadelijke effecten en hinder veroorzaakt door niet-ioniserende straling een milieu-immissienorm voor niet-ioniserende straling, met een frequentie tussen 0,1 MHz en 300 GHz, vastgelegd op 0,024 W/m². Deze norm komt overeen met 3 V/m voor de referentiefrequentie van 900 MHz¹. De norm is op 14 maart 2009 van kracht geworden.

In 2012 werd een literatuuroverzicht gepubliceerd over de effecten van radiofrequenties op organismen die kenmerkend zijn voor Natura 2000-gebieden in hun natuurlijke leefomgeving (Verschaeve & Bervoets, 2012).

Om een kader te bieden voor de ontwikkeling van 4G, werd deze verordening in april 2014 gewijzigd en werd immissienorm verhoogd tot 0,096 W/m², d.w.z. 6 V/m voor een 900 MHz in gebieden die toegankelijk zijn voor het publiek, in plaats van de 3 V/m waarmee rekening werd gehouden in de studie van 2012. Deze wijziging werd van kracht op 10 mei 2014.

In maart 2023 werd in het kader van de uitrol van 5G in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest een nieuwe wijziging van de ordonnantie van 1 maart 2007 goedgekeurd, die het principe bekrachtigt een **beperkte verhoging van de blootstellingsnorm tot 14,57 V/m buitenshuis en 9,19 V/m binnenshuis, inclusief radio- en televisieantennes**.

Bovendien heeft de wijziging van de ordonnantie van 1 maart 2007 betreffende de bescherming van het leefmilieu tegen de mogelijke schadelijke effecten en hinder veroorzaakt door niet-ioniserende straling geleid tot de actualisering van de uitvoeringsbesluiten van de ordonnantie. Rubriek 162B, waaronder buitenantennes vallen, is als volgt gewijzigd:

¹ Aangezien absorptie en de diepte waarop golven het lichaam binnendringen afhankelijk zijn van hun frequentie, wordt een referentiefrequentie van 900 MHz gebruikt om golven op een gemeenschappelijke basis te vergelijken.

Nee.	Rubriek	Classe
162B	Antennes die straling uitzenden die valt onder het besluit van 1 maart 2007 betreffende de bescherming van het milieu tegen de mogelijke schadelijke effecten en hinder veroorzaakt door niet-ioniserende straling (met inbegrip van de technische installaties die nodig zijn voor de werking van de antennes), met uitzondering van : - antennes met een totaal effectief EIRP-vermogen van minder dan 5W; - lineaire stralingssystemen zoals stralingskabels en geleiders van stralende golven ; - WiFi-antennes, op voorwaarde dat ze toegelaten zijn volgens het Koninklijk Besluit van 18 december 2009 betreffende de private radiocommunicatie en gebruiksrechten voor vaste netten en bundelnetten, of elke andere bepaling die dit besluit vervangt; - radiorelaisystemen; - zendantennes.	1D

C. Gebruikte frequenties

De frequenties die in België aan de verschillende technologieën zijn toegewezen, staan in de tabel hieronder. De cursief gedrukte frequenties (700 MHz en 26.000 MHz) zijn nog niet officieel toegewezen, maar zouden op termijn gebruikt kunnen worden voor 5G. Er moet worden opgemerkt dat de eerste milieuvergunningen voor dynamische 5G-antennes in juli 2023 zijn verleend door Leefmilieu Brussel.

Frequenties	Technologieën
<i>700 MHz</i>	<i>5G-standaard</i>
800 MHz	4G
900 MHz	2G, 3G
1800 MHz	2G, 4G
2100 MHz	3G, 4G, 5G licht
2600 MHz	4G
3600 MHz	5G-standaard
<i>26 000 MHz</i>	<i>5G-standaard</i>

Het Belgisch Instituut voor Post en Telecommunicatie (BIPT) heeft voorlopige gebruiksrechten in de 3600-3800 MHz frequentieband toegekend aan vijf operatoren om de eerste uitrol 5G in België mogelijk te maken. Deze gebruiksrechten zijn geldig tot uiterlijk 6 mei 2025 (of tot de definitieve gebruiksrechten van kracht worden). Standaard 5G zal dus in eerste instantie gebruik maken van de 3600 MHz (of 3,6 GHz) frequentieband, die momenteel ongebruikt is en een hogere frequentie heeft dan de banden die momenteel in gebruik zijn. Operators zijn erg geïnteresseerd in de 3600 MHz-band omdat deze erg "breed" is, waardoor veel informatie kan worden overgedragen.

Later zal standaard 5G naar verwachting ook worden uitgerold via de 700 MHz-band, maar de rechten zijn nog niet toegewezen. **Op de langere termijn zou 5G gebruik kunnen maken van frequentiebanden in de zogenaamde millimetergolven. In deze laatste is de aangegeven frequentie 26.000 MHz (of 26 GHz).** Terwijl een veiling van de 700 MHz-band gepland is voor de uitrol van 5G, **heeft het BIPT**

momenteel geen plannen om de 26 GHz-band op korte of middellange termijn toe te kennen, met uitzondering van mogelijke testvergunningen (Leefmilieu Brussel, 2021).

D. Milieuvergunningen en Natura 2000

Zoals voor elke geclassificeerde installatie geldt dat wanneer de installatie en exploitatie van een van deze antennes een aanzienlijke impact kan hebben op een Natura 2000-gebied, hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie met andere projecten, een "Passende Effectbeoordeling" van het project op het betrokken gebied moet worden bestudeerd, specifiek met het oog op de instandhoudingsdoelstellingen van het gebied. Deze beoordeling maakt dan integraal deel uit van het milieuvergunningsaanvraagdossier (zie BBHR van 28 mei 2009 tot bepaling van de samenstelling van het milieucertificaat en het vergunningsaanvraagdossier).

II. Literatuuroverzicht

A. Methodologie

1. Gebruikte termen en combinaties van termen

Tabel 1: Gebruikte termen in het literatuuronderzoek (Franse versie)

Groep	Categorie	Subcategorie	Voorwaarden
1	Impact en synoniemen	/	Impact*, influence*, perturbation*, perte* habitat*, effet*
2	Bronnen of soorten impact	/	Antenne*, antenne* gsm, onde*, onde* gsm, antenne* émettrice*, radiofréquence*, signal* RF, champ* magnétique*, champ* magnétique* basse-fréquence*, champ* ELF, champ* EMF, thermique*, non-thermique*, CEM*, 700 MHz, 2,1 GHz, 3,6 GHz, 26 GHz, 5G
3	Beïnvloede elementen	Habitats	Habitat*, biotope*, milieu*, milieu* nature*, forêt*, prairie*, pelouse*, réserve*, réserve* naturelle*, site* de grand intérêt biologique, Natura 2000, habitat* Natura 2000
		Soorten	Espèce*, espèce* vivant*, organisme*, anima*, plant*, végét*, oiseau*, mammifère*, micromammifère*, bétail, espèce* Natura 2000, champignons, insecte*, amphibien*, reptile*, araignée*
4	Perioden	Bruikbare Fase	Construction*, maintenance, entretien*, exploitation
		Levenscyclus	Reproduction, hivernage, hibernation, repos, dortoir
5	Conditie		Dehors, extérieur

Tabel 2: Gebruikte termen in het literatuuronderzoek (Engelse versie)

Groep	Categorie	Subcategorie	Voorwaarden
1	Impact en synoniemen	/	Impact*, influence*, disturb*, loss* habitat*, effect*, damage*
2	Bronnen of soorten impact	/	Antenna*, gsm antenna*, wave*, gsm wave*, transmitting antenna, radiofrequency*, RF signal*, magnetic field*, low frequency magnetic field*, ELF field*, EMF field*, thermal, non-thermal, CEM*, 700 MHz, 2.1 GHz, 3.6 GHz, 26 GHz, 5G
3	Geïnficeer	a) Leefgebieden	Habitat*, biotope*, environment*, natural environment*, forest*, meadow*, grassland*, reserve*, nature reserve*, site* of great biological interest, Natura 2000, Natura 2000 habitat*

	de elementen	b) Soorten	Species, living species, organism*, animal*, plant*, vegetation*, bird*, mammal*, micromammal*, livestock, cattle, Natura 2000 species, mushroom*, fung*, insect*, amphibian*, reptile*, spider*
4	Perioden	a) Fasegebruik	Construction*, building*, maintenance, exploitation
		b) Levenscyclus	Reproduction, wintering, hibernation, rest, dormitory*
5	Voorwaarde n		Outside

Voor elke zoekopdracht werd de term "AND" gebruikt tussen elke groep (met een enkele subgroep) en de term "OR" tussen elke term in dezelfde groep.

