

Onderzoek naar de effecten van zenderstraling op vleermuizen(7268)



<https://www.bravenewbooks.nl/shop/index.php/catalog/product/view/id/558699/s/straling-onder-toezicht-pilotproject-nulmeting-veluwe-258059-www-bravenewbooks-nl/>

Dr. Saskia Bosman (Bioloog/Projectleider), contactpersoon: inspilab15@gmail.com

Dr. Ir. George Remkes (Stralingsdeskundige)

Dr. Ir. Arnold van den Burg (Ecoloog)

Ing. Jacques Schaaf (Stralingsdeskundige)

Ir. Trudi Sonderkamp (Wetenschapper/Project manager)

Culemborg, 20 oktober 2023

Samenvatting

In 2022 is gestart met het onderzoek naar het effect van zenderstralingsintensiteit en -frequentie op het gedrag van vogels en vleermuizen, deels gesteund door een startfonds van de Triodos foundation. Dit verslag geeft de resultaten weer van dit onderzoek. Als locatie is gekozen voor een zendmast in het Vierhousterbos. Op verschillende afstanden van deze zendmast zijn stralingsmetingen gedaan, vogelbroedgegevens verzameld en vleermuizen geteld. De stralingsmetingen wijzen uit dat de stralingsintensiteit over het algemeen laag is voor alle frequentiebanden $\leq 0,01 \text{ W/m}^2$ (ICNIRP limiet $>1 \text{ W/m}^2$) met de hoogste stralingsintensiteiten in de buurt van de mast. Verder valt op dat richting Noord de stralingsintensiteit sneller afneemt dan richting Zuid. Mogelijk is er in de zuidelijke richting sprake van interferentie van een andere zendmast. De vogelbroedgegevens en vleermuisgegevens geven nog geen eenduidige indicatie van effecten van straling op het vogelbroedgegedrag of foerageergedrag van vleermuizen. Vanwege de grote spreiding in de metingen zijn veel meer meetgegevens noodzakelijk om een statistisch verdedigbaar verband te kunnen aantonen. Deze eerste verkenning geeft wel een beeld van de huidige status voor wat betreft stralingsdichtheid, vogelbroedsucces en vleermuisdichtheid in het gebied. Bij toekomstige metingen kan dit als referentie fungeren om meer langdurige effecten op te sporen of effecten van wijzigingen in de zendmast te meten.

Met dit onderzoek is een protocol getest en een eerste stap gezet naar het monitoren van effecten van straling op de natuur in de Veluwe. Om de gezondheid van de natuur te borgen zal het onderzoek vervolgd moeten worden. Hiertoe zijn de data van dit onderzoek beschikbaar via [Zenodo.org](https://zenodo.org/record/7268)>Pilot Radiation under Surveillance, Veluwe, The Netherlands

0. Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
0. Inhoudsopgave.....	3
1. Inleiding.....	4
2. Selectie van de meetlocatie en voorbereiding	5
2.1. Ophangen nestkastjes	6
2.2. Eerste test metingen	6
3. Elektromagnetische velden van de zendmast: frequenties en intensiteit	8
3.1 Meetmethode en apparatuur.....	8
3.2 Meetlocaties.....	9
3.3 Signaalverwerking en omrekening	11
3.3.1 Omrekening van het detectorsignaal	12
3.4 Meetresultaten.....	13
4. Effecten op fauna	16
4.1 Holenbroeders in nestkasten	16
4.1.1. Opzet	16
4.1.2. Resultaten.....	17
4.2 Foeragerende vleermuizen.....	20
4.2.1. Opzet	20
4.2.2. Resultaten.....	22
5. Correlatie tussen Stralingsintensiteit- en Vogelbroed- en Vleermuis-metingen	24
6. Conclusies, kennisdeling en vervolg	26
Bijlagen.....	27
A. Vogelkastjes, GPS locaties en afstanden	28
B. Omrekening Stralingsmetingen	30
C. Antennefactoren per frequentie	32
D. Overzicht stralingsmetingen per frequentieband.....	33
E. Ruwe Data Fauna metingen	39

1. Inleiding

Elektromagnetische velden gecreëerd door de zendmasten van de mobiele telefonie zijn onontbeerlijk geworden in onze huidige maatschappij. Deze kunnen de integrale vitaliteit van onze leefomgeving bedreigen, zonder dat men zich er nadrukkelijk van bewust is.

Aanleiding voor het project is bezorgdheid van boswachters op de Veluwe die de biodiversiteit in hun natuurterreinen achteruit zien gaan en zich afvragen of stralingsbelasting hierbij een rol speelt. Deze vraag vergt nieuw onderzoek omdat niets in het ecosysteem ooit eerder is blootgesteld aan het stralingslandschap dat door 5G wordt veroorzaakt.

Er zijn verontrustende onderzoeken bekend bijvoorbeeld in het Mt. Nardi gebied van het Nightcap National Park Australië, gerapporteerd door Mark Broomhall aan UNESCO in 2016¹. Daar verdwenen in de buurt van een zendmast tientallen soorten vogels en insecten. Vleermuizen en kikkers werden schaars. Gedegen onafhankelijk onderzoek naar mogelijke effecten van straling op de natuur is daarom noodzakelijk.

Dit project is een kleinschalige opstart van een deelproject van een groter 'Straling onder Toezicht' plan² om 7 aspecten van de natuur gedurende 3 jaar te monitoren.

Om de effecten van straling uitgezonden door zendmasten voor mobiele telecommunicatie op fauna te onderzoeken in het veld zijn in 2022 drie onderzoekslijnen ingezet. Het betreft naast onderzoek naar de intensiteit en frequenties van de uitgezonden straling in het onderzoeksgebied, mogelijke effecten op holenbroeders (vogels die in holen broeden) en mogelijke effecten op foeragerende vleermuizen. Voor het vleermuisonderzoek hebben we een startfonds ontvangen van Triodos Foundation.

Dit verslag bouwt voort op het tussenrapport dat in September 2022 is verschenen en beschrijft de resultaten van het veldonderzoek over 2022 en 2023.

¹Mark Broomhall, 2015 - Report detailing the exodus of species from the Mt. Nardi area Australia during a 15-year period (UNESCO), <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Mt-Nardi-Wildlife-Report-to-UNESCO-FINAL.pdf>

²<https://www.bravenewbooks.nl/shop/index.php/catalog/product/view/id/558699/s/straling-onder-toezicht-pilotproject-nulmeting-veluwe-258059-www-bravenewbooks-nl/>

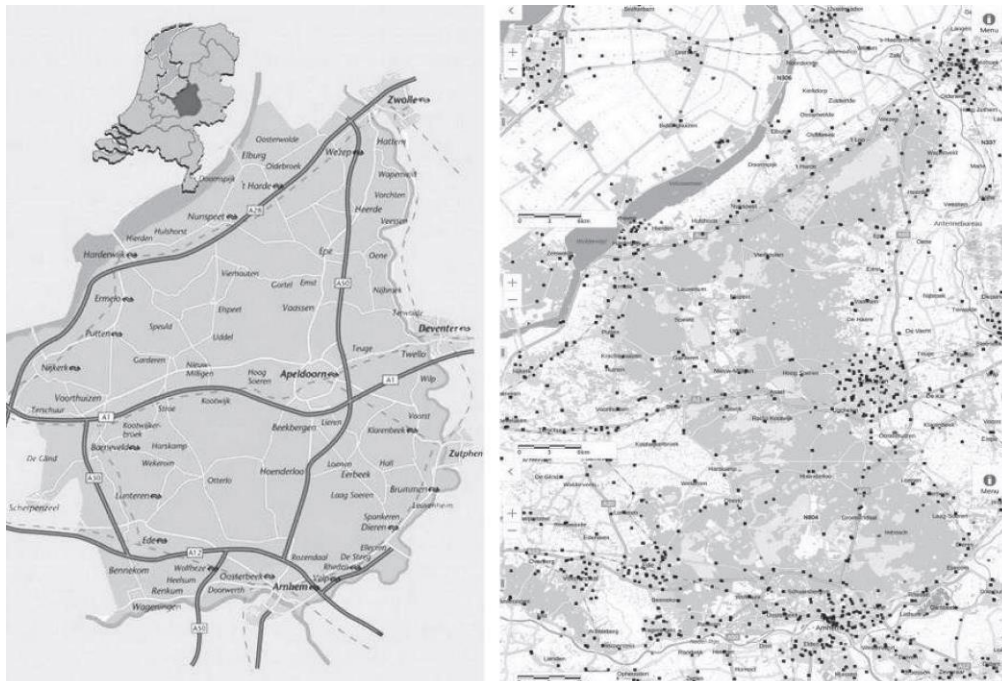
2. Selectie van de meetlocatie en voorbereiding

Figuur 1 a, b. toont de locatie van de Veluwe in Nederland en de antennedistributie op de Veluwe.