2. Combinaties van termen

2.1. Combinatie 1-2

(Impact* OR influence* OR disturb* OR "loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR «gsm antenna*» OR wave* OR «gsm wave*» OR «transmitting antenna» OR radiofrequenc* OR «RF signal*» OR «magnetic field*» OR «low frequency magnetic field*» OR «ELF field*» OR «EMF field*» OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G»)

2.2. Combinatie 1-2-3a

(Impact* OR influence* OR disturb* OR "loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR «gsm antenna*» OR wave* OR «gsm wave*» OR «transmitting antenna» OR radiofrequenc* OR «RF signal*» OR «magnetic field*» OR «low frequency magnetic field*» OR «ELF field*» OR «EMF field*» OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G») AND (Habitat* OR biotope* OR environment* OR «natural environment*e OR forest* OR meadow* OR grassland* OR reserve* OR nature reserve* OR «site* of great biological interest» OR «Natura 2000» OR «Natura 2000 habitat*»)

2.3. Combinatie 1-2-3b

(Impact* OR influence* OR disturb* OR "loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR "gsm antenna*" OR wave* OR "gsm wave*" OR "transmitting antenna" OR radiofrequenc* OR "RF signal*" OR "magnetic field*" OR "low frequency magnetic field*" OR "ELF field*" OR "EMF field*" OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G») AND (Species OR "living species" OR organism* OR animal* OR plant* OR vegetation* OR bird* OR mammal* OR micromammal* OR livestock OR cattle OR "Natura 2000 species" OR mushroom* OR fung* OR insect* OR amphibian* OR reptile* OR spider*)

2.4. Combinatie 1-2-3a-4a

(Construction* OR building* OR maintenance OR exploitation) AND (Impact* OR influence* OR disturb* OR "loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR «gsm antenna*» OR wave* OR «gsm wave*» OR «transmitting antenna» OR radiofrequenc* OR «RF signal*» OR «magnetic field*» OR «low frequency magnetic field*» OR «ELF field*» OR «EMF field*» OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G») AND (Habitat* OR biotope* OR environment* OR «natural environment*e OR forest* OR meadow* OR grassland* OR reserve* OR nature reserve* OR «site* of great biological interest» OR «Natura 2000» OR «Natura 2000 habitat*»)

2.5. Combinatie 1-2-3b-4a

(Construction* OR building* OR maintenance OR exploitation) AND (Impact* OR influence* OR disturb* OR "loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR «gsm antenna*» OR wave* OR «gsm

wave*» OR «transmitting antenna» OR radiofrequenc* OR «RF signal*» OR «magnetic field*» OR «low frequency magnetic field*» OR «ELF field*» OR «EMF field*» OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G») AND (Species OR «living species» OR organism* OR animal* OR plant* OR vegetation* OR bird* OR mammal* OR micromammal* OR livestock OR cattle OR «Natura 2000 species» OR mushroom* OR fung* OR insect* OR amphibian* OR reptile* OR spider*)

2.6. Combinatie 1-2-3a-4b

(Impact* OR influence* OR disturb* OR "loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR «gsm antenna*» OR wave* OR «gsm wave*» OR «transmitting antenna» OR radiofrequenc* OR «RF signal*» OR «magnetic field*» OR «low frequency magnetic field*» OR «ELF field*» OR «EMF field*» OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G») AND (Habitat* OR biotope* OR environment* OR «natural environment*» OR forest* OR meadow* OR grassland* OR reserve* OR nature reserve* OR «site* of great biological interest» OR «Natura 2000» OR «Natura 2000 habitat*») AND (reproduction, wintering, hibernation, rest, dormitory*)

2.7. Combinatie 1-2-3b-4b

(Impact* OR influence* OR disturb* OR « loss* habitat*" OR effect*) AND (Antenna* OR «gsm antenna*» OR wave* OR «gsm wave*» OR «transmitting antenna» OR radiofrequenc* OR «RF signal*» OR «magnetic field*» OR «low frequency magnetic field*» OR «ELF field*» OR «EMF field*» OR thermal OR non-thermal OR CEM* OR «700 MHz» OR «2.1 GHz» OR «3.6 GHz» OR «26 GHz» OR «5G») AND (Species OR «living species» OR organism* OR animal* OR plant* OR vegetation* OR bird* OR mammal* OR micromammal* OR livestock OR cattle OR «Natura 2000 species» OR mushroom* OR fung* OR insect* OR amphibian* OR reptile* OR spider*) AND (reproduction, wintering, hibernation, rest, dormitory*)

3. Gebruikte zoekmachines

BASE (Bielefeld Academische Search Engine)
Google onderzoeker
EMF-Portal
Mendeley
Researchgate
Scopus
Web of Science

B. Literatuuroverzicht

1. Inleiding

Om draadloze communicatie mogelijk te maken, maken telecommunicatienetwerken gebruik van radiogolven die signalen transporteren, verzonden en ontvangen door antennes, en gebruikers bedienen. Radiogolven (0-300 GHz) maken deel uit van het elektromagnetische spectrum en vertegenwoordigen een combinatie van onzichtbare elektrische en magnetische krachtvelden die zowel op natuurlijke wijze als menselijke activiteit kunnen ontstaan (Goudeseune et al., 2018). Antropogene elektromagnetische golven worden gebruikt in een breed scala aan technologieën, waaronder elektriciteitsleidingen, televisie/omroep, Wi-Fi, communicatie, enzovoort (Goudeseune et al., 2018).

Deze netwerken hebben zich in de loop der tijd ontwikkeld en zijn in opeenvolgende generaties gelanceerd (2G/3G/4G/5G). Het doel van mobiele netwerken van de vijfde generatie (5G) is om aanzienlijk hogere mobiele breedbandsnelheden en een groter datagebruik mogelijk te maken. Een van de technologische veranderingen die het mogelijk moeten maken om deze doelen te bereiken, is het gebruik van extra, hogere frequentiebanden in het radiogolvenspectrum (Simko & Mattsson, 2019; Thielens, 2021). De vijfde generatie telecommunicatienetwerken zal daarom werken op frequenties die niet algemeen werden gebruikt in eerdere generaties (6-300 GHz), waardoor de blootstelling aan deze radiogolven zal veranderen (Thielens, 2021). Deze toename van de omgeving geeft aanleiding tot bezorgdheid, vooral met het vooruitzicht van het gebruik van hogere frequenties en nieuwe kenmerken/vormen van signaalgolven, met gevolgen voor het hele bioom (Levitt et al., 2022). Blootstelling aan radiogolven en hun interactie met organismen is afhankelijk van de frequentie van de golven (Thielens, 2021). Deze voorspelde veranderingen in frequentie rechtvaardigen daarom een herziening van de bestaande literatuur over de effecten van blootstelling van flora en fauna aan elektromagnetische golven met een hogere frequentie.

Op dit moment zijn de bestaande blootstellingsnormen alleen van toepassing op mensen. Wilde dieren worden niet beschermd, zelfs niet binnen de veiligheidsmarges van de bestaande richtlijnen, die niet zijn aangepast aan de gevoeligheden van verschillende soorten en de verschillende fysiologie van dieren en plantensoorten (Levitt et al., 2022). Er zijn een aantal leidraden en verordeningen gepubliceerd over de risico's en effecten van elektromagnetische straling, maar de meeste daarvan hebben betrekking op de gevolgen voor de menselijke gezondheid en zeer zelden op de gevolgen voor dieren of planten (Goudeseune et al., 2018). Toch zijn veel soorten zeer kwetsbaar voor antropogene elektromagnetische golven, vanwege hun unieke fysiologie die afhankelijk is van de statische aardmagnetische velden van de aarde, en deze voortdurend gebruiken voor seizoensgebonden migratie/oriëntatie, nestbouw, voortplanting, verzorging van nakomelingen, foerageren, territoriale verdediging, eenvoudige dagelijkse/seizoensgebonden circadiane ritmes, enzovoort (Levitt et al., 2022).

De toename van elektromagnetische golven en hun mogelijke effecten op flora en fauna zijn door een groep internationale experts onder leiding van Bill Sutherland al aangewezen als een van de 15 opkomende problemen die de wereldwijde biodiversiteit zouden kunnen beïnvloeden, maar die nog niet goed worden erkend door de wetenschappelijke gemeenschap (Sutherland et al., 2018). De bestaande gemeenschap van experts op dit gebied is nog steeds zeer beperkt en het onderzoek richt zich meestal alleen op een paar specifieke soorten of taxa en op bepaalde soorten straling (Pophof et al., 2023). De technische opzet en omstandigheden waaronder onderzoeken worden uitgevoerd, zijn vaak twijfelachtig en er zijn geen gemeenschappelijke normen of methodologieën die kunnen worden gebruikt om experimenten te vergelijken en/of te repliceren (Cucurachi et al., 2013; Goudeseune et

al., 2018).

2. Hiaten en controverses in de bestaande literatuur

Over het algemeen zijn de studies naar de effecten van elektromagnetische straling op flora en fauna zeer variabel wat betreft blootstelling en de gebruikte maatregelen om mogelijke effecten te onderzoeken (Malkemper et al., 2018). De kwaliteit van de studies in termen van technische aspecten is al even inhomogeen (Malkemper et al., 2018; Verschaeve & Bervoets, 2012). Simko & Mattsson (2019) benadrukken dat te weinig studies voldoen aan de minimale kwaliteitscriteria om conclusies te kunnen trekken.

Aan de ene kant zijn de meeste studies over dit onderwerp uitgevoerd in laboratoria, met resultaten die vaak niet overdraagbaar zijn naar situaties in het echte leven, vanwege een te eenvoudige voorstelling van de effecten en de beperkte blootstelling van proefpersonen aan elektromagnetische straling (Malkemper et al., 2018). De meeste studies hebben betrekking op vogelembryo's of -eieren, evenals kleine knaagdieren en planten (Cucurachi et al., 2013). Bovendien zijn extrapolaties naar in het wild levende dieren vanuit zorgvuldig gecontroleerde laboratoriumomstandigheden moeilijk te kwantificeren vanwege een groot aantal variabelen zoals: genetische variatie, weer/klimaatveranderingen, locatie/regiospecifieke omgevingsaspecten, duur van de blootstelling en variaties in habitatbewegingen, soortspecifieke fysieke kenmerken, grootte van het dier en oriëntatie op de blootstellingsbron in het veld - allemaal factoren die een nauwkeurige beoordeling van de gegevens in de war kunnen sturen (Levitt et al., 2022).

Aan de andere kant is er een gebrek aan bewijs wetenschappelijk robuuste veldstudies. Beschikbare studies variëren van zeer gebrekkig onderzoek dat geen zinvol bewijs levert, tot een zeer klein aantal studies die relatief robuust zijn, zij het beperkt in omvang (Malkemper et al., 2018). Veldstudies hebben te lijden een veelheid ongemeten potentiële effecten die indirect gerelateerd zijn aan het niveau van RF-straling en vaak niet kunnen worden ontleed, waardoor de analyse in de war raakt (Malkemper et al., 2018). Veldstudies hebben ook vaak te lijden onder slechte replicatie, waardoor het moeilijk is om harde conclusies te trekken (Cucurachi et al., 2013; Malkemper et al., 2018).