In nauw overleg met stralingsdeskundige George Remkes en de ecooloog Arnold van den Burg is gekozen voor de zendmast nabij de Gortelseweg in het Vierhousterbos, waarbij de criteria waren:

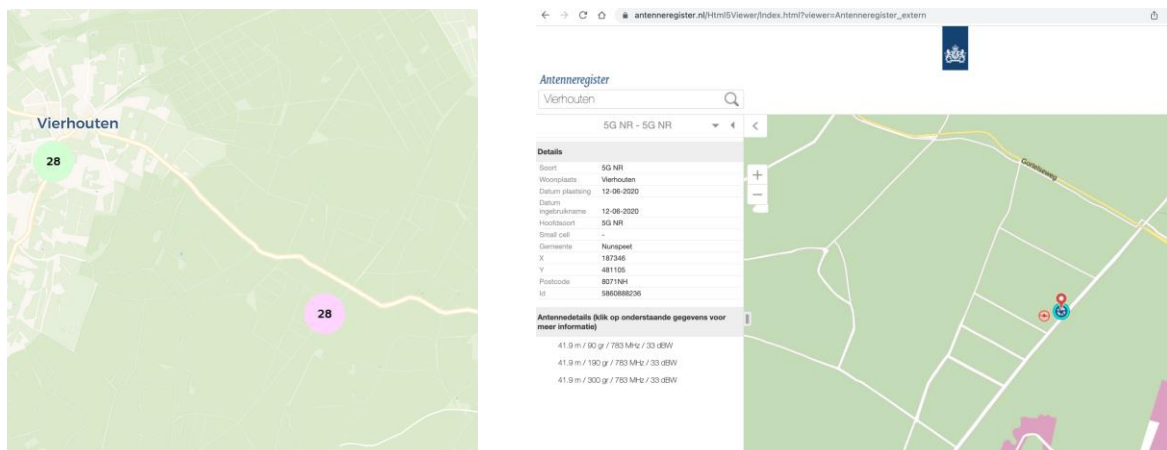
- Een redelijk geïsoleerde zendmast, minimale effecten van andere zendmasten in de buurt
- Vergelijkbare begroeiing en vegetatie dichtbij en verder weg van de zendmast

Dit om effecten van andere factoren van invloed op nestgedrag van hollenbroeders of foerageergedrag van vleermuizen te beperken.



Links de kaart van de Veluwe en rechts uit 2021 de antenne distributie op de Veluwe met de 2G, 3G, 4G en 5G zendmast locaties.

Bron: het Antenneregister, antenneregister.nl



Figuur 1. a. Kaart van de Veluwe en b. antennedistributie. c. gekozen antenne (roze 28) en d. gegevens antenneregister

Figuur 1. c,d. toont de geselecteerde zendmast en de detailgegevens van de zendmast uit het Antenneregister.

Op het terrein van Staatsbosbeheer in het Vierhouterbos hebben we vergunning gekregen om het onderzoek uit te voeren.

2.1. Ophangen nestkastjes

Op 9 maart 2022 zijn 30 vogelhuisjes (Fig. 1) opgehangen in het Vierhouterbos. Deze zijn opgehangen op verschillende afstanden van de daar aanwezige zendmast voor mobiele telecommunicatie in de veronderstelling dat de stralingsintensiteiten afnemen met de afstand tot de mast.

De locaties van de vogelhuisjes zijn weergegeven op de kaart in figuur 3.



Figuur 2. Nestkast 6 voor hollenbroeders in het Vierhouterbos.

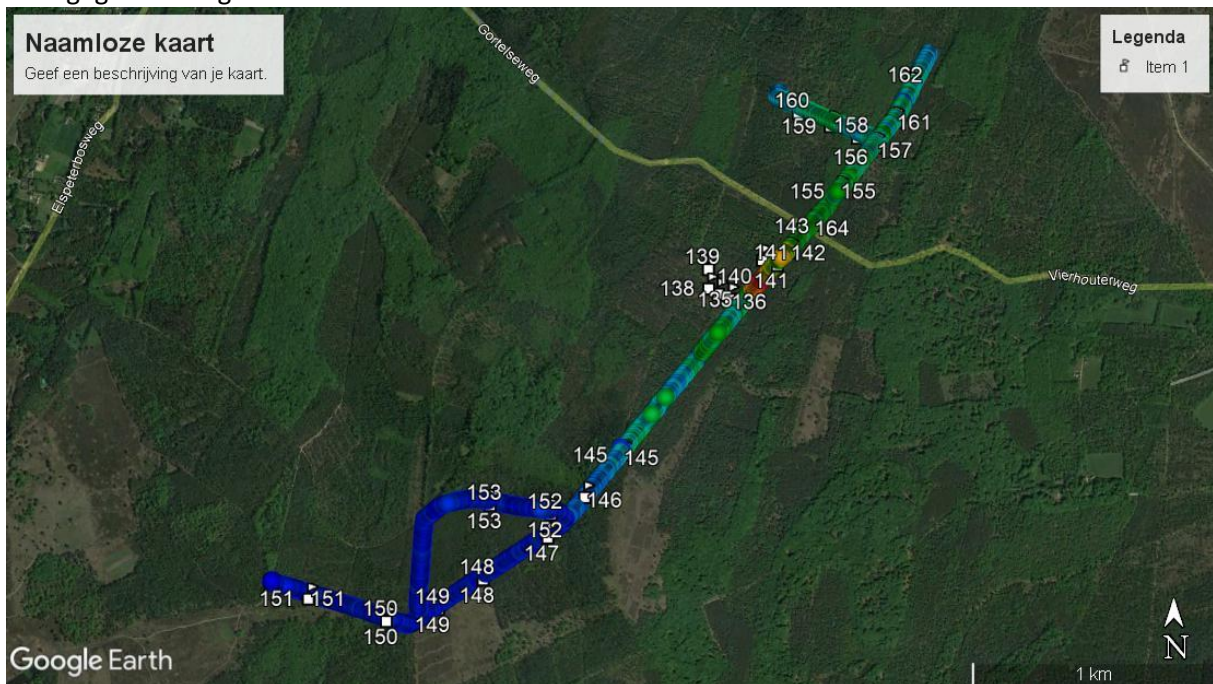
2.2. Eerste test metingen

Op 4 en 5 juli 2022 zijn de eerste test stralingsmetingen uitgevoerd, met 2 meetinstrumenten:

- Signal Hound USB-SA44B 1 Hz to 4.4 GHz serial number 12630384
- Aaronia real time Spectrum Analyzer Spectran 5 serial number 11107

De sterkst meetbare pilot tone frequentie van 954,58 MHz is gebruikt om een indruk te krijgen van de stralingsdichtheid in het hele gebied. De Signal Hound verbonden met GPS is met antenne Omnilog 70600 boven op het dak van de auto gemonteerd. Na synchronisatie met voldoende

satellieten is in het gebied stapvoets rondgereden wat resulteerde in de warmtekaart (heatmap) weergegeven in figuur 3.



Figuur 3. 'Heat map' van de pilot tone (frequentie 954,58 MHz) in spectrale kleuren, van de stralingsintensiteit in het onderzoeksgebied. Rood is de hoogste intensiteit, groen middelmatig en blauw de laagste intensiteit. Iedere stip met nummer is de positie van een vogelhuisje. De zendmast staat bij punt 136. De pilot tone is de tweede hoge piek van links in de grafieken van figuur 6.

Op basis van de resultaten van de eerste metingen is besloten verder te gaan met metingen met de Signal Hound.