In het hoogfrequente bereik (6-300 GHz) is het aantal peer-reviewed publicaties over het algemeen lager dan in het laagfrequente bereik. Voor gewervelde dieren is een reeks potentiële blootstellingsresultaten bestudeerd, terwijl de literatuur over ongewervelde dieren en planten boven 6 GHz zeer beperkt is (Thielens, 2021). Studies leveren namelijk geen duidelijk bewijs met betrekking tot de gezondheidseffecten van RF-straling in het frequentiebereik van 6-100 GHz, vanwege tegenstrijdige informatie uit in vivo en in vitro studies (Simko & Mattsson, 2019). Bovendien benadrukken Simko & Mattsson (2019) dat het frequentiebereik 6-30 GHz, hoewel het ook 5G-frequenties omvat, het minst bestudeerd is.

De stuurgroep die aanwezig was op de webconferentie georganiseerd door het Horizon 2020-programma voor onderzoek en innovatie van de Europese Unie (EKLIPSE), met als doel de stand van de kennis over de invloed van elektromagnetische straling op flora en fauna te analyseren, wees op verschillende hiaten in de beschikbare literatuur over dit onderwerp (Goudeseune et al., 2018). Er bestaat bijvoorbeeld geen rigoureuus onderzoek naar dierpopulaties in de buurt van bronnen van radio-elektrische straling en er is meer kennis nodig over de mechanismen van de effecten van deze straling op ecosystemen (Goudeseune et al., 2018). Specifiek met betrekking tot ongewervelden zou het ook interessant zijn om meer kennis te verwerven over de effecten van radio-elektrische straling op trekkende insecten (bv. libellen in Portugal, monarchvlinders in Noord-Amerika, enz.), maar ook op ongewervelden via de effecten op de planten die hen herbergen en/of als voedsel voor hen dienen (Goudeseune et al., 2018).

Ook moet worden opgemerkt dat de auteurs van mening verschillen over de resultaten van de studies. Panagopoulos (2016) bekritiseert de samenvatting van Verschaeve (2014) - waarin wordt gesteld dat geen enkele studie op betrouwbare wijze een negatief effect heeft aangetoond in een realistische situatie - die volgens hem de positieve studies van tafel veegde met argumenten die meer subjectief dan objectief waren. Wat Balmori (2021) betreft, hekelt hij het feit dat, ondanks solide wetenschappelijk bewijs van de negatieve impact van elektromagnetische straling op insecten, de studie van Vanbergen et al. (2019), gefinancierd door het EKLIPSE-project, stelt dat onze huidige kennis van de impact van antropogene radiofrequenties op bestuivers - en andere ongewervelden - niet overtuigend is.

3. Effecten van radiogolven

Radiogolven, die gedeeltelijk door biologisch weefsel dringen, kunnen biologische effecten hebben op flora en fauna die eraan worden blootgesteld.

Wat de bewezen effecten van RF-straling betreft, is het onbetwist dat sterke stralingsvelden de weefseltemperatuur verhogen en veel van de effecten van RF-straling die in onderzoeken zijn gevonden - vooral oudere onderzoeken - kunnen worden verklaard door hyperthermie. De intensiteiten van RF-straling die nodig zijn om verhitting te induceren, zijn tot op heden echter niet ervaren door wilde dieren (Malkemper et al., 2018).

Wat betreft de effecten op ecosystemen maakten het gebrek aan standaardisatie tussen studies en de beperkte omvang van de steekproef het moeilijk om de resultaten van één organisme te generaliseren naar een ecosysteem. De onderzoekers concludeerden dat er vanwege het aantal variabelen geen duidelijke dosis-responsrelatie kon worden vastgesteld (Levitt et al., 2021).

3.1. Gewervelde dieren

In-vivo milieustudies over blootstelling van gewervelde dieren aan radiogolven richten zich voornamelijk op het nestelen, de voortplanting, de oriëntatie en de abundantie van in de buurt van stralingsbronnen. Aangezien in-vitro studies moeilijk te extrapoleren zijn naar de natuur, zijn de gerapporteerde biologische effecten betwistbaar. Vogels zijn de meest bestudeerde groep gewervelde dieren, gevolgd door kleine knaagdieren zoals muizen en konijnen (Malkemper et al., 2018).

Het lijkt erop dat de effecten die in de meeste publicaties worden waargenomen niet kunnen worden verklaard en dat er geen dosis-responsrelatie tot uitdrukking komt (Malkemper et al., 2018). Studies die effecten rapporteren komen ongeveer even vaak voor als studies die geen effect rapporteren (50%-50%) voor gewervelde dieren (Cucurachi et al., 2013). Bovendien maakt de beschrijvende aard van de studies het onmogelijk om de daadwerkelijke effecten RF-straling te onderscheiden van andere versturende factoren zoals lichtvervuiling. Er is enig bewijs dat dieren bronnen intense straling zoals radar en gsm-masten kunnen vermijden, maar de weinige bestaande studies maken het niet mogelijk om definitieve conclusies te trekken over de ecologische implicaties.

Samenvattend kunnen de resultaten over de invloed van radiofrequenties op fysiologische parameters van gewervelde dieren worden omschreven als tegenstrijdig en niet overtuigend (Levitt et al., 2022). Verreweg de meest geavanceerde theoretische basis betreft de effecten van radiofrequente velden op de magnetische oriëntatie van dieren. De magnetische oriëntatie van dieren kan worden verstoord door zwakke magnetische velden in het radiofrequentiebereik. Dit is het geval voor trekvogels, maar ook voor andere groepen gewervelde dieren. Engels et al. (2014) en Schwarse et al. (2016) toonden bijvoorbeeld aan dat magnetische ruis van 2 kHz tot 9 MHz de oriëntatie van het roodborstje (*Erithacus rubecula*) kon verstoren. Levitt et al. (2021) merkten ook op dat er aanwijzingen zijn dat door de mens veroorzaakte elektromagnetische straling het vermogen van bepaalde dieren kan aantasten om zich intensiteit en hellingshoek van het lokale aardmagnetische veld te herinneren, die ze dan gebruiken

om hun geboorteplaats te lokaliseren wanneer ze terugkeren om te broeden. Men denkt dat dit het geval is bij zeeschildpadden (Brothers, 2015), alen (Naisbett-Jones et al., 2017) en zalm (Putman et al., 2014), met grote gevolgen voor de overleving van bepaalde soorten, omdat het hun voortplantingsproces onderbreekt (Levitt et al., 2021). Daarnaast heeft een groeiende hoeveelheid bewijs effecten aangetoond op verschillende soorten in de buurt van communicatiestructuren in studies waar extrapolaties naar blootstelling in het veld zijn gemaakt (Levitt et al., 2022). Daarnaast toonde Balmori (2010) aan dat radiofrequenties van zendmasten voor mobiele telefonie in een veldsituatie zowel de ontwikkeling als de sterfte van kikkervisjes van de bruine kikker (*Rana temporaria*) kunnen beïnvloeden.

Vogels kunnen bijzonder gevoelig zijn voor de schadelijke effecten van radiofrequenties, aangezien hun natuurlijke habitat de lucht is en ze vaak vliegen op zijwaartse niveaus die hen nog dichterbij emissiebronnen brengen (Levitt et al., 2022). De ooievaar (*Ciconia ciconia*) en de huismus (*Passer domesticus*), bijvoorbeeld, hebben een afname in productiviteit en populatie ervaren in de buurt van telefoonmasten (Balmori, 2005; Balmori, 2021; Shende, 2015). Er zijn ook botsingen van vogels met communicatiemasten gemeld (Manville, 2009). Het zou daarom verstandig zijn om rekening te houden met preferentiële migratieroutes bij het bepalen van de locatie van telefoonmasten.

Wat de ichthyofauna betreft, toonden de resultaten van de studie van Dasgupta et al. (2020) geen significante impact op de mortaliteit, de morfologie of de fotomotorische respons van de vissen, maar ze noteerden wel een matige remming van de schrikreactie, wat wijst op niveaus van sensorimotorische verstoring. Dergelijke effecten kunnen de overlevingskansen van vissen op verschillende manieren beïnvloeden, waaronder het remmen van de reactietijd op roofdieren.

Met betrekking tot chiropterofauna vonden Nicholls en Racey (2009) dat de activiteit van vleermuizen significant afnam bij blootstelling aan radiogolven, hoewel de straling geen significante effecten had op de insectenrijkdom, hoewel Verschaeve (2014) deze studie irrelevant acht voor het debat over de effecten van radiofrequentievelden van basisstations voor mobiele telefonie. Balmori (2004) stelde ook een vermindering vast in de activiteit van de Europese buivleermuis (*Tadarida teniotis*) op 80 m van een telefoonmast.

3.2. Ongewervelde dieren

Aangezien RF-straling wordt gedetecteerd door fysiologische mechanismen van ongewervelden die oriëntatie of beweging regelen, RF-straling van antropogene bronnen - bijvoorbeeld antennes voor mobiele telefoons - een risico voor deze fysiologische mechanismen, hoewel het huidige bewijs beperkt is zowel het aantal als de kwaliteit van de studies (Vanbergen, 2019).

Thielens et al. (2018; 2020) toonden aan dat het door insecten geabsorbeerde vermogen - dat afhankelijk is hun grootte en diëlektrische eigenschappen - toeneemt met de frequentie. Alle bestudeerde insecten vertoonden een algemene toename van het opgenomen vermogen op 6 GHz en hoger, vergeleken met het opgenomen vermogen onder 6 GHz. Deze resultaten geven aan dat als de gebruikte vermogensdichtheden niet afnemen, maar verschuiven naar hogere frequenties, de absorptie bij insecten ook toeneemt. Dit zou kunnen leiden tot veranderingen in gedrag, de fysiologie en morfologie van insecten in de loop van de tijd, door een stijging van de lichaamstemperatuur veroorzaakt door diëlektrische verwarming (Thielens et al., 2018).

Sommige studies hebben aangetoond dat de nabijheid van zendmasten voor mobiele telefonie het gedrag van bijenvolken kan beïnvloeden (Halabi, 2014), idiosyncratische effecten kan hebben op de abundantie van wilde bestuivers, afhankelijk van het taxon (Lazaro et al., 2016), en geen effect op het voortplantingsvermogen (Vanbergen, 2019). Vijver (2013) toonde ook aan dat er geen significante effecten waren op het voortplantingsvermogen van ongewervelden in het veld.

Er zijn aanwijzingen dat antropogene RF-straling het gedrag of de voortplanting van modelinsectensoorten zoals de bananenvlieg (*Drosophila melanogaster*) kan beïnvloeden, hoewel de effecten vaak verwaarloosbaar of inconsistent zijn tussen studies (Malkemper et al., 2018).

Momenteel is er zeer beperkt bewijs voor de effecten van radiofrequente straling op de diversiteit of abundantie van ongewervelden. Er bestaan weinig ecologische studies, maar waar ze bestaan, zijn de gerapporteerde effecten verwaarloosbaar, contrasterend of niet te scheiden van andere omgevingsfactoren (Malkemper et al., 2018; Vanbergen, 2019).

3.3. Planten

Planten zijn opmerkelijke modellen om de impact van straling op biologische systemen te bestuderen. Omdat ze immobiel zijn, behouden ze een constante oriëntatie en kunnen ze niet ontsnappen aan omgevingsstress. Hun hoge oppervlakte-volumeverhouding plaatst ook een groot deel van de cellen op het directe grensvlak met de omgeving. Omdat ze geen bewustzijn hebben, is er geen sprake van interferentie met stressvolle omstandigheden die zich bij dierproeven zouden kunnen voordoen (Malkemper et al., 2018).

Desondanks zijn er volgens Malkemper et al. (2018) verhoudingsgewijs minder studies uitgevoerd in het veld en daarbij doen zich twee problemen voor: i) de eerste is het effectief meten van het stralingsniveau in een open omgeving, waar het gedurende de dag kan variëren in aard en amplitude; ii) de tweede is het vermijden/beperken of begrijpen van interferentie met andere omgevingskenmerken - wind, temperatuur, ziekteverwekkers, enz. - die de interpretatie van biologische reacties in gevaar kunnen brengen of bemoeilijken.

Vian et al. (2015) hebben aangetoond dat hoogfrequente elektromagnetische velden (300 MHz tot 3 GHz) veranderingen en verminderde groei in planten kunnen veroorzaken. Hij stelt echter ook dat, hoewel de langetermijnpact van deze metabolische veranderingen grotendeels onbekend blijft, hij voorstelt dat deze straling moet worden beschouwd als een niet-schadelijke factor (Vian, 2015). Czerwiński (2019) stelt ook dat de potentiële effecten van door de mens gemaakte radioactieve straling op de vegetatie zich waarschijnlijk het meest zullen voordoen in gebieden rond zendmasten voor mobiele telefonie, en dat straling net zo werkt als elke andere stressfactor - kou, droogte, etc. - op de vegetatie. Waldmann-Selsam et al. (2016) tonen aan dat de nabijheid van zendmasten voor mobiele telefonie schade aan bomen kan veroorzaken.

Samengevat zijn in vitro studies tegenstrijdig, terwijl er een gebrek is in vivo studies (Khan et al., 2018). Verschillende laboratoriumexperimenten lijken aan te tonen dat het metabolisme van planten wordt beïnvloed door blootstelling aan RF-straling, maar de diversiteit van de blootstellingsprocedures maakt het moeilijk om een duidelijk patroon te ontwikkelen van wat er gebeurt in termen van metabolische veranderingen na blootstelling aan RF-straling (Malkemper et al., 2018).

4. Effecten van de installatie en werking van zendmasten voor mobiele telefonie

Net als Verschaeve & Bervoets (2012) vonden we in de wetenschappelijke literatuur geen studies over de effecten van de bouw van antennemasten op flora en fauna. Toch is het mogelijk om de effecten van de installatie en exploitatie van gsm-masten gelijk te stellen met andere soorten installaties, zoals windmolenmasten of andere soorten kunstmatige constructies, waarvan de effecten op flora en fauna vrij goed gedocumenteerd zijn.

Daarom worden er verschillende soorten effecten verwacht wanneer het project wordt uitgevoerd:

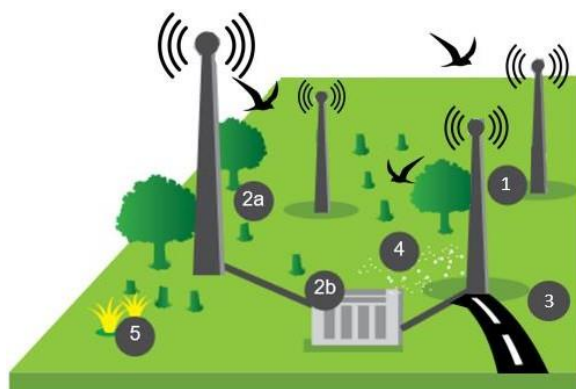
- De tijdelijke effecten van bouwfase zijn beperkt de tijd en zijn omkeerbaar zodra het werk is voltooid;
- Permanente effecten, gekoppeld aan veranderingen in fysieke en edafische factoren die verband houden met de bouwplaats, waarvan de effecten onomkeerbaar zijn;
- Tijdelijke en permanente gevolgen kunnen worden opgedeeld in twee categorieën:
 - Directe gevolgen, die verband houden met de bouwplaats en rechtstreeks van invloed zijn op habitats, soorten of habitats van soorten binnen het nabije studiegebied (directe vernietiging);
 - Indirecte effecten, die niet direct het gevolg zijn van de bouwplaats, maar die gevolgen hebben voor soorten, habitats van soorten of natuurlijke habitats in het afgelegen studiegebied en die zich over een langere of kortere periode kunnen voordoen.

De te verwachten effecten van de installatie van een antenne op een locatie zijn talrijk en worden beschreven in tabel 3 hieronder.

Tabel 3: Beschrijving soorten voorzienbare effecten

Type impact	Bouwfas e	Fase werking	Bron van incidentie
Verlies van habitat door fysieke vernietiging van natuurlijke habitats	x	x	⇒ Oppervlakte - Machineverkeer - Opslag van materialen en machines ⇒ Infrastructuur voetafdruk in project
Aantasting van natuurlijke habitats	x	x	⇒ Risico op habitatvervuiling ⇒ Risico op watervervuiling
		x	⇒ Risico op vervuiling door gebruik en onderhoud van wegen
Schade aan de ecologische functie van natuurlijke habitats	x	x	⇒ Habitatverlies van soorten ⇒ Schade aan habitats van soorten ⇒ Versnippering van habitats van soorten ⇒ Risico introductie van exotische soorten invasief

Verstoring soorten	x		⇒ Verlichting ⇒ Werkzaamheden (visuele, geluids- en trillingshinder)
		x	⇒ Verlichting ⇒ Gebruik van de weg voertuigen (visuele, geluids- en trillingshinder)



1. Vogels botsen tegen mast
2. Verlies van habitat door het kappen of verplaatsen van land voor de bouw van (a) antennes en (b) bijbehorende faciliteiten
3. Barrièrewerking van toegangswegen op de dierlijke bewegingen
4. Vervuiling (stof, licht, geluid en trillingen, vast/vloeibaar afval)
5. Introductie invasieve uitheemse soorten

Figuur 1: Mogelijke effecten van de installatie van een antenne voor mobiele telefonie op fauna, flora en habitats

De verwachte effecten worden beschreven in de volgende paragrafen, afhankelijk van de bouw- of exploitatiefase.

4.1. Potentiële effecten tijdens de werffase (bouw en ontmanteling)

4.1.1. Fysieke vernietiging van habitats

Natuur	Direct, permanent
Oorsprong	Voetafdruk en toegangswegen Infrastructuur recht van overpad Machineverkeer. Opslag van materialen en machines.
Groepen	Flora, habitats en fauna

De fysieke voetafdruk van antennes en toegangswegen is over het algemeen relatief klein. Het mogelijk kappen of ontbossing van habitats die verband houden met de projectweg zou echter verlies aan habitat kunnen veroorzaken, evenals de vernietiging van de bijbehorende flora. Bepaalde faunasoorten kunnen ook worden aangetast, wat kan leiden tot het vermijden van het gebied of tot verplaatsing. In het geval van vleermuizen bijvoorbeeld, kan de ontginning van een gebied gevolgen hebben voor bepaalde soorten met een gesloten milieu, zoals *Myotis* en *Grootoorvleermuizen*, door het verlies rust- en foerageerhabitats. Tegelijkertijd kan de bouw van antennes en toegangswegen ook nieuwe foerageerhabitats creëren voor soorten die zich bij voorkeur voeden langs randen en in kloven, zoals *Dwergvleermuizen*, *Rosse vleermuis*, *Bosvleermuis* en *Laatvlieger* (Gauthier et al., 2019; Ellerbrock et al., 2022).