3. Elektromagnetische velden van de zendmast: frequenties en intensiteit

3.1 Meetmethode en apparatuur

Voor het meten van de straling zijn twee beschikbare meetinstrumenten gebruikt:

- Signal Hound USB-SA44B 1 Hz to 4.4 GHz serial number 12630384
- Aaronia real time Spectrum Analyzer Spectran 5 serial number 11107

De toegepaste meetmethodiek is gebaseerd op 2 normen³, uitgewerkt in het Meetprotocol EMV van het Agentschap Telecom⁴

De volgende richtlijnen voor de uitvoering zijn aangehouden:

- Geen eigen zendbronnen in de buurt (voor, tijdens en afbreken meetopstelling telefoons op vliegtuigstand)
- 6 minuten meten bij steekproefmetingen
- Meten met Signal Hound USB-SA44B 1 Hz to 4.4 GHz serial number 12630384
- Op houten statief op 150 cm boven straatniveau
- Meetresultaten in Decibel (dBm), omzetten naar W/m^2 (zie hoofdstuk 3.3)

Uitgevoerde metingen:

4-5 juli 2022: Test apparatuur en warmtekaart (heatmap)

9 aug 2022: eerste meetserie Signal Hound

29 okt 2022: tweede meetserie Signal Hound met mobiele telefoon connectie

22 juli 2023: derde meetserie Signal Hound

Elke meting resulteert in een Signalhound-file (.shr) bestaande uit 1 of meerdere zogenaamde 'sweeps' van ca 30 sec.; momentopnamen van de stralingsintensiteit (dBm) per frequentie tussen 14 kHz en 4.4 GHz, met een stapgrootte van 28.5 kHz.

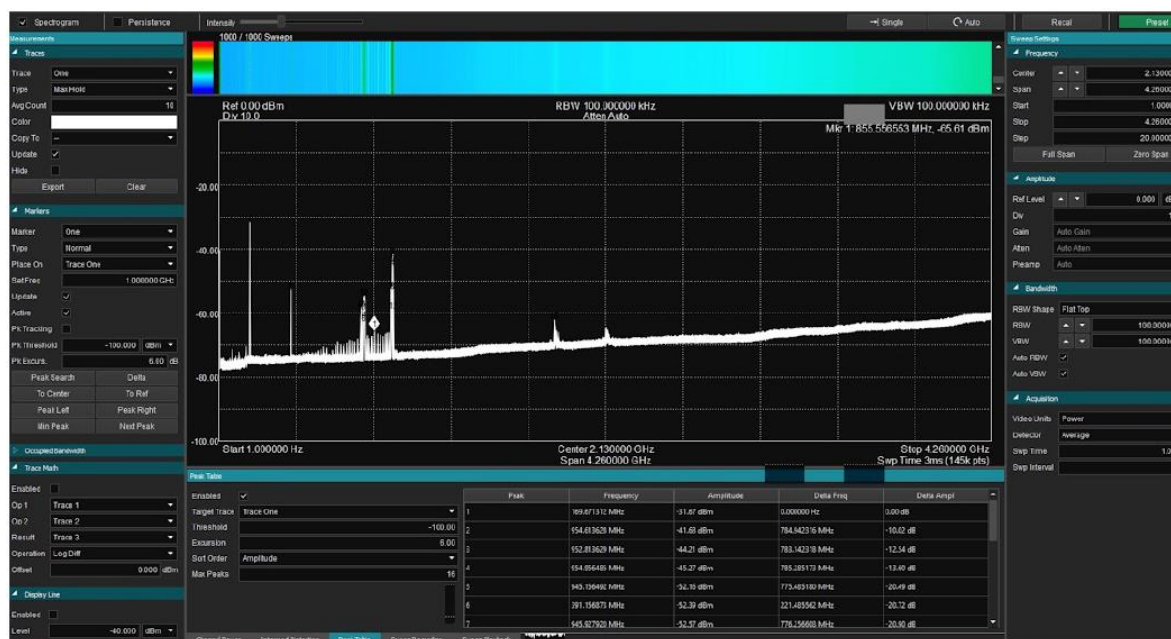


Figuur 4. Opstelling van meetapparatuur in het Vierhouterbos, bij de zendmast.

³NEN-EN-IEC 62232:2018 Bepaling van de RF veldsterkte en SAR in de omgeving van basisstations voor radiocommunicatie (zendpalen) met als doel de evaluatie van de blootstelling van het menselijk lichaam en ECC/REC/(02)04: Aanbeveling van het Comité voor Elektronische Communicatie van de Europese Conferentie van de Administraties van Post en Telecommunicatie over de meting van niet-ioniserende straling (9 kHz – 300 GHz).

⁴ Meetprotocol EMV, Agentschap Telecom, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2021

3.2 Meetlocaties



Figuur 5. Scherm afbeelding van een stralingsmeting (Signal Hound sweep)

Metingen 9 augustus 2022:

Op 9 augustus zijn overdag bij droog weer op 5 verschillende locaties stralingsmetingen uitgevoerd.

1. Vlak bij de mast (p. 140), [1506sweep-rec.csv](#).
Opname van minimaal 2 minuten van dit signaal, om te zien hoe het fluctueert in de tijd en getest of het uitmaakte als we gingen bellen (geen verschil), of data streamen (toename van de 1,8 en 2,13 GHz piek)
2. Bij nestkastje 18 (p.151), het verst weg van de zendmast, [1539sweep-rec.csv](#), minimaal 2 minuten van het signaal.
3. Bij nestkastje 12 (p.145) halverwege het bos in, [1605sweep-rec.csv](#), minimaal 2 minuten van het signaal.
4. Bij nestkastje 21 (p.156) aan de overkant van de Gortelse weg, [1628sweep-rec.csv](#), minimaal 2 minuten van het signaal.
5. bij nestkastje 28 (p.162) laatste nestkastje aan die kant van de Gortelse weg, [1640sweep-rec.csv](#), minimaal 2 minuten van het signaal.

Metingen 29 oktober 2022:

Op 29 oktober zijn 's avonds bij droog weer op 3 locaties stralingsmetingen uitgevoerd, waarbij geëxperimenteerd is met effecten van een mobiele telefoon en het versturen van data.

1. 18:30-19:15: nestkastje 18 (p. 151), locatie 'far' Op 2,2 km van de mast. [SWEEP_REC_2022-10-29_18h31m25s.shr](#)
2. 19:30-20:04 nestkastje 6 en 7 (p.140, p.141) Metingen op de driesprong, locatie 'close' op ca. 85 m. van de mast. [SWEEP_REC_2022-10-29_19h29m13s.shr](#), [_34m31s.shr](#), [_47m04s.shr](#), [_55m44s.shr](#). In deze tijd is er geëxperimenteerd met een zoom-verbinding en met telefoons aan en uit op het 5G-netwerk. De meting van 19:47 geeft waarschijnlijk hierdoor in de 5^{de} sweep 1 keer een scherpe piek van 80 mW/m² in de frequentieband 880-960 MHz.

3. 20:05-20:45 nestkastje 27 ([p.161](#)), Locatie 'medium' = Op 884 m van de zendmast, [SWEEP_REC_2022-10-29_20h12m31s.shr](#), [_20h14m22s.shr](#). Ook hier is geëxperimenteerd met mobiele telefoon, waardoor 1 sweep in de 20:15 meting een piek vertoont van 6,4 mW/m² in de frequentieband 791-862 MHz.

Metingen 22 juli 2023:

Uit de evaluatie van de eerdere metingen blijkt dat er te weinig metingen zijn op afstanden tot 1 km van de zendmast.

Daarom besluiten we op enigszins regelmatige afstand van de mast vergelijkbare metingen te doen. De eerste 6 meetlokaties zijn richting Zuid, meetlokaties 7 t/m 14 zijn richting Noord.

Telkens zijn 6 minuten Sweeps gedaan en is de GPS-locatie van de meting genoteerd. Op 22 juli regende het en was het bewolkt.

De meetpunten, afstand tot de zendmast en bijbehorende Signal Hound file staan in tabel 1.