*Figuur 2: Illustraties van de voorzieningen die nodig zijn voor de installatie een antenne voor mobiele telefonie
(Bronnen: Marc Bechet, DH Les sports; Céline R., Orange)*

4.1.2. Schade veroorzaakt door vervuiling van aangrenzende omgevingen

Natuur	Direct, permanent
Oorsprong	Lozing van verontreinigende stoffen in habitats.
Groepen	Habitats en de flora en fauna die daar leven

Werkzaamheden op het terrein kunnen leiden tot :

- **Risico's op vervuiling van habitats en water:** Tijdens de bouwfase kunnen de werken de bron zijn van directe accidentele vervuiling, zoals het vrijkomen koolwaterstoffen of oliën die gebruikt worden door de machines op de site (bijvullen van machines, opslag, lekken van hydraulische circuits, enz.) De habitats die zich in of in de nabijheid van het recht van overpad van de werken en de geplande infrastructuur bevinden, worden rechtstreeks getroffen door deze potentiële risico's op vervuiling. Werkzaamheden in de buurt van beken kunnen leiden tot veranderingen in de kwaliteit van water in deze beken. Het gebruik van bouwmachines dicht bij de oevers, het afvloeien van water van de bouwterreinen of het accidenteel wegvloeien van vervuiling kunnen de kwaliteit van het water veranderen en het vervuilen. Dergelijke veranderingen kunnen een impact hebben op deze habitats, of ze zich nu in de buurt van de bouwplaats bevinden of niet.
- **Risico op luchtvervuiling:** De werkzaamheden kunnen luchtvervuiling veroorzaken, met name door de uitstoot van stof wanneer voertuigen over de sporen rijden of tijdens de werkzaamheden zelf.

4.1.3. Fysieke vernietiging van individuen

Natuur	Direct; permanent
Oorsprong	Weg- en terreinverkeer
Groepen	Gevoelige fauna (herpetofauna, entomofauna, kleine zoogdieren)

De toename van het wegverkeer, voornamelijk tijdens de bouwfase, zou kunnen leiden tot een verhoogde mortaliteit voor insecten, reptielen en zoogdieren, en tijdens de eierlegperiode migrerende soorten zoals de gewone pad, de rode kikker en de salamander. Deze soorten verplaatsen zich van hun overwinteringsgebieden (voornamelijk beboste biotopen) naar de waterbiotopen die gebruikt worden voor de voortplanting, en lopen daarom in deze periode mogelijk meer risico op aanvaringen.

4.1.4. Verstoring van soorten

Natuur	Direct, tijdelijk
Oorsprong	Verstoring tijdens de werkzaamheden (visueel, geluid, trillingen).
Groepen	Gevoelige fauna

De belangrijkste soorten verstoringen zijn :

- **Visueel:** De verlichting van gebieden kan het risico op botsingen verhogen, de voortplanting verstoren en een verschuiving veroorzaken in het biologische ritme van bepaalde soorten, of er zelfs toe leiden dat bepaalde soorten deze gebieden ontvluchten. De soorten die het meest beïnvloed worden door deze mogelijke impact zijn vogels, insecten en vleermuizen. Verlichting kan ertoe leiden dat sommige vleermuissoorten deze gebieden ontvluchten.
- **Lawaai:** Deze verstoring kan de rust van schuwe soorten verstoren, vooral tijdens het broedseizoen.
- **Trillingen:** Deze verstoring kan de rust van schuwe soorten verstoren, vooral tijdens het broedseizoen.

Wilde dieren in de omgeving van de werkgebieden zullen het gebied waarschijnlijk tijdelijk verlaten om hun toevlucht te zoeken in de omringende omgeving. Verstoring kan voelbaar zijn over een afstand van enkele meters tot 100 à 200 m, afhankelijk van de gevoeligheid van de soort.

4.1.5. Invloed op lokale ecologische functie

Natuur	Direct, permanent
Oorsprong	Verlies/versnippering habitats Verspreiding invasieve soorten
Groepen	Alle

De aanleg van infrastructuur en het verlies van habitat creëert een barrière-effect (fysieke barrière, lichtvervuiling, geluidsoverlast) en fragmentatie die de ecologische functionaliteit van het gebied kunnen verminderen. Bovendien neemt het risico op de verspreiding van invasieve exotische flora toe tijdens de werken, aangezien deze soorten over het algemeen een groot potentieel hebben voor kolonisatie en verspreiding. Gebieden met een kale bodem als gevolg van recente grondbewerking zijn bijzonder gunstig voor de vestiging van deze soorten, omdat er een lege ecologische niche is die invasieve exoten kunnen opvullen. Als gevolg hiervan is de bouwfase bijzonder gevoelig voor de vestiging van nieuwe populaties van invasieve exotische plantensoorten.

4.2. Mogelijke gevolgen tijdens de operationele fase

4.2.1. Aantasting van habitats

Natuur	Direct, permanent
Oorsprong	Lozing van verontreinigende stoffen in habitats.
Groepen	Habitats en de flora en fauna die daar leven

Door de aanwezigheid menselijke activiteiten is vervuiling van de locatie mogelijk, vooral door het verkeer en het gebruik van chemicaliën tijdens het onderhoud van de infrastructuur. Als de antenne er echter eenmaal is, zal het wegverkeer aanzienlijk afnemen en zal de onderhoudsfrequentie zeer laag zijn (2 keer per jaar, volgens Verschaeve & Bervoets (2012)).

4.2.2. Verstoring van soorten

Natuur	Direct; tijdelijk
Oorsprong	Menselijke activiteit Verlichting Vervoer
Groepen	Gevoelige fauna (avifauna, chiropterofauna)

De ontwikkeling van de onderzoekslocatie zal leiden tot een verhoogde, zij het kleine (2 keer per jaar, volgens Verschaeve & Bervoets (2012)), aanwezigheid van mensen op de locatie en activiteiten die de activiteit van de fauna mogelijk verstoren.

Er zijn verschillende soorten verstoring te verwachten:

- **Visueel:** Menselijke activiteiten vereisen nachtelijke verlichting, die bepaalde gevoelige soorten kan verstoren.
- **Lawaai:** Deze verstoring kan de rust van schuwe soorten verstoren, vooral tijdens het broedseizoen.
- **Trillingen:** Meer autoverkeer op het terrein kan de rust van schuwe soorten verstoren, vooral tijdens het broedseizoen.

Lawaai van antennes kan verstoring veroorzaken bij in het wild levende dieren (Katinas et al., 2016), zoals het verstoren van de vocale communicatie van dieren of het verhinderen dat ze naderende roofdieren horen. Volgens Christensen et al. (2005) kunnen geluidsniveaus van 60 tot 75 dBA leiden tot een verhoogde ademhaling en hartslag, verhoogde alertheid en een kortere graastijd bij huisdieren zoals schapen en paarden. Verschaeve & Bervoets (2012) geven echter aan dat de geluidsoverlast van de operationele fase van de antennes maximaal 54 dB zou bedragen, wat gezien de huidige aanwijzingen in de literatuur dus geen bijzondere invloed zou moeten hebben op wilde dieren.

Helldin et al. (2012) suggereren ook dat er een snelle gewenning aan verstoring optreedt, en dus een beperkte impact. Dieren die worden blootgesteld aan langdurige of herhaalde verstoring door de mens kunnen zich dus uiteindelijk zowel gedragsmatig als fysiologisch aanpassen, en worden dan "vaste klanten".

4.2.3. Fysieke vernietiging van individuen

Natuur	Direct; permanent
Oorsprong	Verkeer tijdens onderhoud Botsing met antennemast
Groepen	Gevoelige fauna

Als de antennes er eenmaal staan, is de verwachte impact op wilde dieren gering. In feite kunnen alleen bezoeken aan de locatie tijdens inspectie- of onderhoudswerkzaamheden leiden tot de vernietiging van individuen die de onderhoudsgebieden gebruiken, voornamelijk reptielen- en insectensoorten die gewoonlijk droge biotopen frequenteren.

De aanwezigheid van infrastructuur brengt echter een risico op botsingen met zich mee voor . Volgens Loss et al. (2015) zijn botsingen met zendmasten, die op gsm-antennes kunnen lijken, een belangrijke bron van sterfte voor vogels, vooral trekvogels. Het lijkt er echter op dat zeer hoge structuren, met scheerlijnen, de meeste sterfte veroorzaken. De studies maken melding van botsingen met torens van meer dan 100 meter hoog. Verschaeve & Bervoets (2012) geven in hun studie echter aan dat de antennes waar het in dit document om gaat bestaan uit een mast van 20 tot 50 meter hoog.

Elektriciteitskabels vormen ook een botsingsgevaar voor vogels. Het zijn echter de draden die een botsing veroorzaken en niet de masten (Loss et al., 2015). Bovendien kunnen vogels, net als vleermuizen, worden aangetrokken door lichten die worden uitgezonden door verticale structuren tijdens perioden van nachtelijke migratie, vooral bij mist of slecht weer (Loss et al., 2015).

Vleermuizen lijken minder gevoelig te zijn botsingen eenvoudige masten/pylonen. Het lijkt erop dat het de windturbines zijn, met hun actieve wieken die aantrekkingskracht en barotrauma veroorzaken, die leiden tot de dood of aanvaring van vleermuizen (Heitz & Jung, 2016). Sommige studies beweren dat er directe botsingen met masten kunnen plaatsvinden tijdens migratiestromen, wanneer vleermuizen geen ultrageluid uitzenden (Dulac, 2018; Cryan & Barclay, 2009), maar het recente rapport van het OPRECH-programma ontkracht deze hypothese door te bevestigen dat het stoppen van de beweging van de bladen de sterfte met 100% vermindert (Beucher et al., 2022).

Wat insecten betreft, kunnen de kenmerken van de antennes, zoals hun kleur en temperatuur, hun aanwezigheid in de buurt beïnvloeden. Wit en lichtgrijs, de kleuren die voor bijna alle machines ter wereld worden gebruikt (en de enige die bijvoorbeeld in Frankrijk zijn toegestaan), zijn ook de kleuren die de meeste insecten aantrekken. Insecten concentreren zich ook rond de machines vanwege de warmte die ze afgeven, waardoor de omringende lucht wordt opgewarmd. Potentiële botsingen tussen insecten en verticale structuren zijn echter nog niet gedocumenteerd.

III. Gevoeligheidsmatrix

A. Methodologie

De gevoeligheidsmatrix voor flora en fauna voor de effecten van radiofrequenties werd opgesteld aan de hand van de resultaten van in vivo wetenschappelijke experimenten. Aangezien dit werk zich richt op de effecten van zendmasten voor mobiele telefonie, is besloten om ons alleen te concentreren op onderzoek dat is uitgevoerd in reële situaties, waarbij de blootstelling niet experimenteel wordt gegenereerd, maar aanwezig is in de omgeving. Zoals gesteld in Pophof et al. (2023) betekent een reactie in het laboratorium niet noodzakelijkerwijs dat dieren in de natuurlijke omgeving worden beïnvloed.

Hoewel het doel van dit werk was om de literatuurstudie die in 2012 werd uitgevoerd door Verschaeve & Bervoets te updaten, enkele relevante studies toegevoegd aan de studies die na 2012 werden gepubliceerd, gezien het gebrek aan bestaande literatuur over het onderwerp.

Aangezien deze werkzaamheden voornamelijk betrekking hebben op de soorten en habitats die vallen onder de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, bevat de matrix enkel de soorten of groepen van soorten die onder de Natura 2000-doelstellingen vallen of die er relatief dicht bij liggen. De ooievaar en de huismus behoren bijvoorbeeld niet tot de doelsoorten van de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, maar zijn de enige vogelsoorten die bestudeerd worden in het kader van studies over de impact van radiofrequenties in het in vivo milieu.

Tenslotte bevat de matrix studies over relatief lage frequenties (0 - 4 GHz), omdat de beschikbare literatuur voor hogere frequenties zeer beperkt is. Thermische effecten, als gevolg diëlektrische verwarming, worden niet behandeld in deze matrix. Thermische effecten worden wel aangegeven in de drie groepen die het meest worden gebruikt voor literatuuronderzoek (gewervelde dieren, ongewervelde dieren en planten; Thielens, 2021), maar impliceren een hoge vermogensdichtheid.

B. Matrix

Groep	Onderwerp	Frequentie	Tentoonstelling	Effecten	Referentie
Vogels	Ooievaar (<i>Ciconia ciconia</i>)	900, 1800 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefoons <u>Intensiteit</u> : 0 - 3,2 V/m <u>Duur</u> : 2 maanden <u>Afstand</u> : < 200, > 300 m	Radiofrequenties hebben een negatief effect op de voortplanting. Geen enkele poging om andere betrokken factoren te onderzoeken.	Balmori, 2005
	Huisvuurmus (<i>Passer domesticus</i>)	900, 1800 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefonie <u>Intensiteit</u> : 0,043 - 0,153 V/m (925 - 960 MHz), 0,017 - 0,083 V/m (1805 - 1880 MHz) <u>Duur</u> : broedseizoen <u>Afstand</u> : 91 - 903 m	Negatieve correlatie tussen het aantal vogels en de sterkte van het elektrische veld. Een studie die sterk wordt bekritiseerd door Verschaeve & Bervoets (2012).	Everaert & Bauwens, 2007
		900, 1800 MHz	<u>Bron</u> : Mobiele telefoonmasten <u>Intensiteit</u> : Niet gemeten <u>Duur</u> : 11 maanden <u>Afstand</u> : straal van 300 m	Negatieve correlatie tussen het getelde aantal vogels en het aantal telefoonmasten in de buurt. Onbevredigend artikel met veel hiaten.	Shende & Patil, 2015
Vleermuizen	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> ; <i>Pipistrellus pygmaeus</i> ; <i>Myotis daubentonii</i>	1 - 4 GHz	<u>Bron</u> : Draagbare radar <u>Intensiteit</u> : 0, < 2 V/m, > 2 V/m <u>Duur</u> : 230 uur <u>Afstand</u> : < 200, 200-400, > 400 m	Aanzienlijk vermindering van activiteit op vleermuizen wanneer de intensiteit > 2 V/m.	Nicholls & Racey, 2007
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> ; <i>Pipistrellus pygmaeus</i> ; <i>Myotis daubentonii</i>	1200, 2100 Hz	<u>Bron</u> : Marineradar <u>Intensiteit</u> : 0 - 26,24 V/m <u>Duur</u> : 58 uur (vleermuizen), 32 uur (insecten) <u>Afstand</u> : 10, 20, 30 m	Significante vermindering van vleermuisactiviteit in een straal van 30 m rond de radar. Geen significant effect op insectenrijkdom. Deze studie bevat echter tekortkomingen op het gebied van dosimetrie en zou niet significant zijn in termen van mobiele telefonie (Verschaeve & Bervoets, 2012).	Nicholls & Racey, 2009

Amfibieën	Bruine Kikker (<i>Rana temporaria</i>)	648 - 2155 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefonie <u>Intensiteit</u> : 1,8 - 3,5 V/m <u>Duur</u> : 2 maanden <u>Afstand</u> : 140 m	Negatieve effecten op groei, coördinatie van beweging en sterfte. Geen dosimetrie en geen aandacht voor verstorende factoren.	Balmori, 2010
Ongewervelde dieren	Insecten	800 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefonie <u>Intensiteit</u> : 0 - 1 V/m <u>Duur</u> : 48 uur <u>Afstand</u> : 150 m	significante invloed op het voortplantingsvermogen van ongewervelden in het veld.	Vijver et al, 2013
	Bijen	900, 1800, 2100 MHz?	<u>Bron</u> : Mobiele telefoonmasten <u>Intensiteit</u> : Niet gemeten <u>Duur</u> : 1 maand <u>Afstand</u> : 100, 500 m	Negatieve effecten op de levenscyclus van bijen bij een afstand van 100 m van een telefoonantenne. Geen effecten op 500 m of 100 m buiten het werkveld. Artikel van onvoldoende kwaliteit.	Halabi et al, 2014
	Bestuivers	800 - 2600 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefonie <u>Intensiteit</u> : 0 - 0,7 V/m <u>Duur</u> : 3 maanden <u>Afstand</u> : 50, 100, 200, 400 m	Negatieve correlatie tussen de elektrische veldsterkte en het aantal kevers, wespen en zweefvliegen. Positieve correlatie met wilde bijen en hommels. Geen effect op vlinders.	Lazaro et al, 2016
Planten	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	900 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefoons <u>Intensiteit</u> : 0 - 1,01 V/m <u>Duur</u> : 6 maanden <u>Afstand</u> : 100, 200, 300, 400 m	Wijzigingen in het DNA, onafhankelijk van de afstand van de blootstellingsbron.	Oluwajobi et al, 2016
	Bomen	27 - 3300 MHz	<u>Bron</u> : antennes voor mobiele telefonie <u>Intensiteit</u> : 0,047 - 2,53 V/m <u>Duur</u> : 9 jaar <u>Afstand</u> : stadsschaal	De kant van de bomen die werd blootgesteld aan telefoonmasten vertoonde significant andere gezondheidsschade dan de kant die niet werd blootgesteld aan straling.	Waldmann-Selsam en al, 2016
	Pepermunt	800 - 1000 MHz	<u>Bron</u> : Mobiele zendmasten	Hoe hoger het blootstellingsniveau, hoe kleiner de bladgrootte.	Kafi et al, 2014

			<u>Intensiteit:</u> 0,5 - 10,5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (1,4 - 0,5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$). $\pm 6,15 \text{ V/m}$ <u>Duur:</u> 2 maanden <u>Afstand:</u> 10, 20, 30, 50 m		
--	--	--	--	--	--

C. Discussie

Zoals hierboven al is vermeld, kunnen op basis van studies naar de invloed van radiofrequenties op flora en fauna geen conclusies worden getrokken of dosis-effectrelaties worden vastgesteld. Hoewel de meeste studies die in de matrix hierboven worden genoemd de frequentie, intensiteit en duur van de blootstelling bevatten, definiëren de meeste niet het niveau intensiteit, vermogen of afstand waarop een effect optreedt. Een correlatie tussen het in de studie aangetoonde effect en het blootstellingsniveau, het vermogen of simpelweg de aanwezigheid van telefoonantennes op een bepaalde afstand, wordt in de meeste gevallen alleen vermeld.

De effecten op gewervelde en ongewervelde dieren zijn van invloed op voortplanting, overvloed, groei en . Dit zijn biologische en gedragseffecten. Voor planten zijn genotypische en gezondheidseffecten en effecten op de groei aangetoond.

Desondanks hebben de meeste onderzoeken te lijden onder onvoldoende kwaliteit, bevatten ze vaak hiaten in de dosimetrie en doen ze geen poging om verwarrende factoren te onderzoeken, die vaak onvermijdelijk zijn in een real-life setting.

Algemene conclusie

De verwachte effecten van gsm-antennes op flora en fauna worden in twee secties verdeeld: (1) de fysieke effecten van het installeren en onderhouden van de antennes, en (2) de effecten van de radiogolven die worden uitgezonden wanneer de antenne in werking is.

De bouw van een antenne voor mobiele telefonie kan leiden tot een verlies aan habitat en een impact hebben op de ecologische functionaliteit, afhankelijk van de locatie. Als tijdens de ontwerpfase van een project installatie van een antenne rekening wordt gehouden met de lokale ecologische context, is er geen reden significante effecten op soorten en habitats van communautair belang te verwachten. De effecten van de bouw van een antenne en de werking ervan - met uitzondering van de uitzending van radiofrequenties - zullen daarom voornamelijk bestaan uit mogelijke incidentele verstoring tijdens de bouwfase en tijdens het onderhoud.

Wat de effecten van radiofrequenties op flora en fauna betreft, is het bewijsmateriaal momenteel zeer beperkt. Er bestaan weinig studies, maar waar ze bestaan zijn de gerapporteerde effecten verwaarloosbaar, discutabel of niet te scheiden van andere omgevingsfactoren. Laboratoriumstudies leveren resultaten op die moeilijk overdraagbaar zijn naar praktijksituaties, terwijl veldstudies te lijden hebben onder een veelheid aan ongemeten potentiële effecten en een gebrek aan technische kwaliteit. De weinige robuuste studies hebben een beperkte reikwijdte en maken het niet mogelijk om harde conclusies te trekken.