Tabel 1. Overzicht van metingen op 22 juli 2023

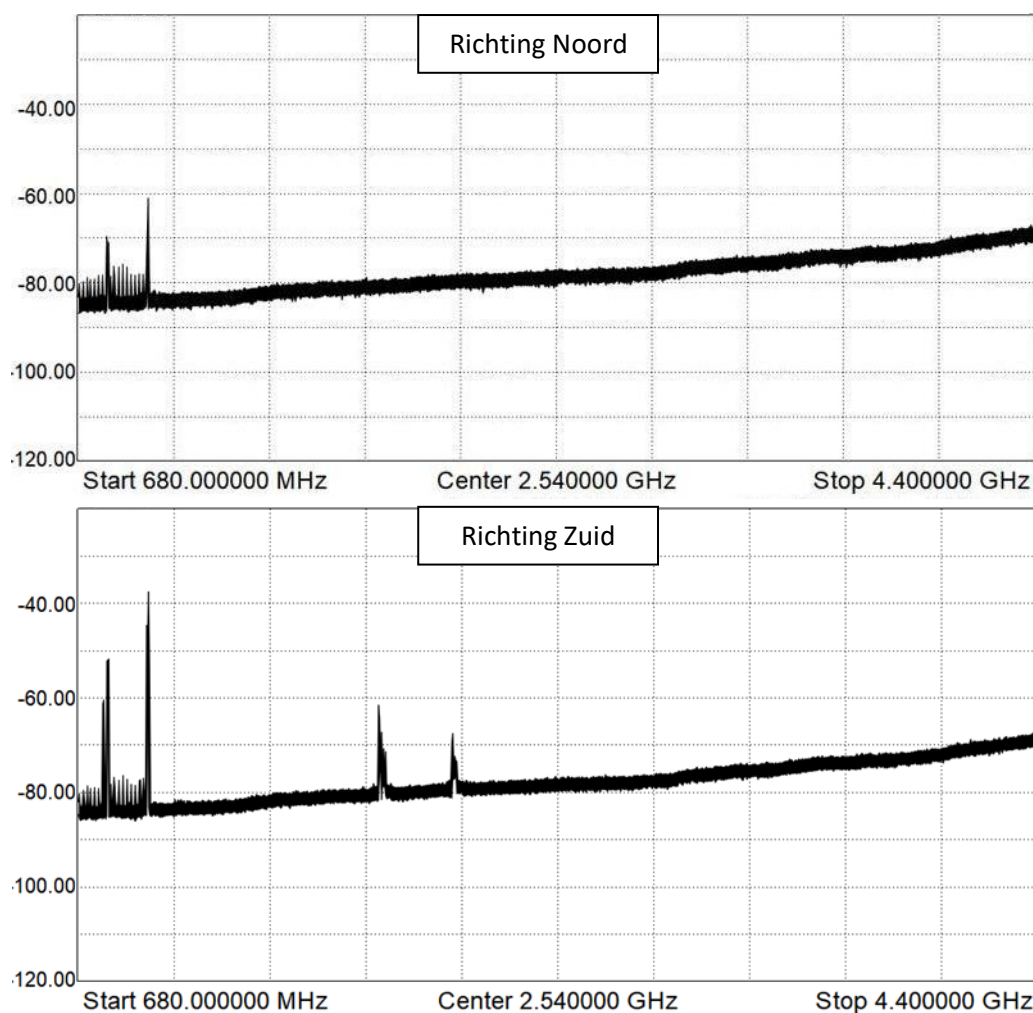
22-7-2023	52.317	5.862014	Zendmast locatie			
Tijd	Nr	Latitude	Longitude	Afstand [km]	Signal Hound File	
Richting Zuid						
14:46	1	52.31688	5.861744	0.023	SWEEP_REC_2023-07-22	14h29m15s.shr
		52.31688	5.861744	0.023	SWEEP_REC_2023-07-22	14h33m13s.shr
		52.31688	5.861744	0.023	SWEEP_REC_2023-07-22	14h37m24s.shr
15:02	2	52.31567	5.860169	0.194	SWEEP_REC_2023-07-22	15h02m31s.shr
15:14	3	52.31482	5.858973	0.319	SWEEP_REC_2023-07-22	15h13m40s.shr
15:23	4	52.31391	5.857811	0.447	SWEEP_REC_2023-07-22	15h23m47s.shr
15:34	5	52.31338	5.857128	0.522	SWEEP_REC_2023-07-22	15h33m35s.shr
15:45	6	52.31259	5.856082	0.635	SWEEP_REC_2023-07-22	15h42m45s.shr
		52.31255	5.856035	0.640	SWEEP_REC_2023-07-22	15h47m15s.shr
Richting Noord						
16:15	7	52.31778	5.863032	0.111	SWEEP_REC_2023-07-22	16h10m20s.shr
16:32	8	52.3189	5.864707	0.280	SWEEP_REC_2023-07-22	16h31m55s.shr
16:45	9	52.3202	5.866597	0.473	SWEEP_REC_2023-07-22	16h45m00s.shr
16:56	10	52.32112	5.867652	0.597	SWEEP_REC_2023-07-22	16h56m28s.shr
17:07	11	52.3221	5.868828	0.732	SWEEP_REC_2023-07-22	17h07m09s.shr
17:17	12	52.32279	5.869766	0.832	SWEEP_REC_2023-07-22	17h17m50s.shr
17:28	13	52.32375	5.87075	0.957	SWEEP_REC_2023-07-22	17h28m41s.shr
17:50	14	52.32458	5.871464	1.060	SWEEP_REC_2023-07-22	17h49m56s.shr
17:51		52.32458	5.871382	1.057	SWEEP_REC_2023-07-22	17h51m25s.shr

In totaal zijn er verdeeld over de drie meetdagen 31 stralingsmetingen-files verzameld op 20 verschillende locaties ten opzichte van de mast.

Deze zijn verwerkt volgens de procedure omschreven in hoofdstuk 3.3

3.3 Signaalverwerking en omrekening

Onderstaande figuur 6 toont twee typisch gemeten frequentiespectra op een locatie ten noorden (boven) en ten zuiden (onder) van de zendmast te Vierhouten. Het spectrum omvat het frequentiegebied van 680 MHz tot 4.5 GHz. Frequenties lager dan 680 MHz zijn ook gemeten, maar worden in dit verslag buiten beschouwing gelaten omdat er voor die frequenties geen Antennefactor beschikbaar is, zodat deze niet op betrouwbare wijze kan worden omgezet naar veldsterkte en stralingsintensiteit. Langs de verticale as is de gemeten waarde van de signaaldetector in dBm uitgezet.



Figuur 6: Gemeten spectra richting Noord (boven) en richting Zuid (onder)

Zowel ten noorden als ten zuiden van de zendmast te Vierhouten is de grootste stralingsintensiteit gemeten in de banden 791-862 MHz en 880-960 MHz voor mobiele communicatie. Deze frequentiebanden waren niet volledig gevuld. Dat is conform de verwachting als er maar één provider op een zendmast zit. In de banden 1710-1875 MHz en 1900-2170 MHz voor mobiele communicatie is alleen richting Zuid een stralingsintensiteit gemeten die boven het ruisniveau uitkomt. In de frequentiebanden 2500-2685 MHz en 3500-3580 MHz komt de meetwaarde niet boven het ruisniveau uit.

In de spectra zijn, op min of meer regelmatige frequentieafstanden, smalbandige pieken te zien. Hoewel hier relatief weinig vermogen in zit, is het goed te weten wat dit is. Het betreft 638, 653, 669,

684, 700, 716, 731, 747, 762, 778, 784, 809, 819, 824, 840, 856, 871, 887, 902, 912, 924, 933 Mhz. Uit het nationaal frequentieplan blijkt dat dit veelal vergunningsvrije frequenties zijn. Op deze frequenties mag met een laag vermogen worden uitgezonden.