Hoewel de resultaten van deze literatuurstudie wijzen op bepaalde effecten op het gedrag en de abundantie van gewervelde en ongewervelde dieren en op metabolische veranderingen bij planten, is er geen dosis-effectrelatie. Er is echter aangetoond dat de absorptie van het vermogen van de invallende straling groter is bij frequenties boven 3000 MHz, en thermische effecten zou kunnen bevorderen (Thielens et al., 2020), hoewel de meest significante effecten met betrekking tot frequenties lijken op te treden bij frequenties boven 6 GHz, met name op insecten (Thielens et al., 2018). De 26 GHz-band zal echter waarschijnlijk worden gereserveerd voor specifieke toepassingen in gebieden met een hoge dichtheid (stations, luchthavens, stadions, enz.) en zal daarom waarschijnlijk geen interactie hebben met de biodiversiteit.

In het licht van deze overwegingen lijkt verder onderzoek op dit gebied nodig om onze kennis over de effecten van radiofrequenties op flora en fauna te verbreden. Hoewel er vanuit wetenschappelijk oogpunt nog steeds twijfels bestaan over de afwezigheid van schadelijke effecten, is er gezien de resultaten van dit literatuuroverzicht reden om aan te nemen dat de installatie van een telefoonantenne die voldoet aan de immissienormen die binnenkort van kracht worden (14,57 V/m), de integriteit van Natura 2000-gebieden niet significant zal aantasten. Zelfs wanneer rekening wordt gehouden met het voorzorgsprincipe en de in dit document waargenomen effecten worden toegepast, kunnen deze effecten gevolgen hebben voor enkele individuen, in het bijzonder door de verplaatsing van soorten die door de straling van de antennes kunnen worden gestoord, maar er bestaat geen risico dat de instandhoudingsdoelstellingen van de gebieden in gevaar worden gebracht.

Het kan echter niet worden uitgesloten dat er in de toekomst nog onbekende effecten zullen optreden. Deze overwegingen zijn vooral belangrijk voor regionale beschermingsgebieden, zoals Natura 2000-gebieden en natuur- en bosreservaten.

Concluderend zijn gewestelijke immissienormen nog steeds een beschermende maatregel tegen onbewezen risico's en voldoen ze aan het voorzorgsprincipe. Anderzijds wordt door het verhogen van de norm (van 3 V/m in 2007 naar 6 V/m in 2014, naar 14,57 V/m in 2023) ook het risico op het optreden van nog niet bewezen effecten zekere mate verhoogd, hoewel het op een zeer laag niveau wordt gehouden. Om rekening te houden met nieuwe informatie en ontdekkingen in het veld, is het raadzaam om de literatuurstudie om de 6 tot 10 jaar te herhalen.

Bibliografie

Arnett E., Schirmacher M., Huso M. & Hayes J., 2010. Effectiveness of Changing Wind Turbine Cut-in Speed to Reduce Bat Fatalities at Wind Facilities. Final report prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative and the Pennsylvania Game Commission, 57 pp.

Balmori A., 2004. Murciélagos rabudo–Tadarida teniotis. In: Carrascal LM, Salvador A, editors. Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Madrid, Spain: Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Balmori A., 2005. Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (*Ciconia ciconia*). *Electromagnetic Biology and Medicine* 24.

Balmori A., 2010. Mobile phone mast effects on common frog (*Rana temporaria*) tadpoles: the city turned into a laboratory. *Electromagnetic Biology and Medicine* 29.

Balmori A., 2021. Electromagnetic Pollution as a Possible Explanation for the Decline of House Sparrows in Interaction with Other Factors. *Birds* 2(3).

Balmori A., 2021. Electromagnetic Radiation as an Emerging Driver Factor for the Decline of Insects. *Science of The Total Environment* 767.

Bennun L., van Bochove J., Fletcher C., Wilson D., Phair N. & Carbone G., 2021. Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: The Biodiversity Consultancy.

Beucher Y., Matutini F., Nardou X., Besnard A., Albespy F., Langlois A. & Illac P., 2022. Programme OPRECH. Optimisation des Processus de Régulation des Eoliennes en faveur des Chiroptères : Analyse des pratiques nationales, tests expérimentaux et recommandations.

Brothers J.R. & Lohmann K.J., 2015. Evidence for geomagnetic imprinting and magnetic navigation in the natal homing of sea turtles. *Curr Biol* 25.

Bruxelles environnement, 2021. La 5G : principes et enjeux.

<<https://environnement.brussels/thematiques/ondes-et-antennes/comment-ca-marche/la-5g-principes-et-enjeux>>

Christensen J.W., Keeling L. & Lindstrøm Nielsen B, 2005. Responses of horses to novel visual, olfactory and auditory stimuli. *Applied Animal Behaviour Science* 93.

Cryan P. & Barclay R., 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90(6).

Cucurachi S., Tamis W.L.M., Vijver M.G., Peijnenburg W.J.G.M., Bolte J.F.B., de Snoo G.R., 2013. A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Environmental International* 51.

Czerwiński M., Januszkiewicz L., Vian A., Amparo Lázaro A., 2020. The Influence of Bioactive Mobile Telephony Radiation at the Level of a Plant Community – Possible Mechanisms and Indicators of the Effects. *Ecological Indicators* 108.

Dasgupta S., Wang G., Simonich M.T., Zhang T., Truong L., Liu H., et al., 2020. Impacts of high dose 3.5 GHz cellphone radiofrequency on zebrafish embryonic development. *PLoS One* 15.

Dulac P., 2008. Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin sur l'avifaune et les chiroptères, bilan

de 5 années de suivi. Ademe/Région Pays de Loire, La Roche sur Yon. 106p

Ellerbrok J. S., Delius A., Peter F., Farwig N., & Voigt C.C., 2022. Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. *Journal of Applied Ecology*, 59.

Engels S., Schneider N.L., Lefeldt N., Hein C.M., Zapka M., Michalik A., Elbers D., Kittel A., Hore P.J., Mouritsen H., 2014. Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird. *Nature* 509.

Everaert J. & Bauwens D., 2009. A Possible Effect of Electromagnetic Radiation from Mobile Phone Base Stations on the Number of Breeding House Sparrows (*Passer domesticus*). *Electromagnetic Biology and Medicine* 26.

Gaultier S.P., Marx G. & Roux D., 2019200 de la chasse et de la faune sauvage/LPO..

Heitz C. & Jung L., 2016. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions (Etude bibliographique).

Helldin, J. O., Jung, J., Neumann, W., Olsson, M., Skarin, A. & Widemo, F, (2012). The impacts of wind power on terrestrial mammals - A synthesis. Report 6510 - Swedish Environmental Protection Agency.

Kafi S.T., Ahmed A.M., Sabah-Alkhair M.K., Mohamed D.A., Ahmed R.S., Hassaan Z.O., 2014. Effects of RF/MW Exposure from Mobile-phone Base-Stations on the Growth of Green Mint Plant using Chl a Fluorescence Emission. *Advanced Electromagnetics* 3(1).

Katinas V., Marčiukaitis M. & Tamašauskienė M., 2016. Analysis of the wind turbine noise emissions and impact on the environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58.

Khan M.D., Ali S., Azizullah A, Shuijin Z., 2018. Use of various biomarkers to explore the effects of GSM and GSM-like radiations on flowering plants. *Environmental Science and Pollution Research* 25.

Lázaro A., Chroni A., Tscheulin T., Devalez J., Matsoukas C., et Petanidou T., 2016. Electromagnetic Radiation of Mobile Telecommunication Antennas Affects the Abundance and Composition of Wild Pollinators ». *Journal of Insect Conservation* 20(2).

Levitt B.B., Henry C.L., Manville A.M., 2022. Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields on Flora and Fauna, Part 1. Rising Ambient EMF Levels in the Environment . *Reviews on Environmental Health* 37(1).

Levitt B.B., Henry C.L., Manville A.M., 2022. Effects of Non-Ionizing Electromagnetic Fields on Flora and Fauna, Part 2 Impacts: How Species Interact with Natural and Man-Made EMF. *Reviews on Environmental Health* 37(3).

Levitt B.B., Henry C.L., Manville A.M., 2022. Low-Level EMF Effects on Wildlife and Plants: What Research Tells Us about an Ecosystem Approach. *Frontiers in Public Health* 10.

Loss S.R., Will T. & Marra P.P., 2015. Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 46(1).

Malkemper E.P., Tscheulin T., Vanbergen A.J., Vian A., Balian E., Goudeseune L., 2018. The impacts of artificial Electromagnetic Radiation on wildlife (flora and fauna). Current knowledge overview: a background document to the web conference. A report of the EKLIPSE project.

Manville A.M., 2009. Towers, turbines, power lines and buildings — steps being taken by the U.S. Fish and Wildlife Service to avoid or minimize take of migratory birds at these structures. In: Rich TD, Arizmendi C, Demarest DW, Thompson C, editors. *Tundra to Tropics: Connecting Birds, Habitats and People*. Proceedings of the 4th International Partners in Flight Conference. Texas, USA.

Naisbett-Jones L.C., Putman N.F., Stephenson J.F., Ladak S., Young K.A., 2017. A magnetic map leads

juvenile European eels to the gulf stream. *Curr Biol* 27.

Nicholls B. & Racey PA., 2007. Bats Avoid Radar Installations: Could Electromagnetic Fields Deter Bats from Colliding with Wind Turbines? *PloS One* 2(3).

Nicholls B. & Racey PA., 2009. The aversive effect of electromagnetic radiation on foraging bats: a possible means of discouraging bats from approaching wind turbines. *PloS One* 4(7).

Oluwajobi A.O., Falushi O.A., Zubbair N.A., Owoeye T., Ladejobi F., Dangana M.C., Abubakar A., 2016. DNA of *Hibiscus sabdariffa* Damaged by Radiation from 900 MHz GSM Antenna. *International Journal of Bioengineering and Life Sciences* 10(1).

Panagopoulos D.J., Cammaerts M., Favre D., Balmori A., 2016. Comments on Environmental Impact of Radiofrequency Fields from Mobile Phone Base Stations. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 46(9).

Pophof B., Henschenmacher B., Kattinig D.R., Kuhne J., Vian A., Ziegelberger G., 2023. Biological Effects of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields from 0 to 100 MHz on Fauna and Flora: Workshop Report. *Health Physics* 124(1).

Putman N.F., Jenkins E.S., Michielsens C.G., Noakes D.L., 2014. Geomagnetic imprinting predicts spatio-temporal variation in homing migration of pink and sockeye salmon. *J R Soc Interface* 11(99).

Schwarze S., Schneider N., Reichl T., Dreyer D., Lefeldt N., Engels S., Baker N., Hore P. J., Mouritsen H., 2016. Weak Broadband Electromagnetic Fields are More Disruptive to Magnetic Compass Orientation in a Night-Migratory Songbird (*Erithacus rubecula*) than Strong Narrow-Band Fields. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 10.

Simko M. & Mattsson M.O., 2019. 5G Wireless Communication and Health Effects—A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16.

Shende V.A. & Patil K.G., 2015. Electromagnetic Radiations: A Possible Impact on Population of House Sparrow (*Passer Domesticus*). *Engineering International*, 3(1).

Thielens A., Bell D., Mortimore D.B., Greco M.K., Martens L. & Wout J., 2018. Exposure of Insects to Radio-Frequency Electromagnetic Fields from 2 to 120 GHz. *Scientific Reports* 8.

Thielens A., Greco M.K., Verloock L., Martens L. & Wout J., 2020. Radio-Frequency Electromagnetic Field Exposure of Western Honey Bees. *Scientific Reports* 10.

Thielens A., 2021. Environmental Impact of 5G: A Literature Review of Effects of Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure of Non Human Vertebrates, Invertebrates and Plants. Brussels: European Parliamentary Research Service.

Vanbergen A.J., Potts S.G., Vian A., Malkemper E.P., Young J., Tscheulin T., 2019. Risk to Pollinators from Anthropogenic Electro-Magnetic Radiation (EMR): Evidence and Knowledge Gaps. *Science of The Total Environment* 695.

Verschaeve L., 2014. Environmental Impact of Radiofrequency Fields from Mobile Phone Base Stations. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 44(12).

Verschaeve L. & Bervoets L., 2012. Influence des antennes de téléphonie mobile sur les sites Natura 2000 dans la Région de Bruxelles Capitale. *Sciensano Publications Repository*.

Vian A., Davies E., Gendraud M., Bonnet P., 2016. Plant Responses to High Frequency Electromagnetic Fields. *BioMed Research International* 2016.

Vijver M.G., Bolte J.F.B., Evans T.R., Tamis W.L.M., Peijnenburg W.F., Musters C.J.M., de Snoo G.R., 2014. Investigating Short-Term Exposure to Electromagnetic Fields on Reproductive Capacity of Invertebrates in the Field Situation ». *Electromagnetic Biology and Medicine* 33(1).

Waldmann-Selsam C., Balmori A., Breunig H., 2016. Radiofrequency radiation injures trees around mobile phone base stations. *Science of the Total Environment* 572.

Congres

Goudeseune L., Balian E., Ventocilla J., 2018. The impacts of artificial Electromagnetic Radiation on wildlife (flora and fauna). Report of the web conference. A report of the EKLIPSE project.

Halabi N.E., Achkar R., Haidar G.A., 2014. The Effect of Cell Phone Antennas' Radiations on the Life Cycle of Honeybees ». In *MELECON 2014 - 2014 17th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. Beirut, Lebanon.

Bijlage 1 - Habitats en soorten van de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn aanwezig in Natura 2000-gebieden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Habitats	Natura 2000-gebied
3150 Van nature eutrofe meren	I, III
4030 Droge Europese heide	I
6430 Voedselrijke zoomvormende ruigten van het laagland	I, II, III
6510 Laaggelegen schraal hooiland	I, II, III
7220* Kalktufbronnen met tufsteenformatie	I, III
9120 Atlantische zuurminnend beukenbos	I, II, III
9130 Beukenbossen van het type Asperulo-Fagetum	I, II
9160 Eiken-haagbeukenbossen behorend tot het Carpinion-Betuli	I, II, III
9190 Oude zuurminnende eikenbossen	I, II
91E0* Bossen op alluviale grond met <i>Alnus glutinosa</i> en <i>Fraxinus excelsior</i>	I, II, III
Plantensoorten	
Dichte wespenorchis - <i>Epipactis phyllanthos</i>	I
Grote keverorchis - <i>Neottia ovata</i>	I, II
Bosorchis - <i>Dactylorhiza fuchsii</i>	I, III
Rietorchis - <i>Dactylorhiza praetermissa</i>	I, III
Gevlekte orchis - <i>Dactylorhiza maculata</i>	I, III
Vogels	
Nonnetje - <i>Mergus albellus</i>	I
Nachtswaluw - <i>Caprimulgus europaeus</i>	I
Middelste bonte specht - <i>Dendrocopos medius</i>	I
Huiswaluw - <i>Delichon urbica</i>	I
Oeverwaluw - <i>Riparia riparia</i>	I
Havik - <i>Accipiter gentilis</i>	I
Houtsnip - <i>Scolopax rusticola</i>	I
Sprinkhaanzanger - <i>Locustella naevia</i>	I
Braamsluiper - <i>Sylvia curruca</i>	I
Zwarte specht - <i>Dyocopus martius</i>	I, II
Wespendief - <i>Pernis apivorus</i>	I, II
Ijsvogel - <i>Alcedo atthis</i>	I, II, III
Slechtvalk - <i>Falco peregrinus</i>	I, II, III

Boerenzwaluw - <i>Hirundo rustica</i>	I, II, III
Grote zilverreiger - <i>Ardea alba</i>	I, III
Waterral - <i>Rallus aquaticus</i>	I, III
Kleine karekiet - <i>Acrocephalus scirpaceus</i>	I, III
Bosrietzanger - <i>Acrocephalus palustris</i>	I, III
Grasmus - <i>Sylvia communis</i>	I, III
Amfibieën en reptielen	
Ringslang - <i>Natrix natrix</i>	III
Levendbarende hagedis - <i>Lacerta vivipara</i>	I, II
Hazelworm - <i>Anguis fragilis</i>	I, II
Vuursalamander - <i>Salamandra salamandra</i>	I
Alpenwatersalamander - <i>Ichtyosaura alpestris</i>	I, III
Kamsalamander - <i>Triturus cristatus</i>	I
Vinpootsalamander - <i>Lissotriton helveticus</i>	I, III
Kleine watersalamander - <i>Lissotriton vulgaris</i>	I, III
Niet vliegende zoogdieren	
Wezel - <i>Mustela nivalis</i>	I, III
Steenmarter - <i>Martes foina</i>	I, II
Eikelmuis - <i>Eliomys quercinus</i>	I, II
Boommarter - <i>Martes martes</i>	I
Waterspitsmuis - <i>Neomys fodiens</i>	I
Bunzing - <i>Mustela putorius</i>	I, III
Dwergmuis - <i>Micromys minutus</i>	I, III
Vleermuizen	
Grote hoefijzerneus - <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	I
Brandt's murine - <i>Moytis brandtii</i>	I, II, III
Franjestaart - <i>Myotis nattereri</i>	I, II, III
Rosse vleermuis - <i>Nyctalus noctula</i>	I, II, III
Bosvleermuis - <i>Nyctalus leisleri</i>	I, II, III
Grootoorvleermuis - <i>Plecotus auritus</i>	I, II, III
Grijze grootoorvleermuis - <i>Plecotus austriacus</i>	I, III
Gewone dwergvleermuis - <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	I, II, III
Kuhls dwergvleermuis - <i>Pipistrellus kuhlii</i>	I
Ruige dwergvleermuis - <i>Pipistrellus nathusii</i>	I, II, III

Kleine dwergvleermuis - <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	I
Laatvlieger - <i>Eptesicus serotinus</i>	I, II, III
Watervleermuis - <i>Myotis daubentonii</i>	I, II, III
Baardvleermuis - <i>Myotis mystacinus</i>	I, II, III
Ingekorven vleermuis - <i>Myotis emarginatus</i>	I
Bechstrein's vleermuis - <i>Myotis bechsteinii</i>	I
Meervleermuis - <i>Myotis dasycneme</i>	I, III
Vis	
Bittervoorn - <i>Rhodeus sericeus amarus</i>	I
Weekdieren	
Nauwe korfslak - <i>Vertigo angustior</i>	I
Insecten	
Goudglanzende schallebijter - <i>Carabus auronitens var. pulseysi</i>	I
Kleine vuurvliinder - <i>Lycaena phlaeas</i>	I, III
Grote weerschijnvlinder - <i>Apatura iris</i>	I, II
Meikever - <i>Melolontha melolontha</i>	III
Vliegend hert - <i>Lucanus cervus</i>	I, II
Teunisbloempijlstaart - <i>Proserpinus proserpina</i>	I
Iepenpage - <i>Satyrion w-album</i>	I, II
Sleedoornpage - <i>Thecla betulae</i>	I, II
Koevinkje - <i>Aphantopus hyperantus</i>	I, III

Bijschrift:

Gebied I - BE1000001: "Zoniënwood met omliggende bosgebieden en Woluwedal – Zoniënwood - Woluwedalcomplex".

Gebied II - BE1000002: "Bosrijke en open gebieden in het zuiden van het Brussels Gewest - Verrewinkel - Kinsendael complex".

Gebied III - BE1000003: "Bossen en wetlands van de Molenbeekvallei in het noordwesten van het Brussels Gewest".