3.3.1 Omrekening van het detectorsignaal

De omrekening van het gemeten spectrale detectorvermogen, $P_{\Delta f}$, naar de stralingsintensiteit binnen de frequentiebanden voor mobiele communicatie, P_{EM} , omvat 4 stappen:

1. Eerst wordt het gemeten spectrale detectorvermogen, $P_{\Delta f}$, uitgedrukt in dBm, omgerekend naar de spanning V in dBV, over de meetdetector, middels de formule

$$P_{dBV} = P_{dBm} - 13 \quad (1)$$
2. Vervolgens wordt de spanning over de meetdetector omgerekend naar de elektrische veldsterkte E in V/m, middels $E_{dBVm^{-1}} = V_{dBV} + AF_{dBV,dBV/m}(2)$ en $E[V/m] = 10^{dB(V/m)/20}(3)$
3. Uit de elektrische veldsterkte wordt de stralingsintensiteit, $P_{EM\Delta f}$ in W/m^2 , berekend voor het frequentie interval waarmee gemeten is, via $P_{\Delta f} \left[\frac{W}{m^2} \right] = E_{\Delta f}^2 \left[\frac{V^2}{m^2} \right] / 377 \quad (4)$
4. Ten slotte volgt de integratie van de verkregen waarden over de frequentiebanden voor mobiele communicatie, in formule $P_{\Delta f} \left[\frac{W}{m^2} \right] = E_{\Delta f}^2 \left[\frac{V^2}{m^2} \right] / 377 \quad (5)$

In de laatste sommatie speelt de vraag of de numerieke resolutie Δf_n gelijk aan de feitelijke fysische resolutie f_n . We zijn ervan uitgegaan dat deze gelijk zijn en niet verrekend hoeven te worden. Een meer gedetailleerde uitleg over de omrekening en een voorbeeld berekening is te vinden in bijlage A.

De waarden van de Antennefactor voor de Aaronia Ultra-Broadband-Antenna-OmniLOG-70600 per frequentie zijn opgegeven door de leverancier en weergegeven in Bijlage B.

Sommaties zijn gedaan over de volgende numerieke frequentiebanden:

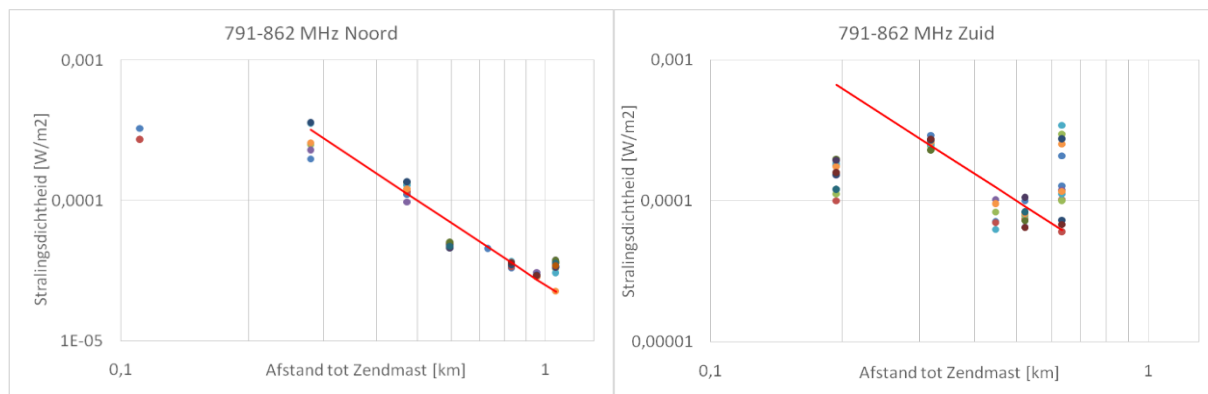
Tabel 2. Frequentiebanden waarover stralingsintensiteit bepaald

Omschrijving	Frequentie bereik
(digitaal dividend)	791 – 862 MHz
Mobiel breedband ex GSM900	880 - 960 MHz
Mobiel breedband ex GSM1800	1710 – 1875 MHz
UMTS (gepaard)	1900 – 2170 MHz
Mobiel breedband 2.6 GHz	2500 – 2685 MHz
FWA/WLL	3500 - 3580 MHz

3.4 Meetresultaten

De meetresultaten van alle stralingsmetingen zijn samengevat in Bijlage C. De resultaten van de systematische serie metingen van 22 juli 2023 zijn hieronder uitgewerkt.

In de twee onderstaande grafieken (figuur 7) is de gemeten stralingsintensiteit als functie van de afstand tot de zendmast te Vierhouten uitgezet. Langs de verticale assen staat de stralingsintensiteit in W/m^2 . Langs de horizontale assen staat de afstand tot de zendmast in km. De grafieken betreffen de frequentieband 791-862 MHz. De kleur van de meetpunten verwijst naar een specifieke 'sweep' een meetreeks op die afstand. De linker grafiek betreft meetpunten richting het Noorden. De rechter grafiek betreft meetpunten richting het Zuiden.



Figuur 7: Gemeten stralingsintensiteit in de frequentieband 791-862 MHz als functie van de afstand

In beide figuren is een trendlijn toegevoegd. Deze representeert een afname van de stralingsintensiteit met $1/R^2$. Globaal gezien is dit conform de verwachting. Dicht bij de zendmast is de gemeten stralingsintensiteit relatief laag. Dit kan samenhangen met een 'neerwaartse⁵-lob effect'.

Richting Noord stijgt de stralingsintensiteit voorbij 1 km weer. Dit hangt waarschijnlijk samen met de invloed van andere masten. Richting Zuid treedt dit effect al vanaf 650 m op. Voor beide resultaten geldt dat relatief sterke demping als gevolg van de bosrijke omgeving mogelijk is.

In de grafieken van Figuur 8 is de stralingsintensiteit voor de frequentieband 880-960 MHz weergegeven. Langs de verticale assen staat wederom de stralingsintensiteit in W/m^2 . Langs de horizontale assen staat de afstand tot de zendmast in km. De linker grafiek betreft meetpunten richting het Noorden. De rechter grafiek betreft meetpunten richting het Zuiden.

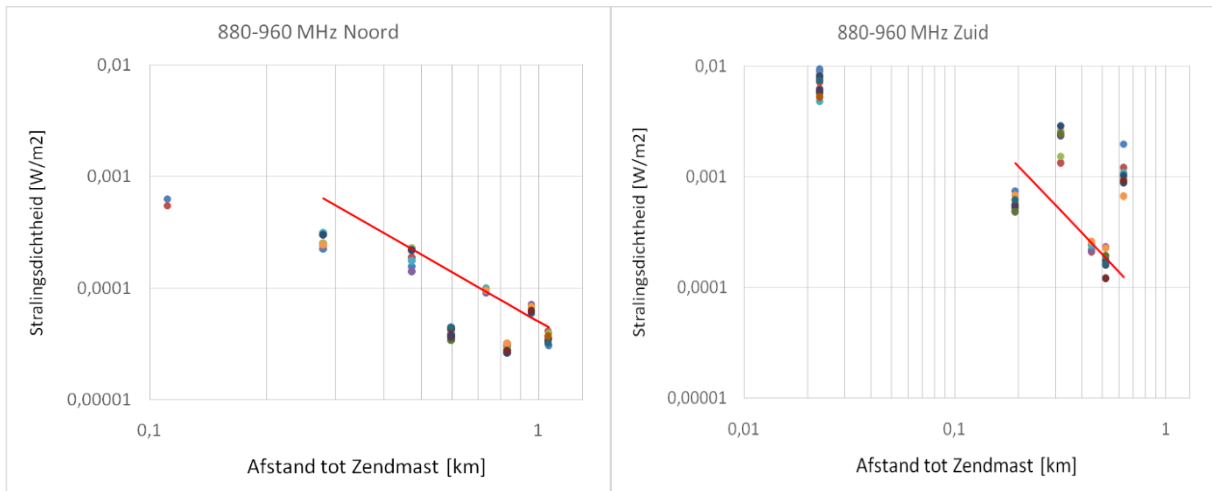
Ook voor de frequentieband 880-960 MHz is een trendlijn toegevoegd. Deze vertegenwoordigt een afname van de stralingsintensiteit met $1/R^2$.

Richting Noord zou de trendlijn juist kunnen zijn. Op locaties die meetwaarden opleveren die duidelijk onder de trendlijn liggen, zou dan het EM-zicht op de zendmast belemmerd moeten zijn als

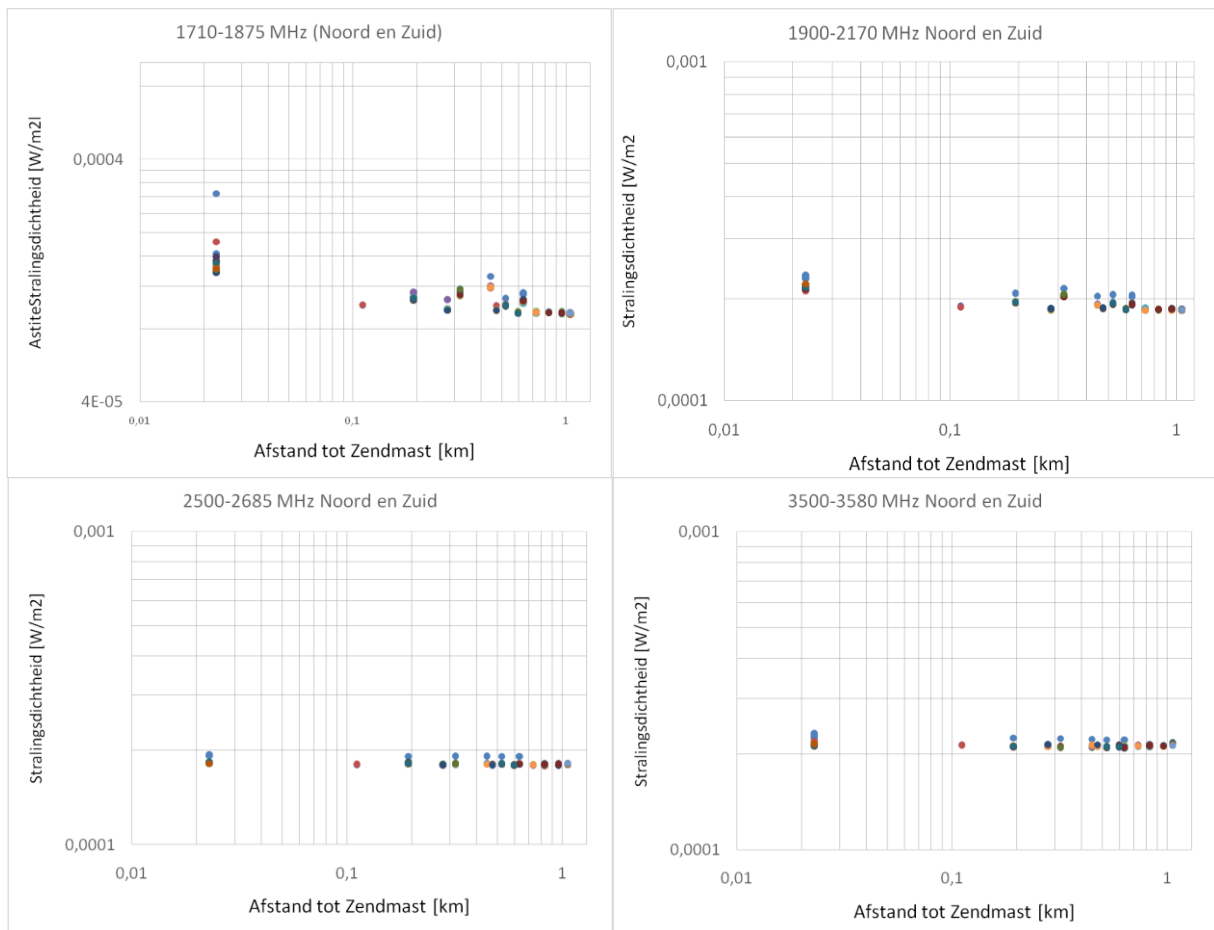
⁵ ...Antennes hebben naast een 'hoofdbundel' ook 'zijbundels' waarin wordt uitgezonden. Tussen de 'hoofdbundel' en een 'zijbundel' is de uitzendsterkte relatief laag. Antennes voor mobiele communicatie kunnen uitgezonden bundels in hoge mate richten. Echter, als de hoek tussen het horizontale vlak en de uitzendrichting erg groot is, is het lastiger de bundelvorming te realiseren. Daardoor kan nabij een zendmast, op grondniveau, de veldsterkte relatief laag zijn. Dit wordt bedoeld met het 'neerwaartse-lob effect'.

gevolg van de bebossing. Dit kan immers sterke demping veroorzaken. Dicht bij de zendmast kan de stralingsintensiteit relatief laag zijn vanwege het 'neerwaartse-lob effect'.

Richting Zuid is geen duidelijke trendlijn meer aan te geven. Het grillige gedrag van de meetwaarden kan samenhangen met zowel extra demping door de bebossing als met invloed andere masten.



Figuur 8: Gemeten stralingsintensiteit in de frequentieband 880-960 MHz als functie van de afstand



Figuur 9: Gemeten stralingsintensiteiten in overige frequentiebanden als functie van de afstand

In de vier grafieken in Figuur 9 zijn de meetresultaten voor de beide richtingen, Noord en Zuid, gecombineerd weergegeven. De grafieken betreffen de frequentiebanden 1710-1875, 1900-2170, 2500-2685, 3500-3580 MHz. Het signaalniveau in deze frequentiebanden komt nauwelijks of niet boven de ruis uit. In de frequentieband 1710-1875, richting Zuid is wel enige signaalsterkte gemeten. Richting Noord is dat niet het geval. Voor alle vier hierboven genoemde frequentiebanden geldt dit resultaat als goed toepasbaar voor een 'nulmeting'.

4. Effecten op fauna

Om de effecten van straling op fauna te onderzoeken zijn in 2022 twee onderzoekslijnen ingezet. Het ene betreft mogelijke effecten op hollenbroeders en het andere de mogelijke effecten op foeragerende vleermuizen.

4.1 Hollenbroeders in nestkasten

4.1.1. Opzet

Op 9 maart 2022 zijn 30 vogelhuisjes opgehangen in het Vierhouterbos op verschillende afstanden de mast, aannemende dat de afstand gerelateerd is aan de stralingsintensiteit. De kasten zijn opgehangen in de directe omgeving van loofbomen (eik). Hiernaast was de grove den de dominante boomsoort.

Enkele kasten zijn, nadat ze zijn opgehangen, spoorloos verdwenen (3x) of uit de boom gevallen (1x), waardoor er 26 kasten in het onderzoek zijn betrokken. De kasten zijn ingedeeld in de categorieën close, medium en far (Fig. 1), met veronderstelde navenant dalende stralingsintensiteit.

In 2023 bleek op basis van metingen dat de locatie 'far' weliswaar buiten het stralingsbereik van de mast lag, maar dat dit niet ter plekke tot een zeer lage stralingsintensiteit leidde, omdat het in het bereik van één of meer andere masten lag.

De nestkasten zijn in 2022 gecontroleerd op 6 mei, 17 mei en 30 mei; in 2023 op 11 mei, 21 mei en 2 juni. Telkens zijn de status van nesten, eieren en jongen genoteerd.



Figuur 10: Verdeling van kasten over het bos bij Vierhouten. De drie regio's zijn aangegeven met per regio het aantal kasten dat voor de vogels bruikbaar was. Dit aantal was hetzelfde in 2022 en 2023.

Als de vogels hinder ondervinden van straling vanaf de mast zou verondersteld kunnen worden dat:

- 1) de bezetting van de kasten lager is dichtbij de zendmast en/of
- 2) minder paren dichtbij de zendmast tot eileg komen en/of
- 3) minder paren dichtbij de zendmast jongen produceren en/of
- 4) paren dichtbij de zendmast minder eieren leggen en/of
- 5) paren dichtbij de zendmast minder jongen hebben.

Er is onderzocht of één of meerdere van deze punten van toepassing zijn in de nestkasten rond de mast in het Vierhouterbos. Vanwege de beperkte omvang van de studie (1 mast, 9 kasten per afstandscategorie, 2 jaar) zullen alleen relatief grote effecten aantoonbaar zijn (en het is de vraag wat de maatschappelijke relevantie zou zijn van kleine effecten).

4.1.2. Resultaten

Er zijn 3 soorten broedvogels aangetroffen in de nestkasten, namelijk de koolmees, pimpelmees en bonte vliegenvanger (tabel 3). De toename van de bezetting van 2022 op 2023 komt waarschijnlijk doordat de kasten tamelijk laat in 2022 zijn opgehangen. Daarnaast is de verschuiving van kool- naar pimpelmees opvallend, wat in meer gebieden optreedt. Dit kan samenhangen met de calciumbeschikbaarheid in het bos wat door voortdurende verzuring in combinatie met droge zomers steeds nijpender wordt (in 2022 was er 1 pimpelmeesnest met jongen met zwakke botten, in 2023 waren dat er 7, 5x pimpelmees, 2x bonte vliegenvanger). Vanwege het jaar-effect in de gegevens van het Vierhouterbos, het feit dat dit in de jaren 1980 ook al speelde en omdat we het mechanisme kennen waardoor de calciumproblemen ontstaan, schrijven we dit niet toe aan een stralingseffect. We gaan er vooralsnog vanuit dat als er effecten van straling op vogels zijn, deze vergelijkbaar zijn bij ieder van de genoemde soorten, zodat we ze gezamenlijk kunnen analyseren (voor een analyse per soort is de dataset te klein).

Tabel 3. Bezetting van de nestkasten in 2022 en 2023 (aantallen broedsels).

soort	2022	2023
Pimpelmees	7	15
Koolmees	6	0
Bonte vliegenvanger	3	8

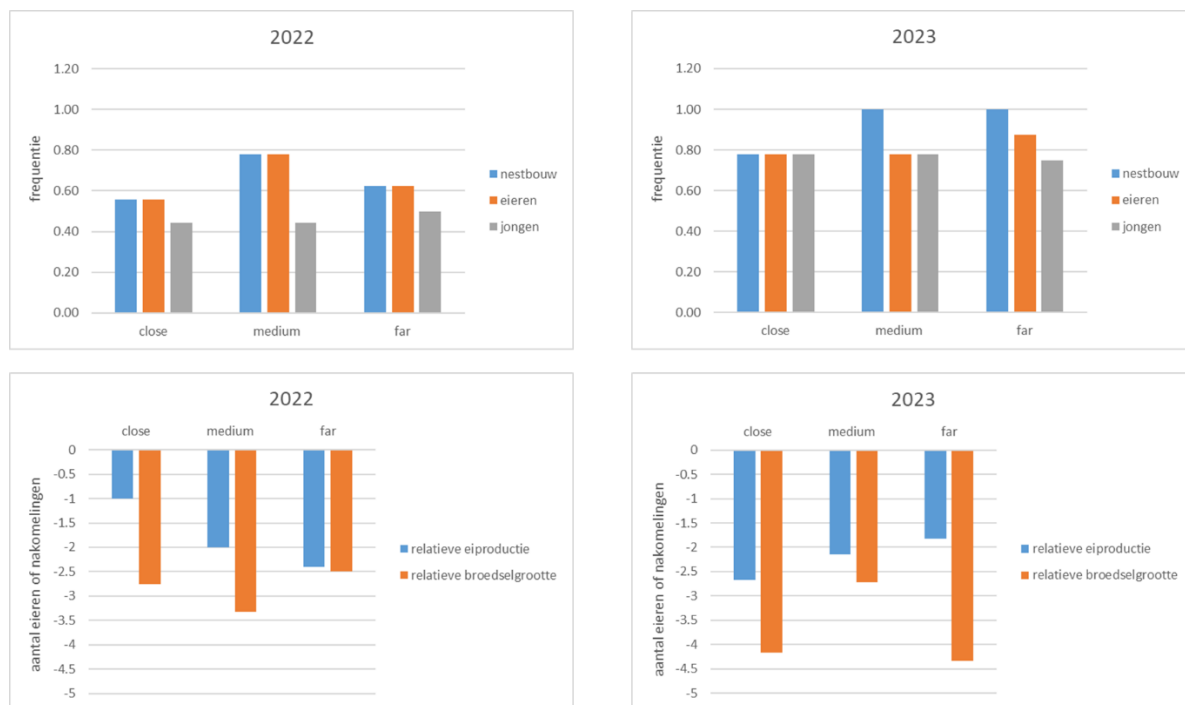
De hypothesen ten aanzien van het aantal paren dat kasten bezet en verschillende stadia van het broedproces bereikt (punten 1 t/m 3 hierboven) zijn onderzocht op basis van de kansen (frequentie) waarmee ze optraden. Deze kansen zijn berekend op het totaal aantal nestkasten per afstandscategorie, dus inclusief de effecten van nestverlating en predatie.

De relatieve eiproduktie (punt 4) is berekend ten opzichte van het per soort vastgestelde maximale aantal eieren per broedsel. Per nest is vastgelegd hoeveel eieren er minder dan maximaal gelegd zijn. Door deze op te tellen en te delen door het totaal aantal nesten waarin eieren zijn geteld is zo het gemiddelde per afstandscategorie bepaald. Hierbij zijn de niet gestarte nesten vanwege predatie (d.i. roof) of nestverlating tijdens de eileg dus niet meegenomen. De waarde geeft aan hoeveel

eieren er gemiddeld per nest minder werden gelegd ten opzichte van de maximaal vastgestelde broedselgrootte in de gehele dataset (-1 = gemiddeld 1 ei/nest minder).

De relatieve broedselgrootte (=aantal jongen, punt 5) is op vergelijkbare wijze vastgesteld uitgaande van de eiproduktie (aantal eieren = potentieel aantal kuikens). Dit is dus ook exclusief de effecten van predatie en nestverlating.

De ruwe data is weergegeven in bijlage D.



Figuur 11. Gegevens van de zangvogels in de nestkasten. 2022 links, 2023 rechts. Kans op nestbouw, eileg en jongen boven, relatieve ei- en jongenproductie onder (relatief ten opzichte van de maximale broedselgrootte per soort in het betreffende jaar. Verdere toelichting in de tekst.

In 2022 en 2023 was de bezetting van de nestkasten iets lager in de directe omgeving rond de mast dan verder van de mast af (Fig. 2), maar dit is niet zondermeer toe te schrijven aan een stralingseffect, doordat in de 'close' regio de dichtheid van nestkasten hoger ligt dan in de overige gebieden. Het aantal broedparen dat dichtbij de mast tot broeden komt, wordt dus beperkt door de beperkte ruimte om nestkasten dicht in de buurt van de mast op te hangen (het is weliswaar mogelijk om veel kasten rond de mast te hangen, maar omdat de vogels territoriaal zijn, zal dan een groot aantal nestkasten leeg blijven, wat dan niet toegeschreven kan worden aan het mast-effect maar simpelweg aan de ruimtelijke dichtheid van de aangeboden nestkasten). Als het effect van de zendmast groot is, zou dat al wel uit de verdere gegevens naar voren moeten komen.

De kans op eieren of jongen is niet duidelijk lager in de 'close' regio van de mast in vergelijking met de 'medium' en 'far' afstandscategorieën. Doordat de kans op nestbouw al wat lager is in de 'close' regio, geeft dit aan dat de nesten dichtbij de mast een relatief goed gevolg kennen (ze lopen het 'verlies' als gevolg van een lagere bezetting als het ware in ten opzichte van de andere afstandscategorieën). Anders gezegd komen predatie (met name door boomkruipers) en

nestverlating rond de mast net iets minder voor dan verder van de mast af. Het is niet uit te sluiten dat dit een stralingseffect is, doordat predatoren de omgeving van de mast mijden, maar het is ook mogelijk dat de kasten in de 'close' regio door puur toeval minder bezochte boomkruipers hebben. Dit toeval zou nog kunnen samenhangen met de omvang van de betreffende regio's: hoe groter de regio, des te groter de kans dat het de activiteitsgebieden van kruipers doorkruist.

Wat betreft de relatieve legsel- en broedselgroottes zien we in beide jaren eigenlijk een exact tegengesteld patroon (Figuur 11). Zo was de relatieve legselgrootte in de 'close'-regio in 2022 groot, in 2023 laag. Voor de broedselgrootte nemen de kasten in de 'close' regio in beide jaren een intermediaire positie in, terwijl de 'medium' en 'far' regio's van positie in termen van broedselgrootte wisselen. Dit jaareffect is niet te verklaren (en berust mogelijk ook volledig op toeval), maar het is onwaarschijnlijk dat straling hierop van invloed is geweest.

Geen van de parameters geeft aan dat er een (sterk) effect (negatief of positief) van straling zou zijn op de broedvogels in de nestkasten. Ook als we de resultaten van de 'far'-regio buiten beschouwing laten, omdat deze te ver van de mast af lag, verandert dat deze bevinding niet.



Figuur 12: Bonte vliegenvanger met legsel bij Vierhouten, mei 2022.

4.2 Foeragerende vleermuizen

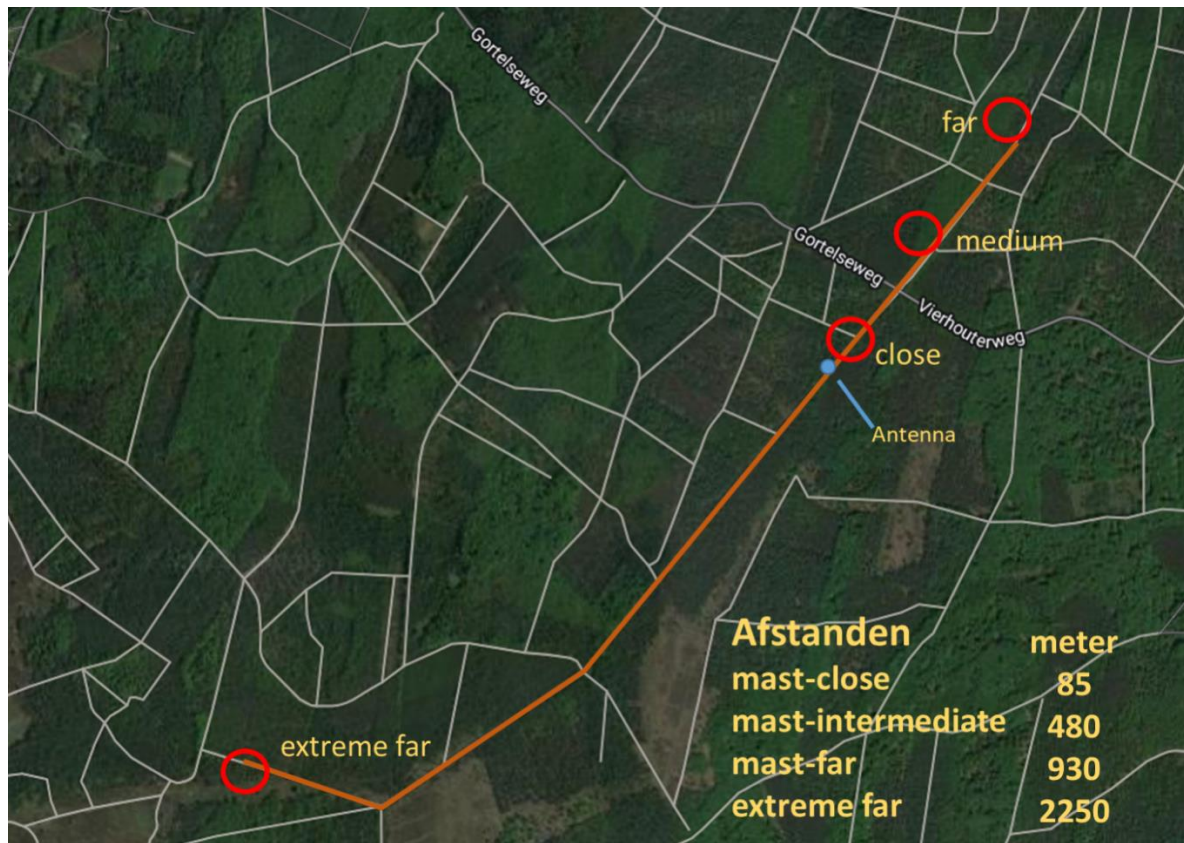
4.2.1. Opzet

De reden voor het onderzoek aan vleermuizen is dat zij, vanwege hun levende vlieghuid, veel meer straling absorberen dan vogels doen met hun (dode) verenpakket. De straling zou bij vleermuizen indirect effect kunnen hebben op hun sonar of op hun warmte-regulatie, waardoor ze bronnen van elektromagnetische straling mijden, maar feitelijk is onbekend waarom vleermuizen straling zouden mijden. Er zijn in de literatuur ook aanwijzingen dat dit ook daadwerkelijk gebeurt, maar dit is niet getest onder de condities van de huidige data-communicatie.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van automatische vleermuisloggers (Wildlife Acoustics SM2BAT) die 2 seconden (ultrasoon) geluid opnemen als ze ultrasoon geluid opvangen. Op deze manier kan een indruk gekregen worden hoe vaak vleermuizen in de buurt van de logger komen (op basis van het aantal files per nacht). Er zijn 3 loggers voor dit onderzoek beschikbaar, dus één voor iedere afstands-categorie. De loggers zijn in 2022 in verschillende nachten uitgezet op vaste locaties (Figuur 13, 14). In 2023 hebben we één van de loggerposities opgeheven en een andere gecreëerd, omdat één van de loggerposities te ver buiten het bereik van de mast lag (zoals ook is beschreven voor de zangvogels). Vervolgens hebben de loggers 3 keer een midweek buiten gestaan (4 nachten per keer), zodat gegevens van opeenvolgende nachten zijn verkregen. De exacte data staan vermeld in het resultaten-overzicht.

In 2022 is er ook in 3 nachten gewerkt met een 5G telefoon die op iedere locatie gedurende een half uur contact heeft gemaakt met de mast om te zien of dit een effect zou hebben op de vleermuizen in vergelijking met het half uur voor of nadat de telefoon had aangestaan. In één nacht waren er te weinig vleermuizen om deze gegevens te gebruiken. Van 2 nachten (25 en 29 oktober) worden de gegevens besproken.

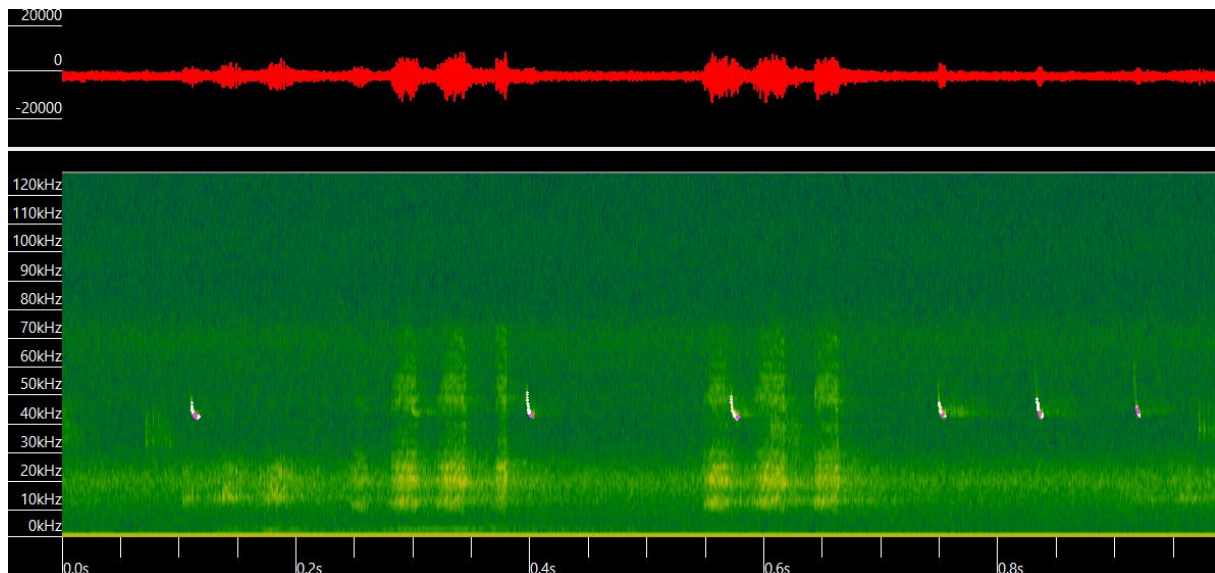
Er zijn meer dan 20.000 files opgenomen, die gefilterd zijn om de vleermuis-signalen te scheiden van ruis en sprinkhanen (Figuur 15, 16). Het filter heeft een onderscheid gemaakt tussen duidelijke vleermuisignalen en een vergaarbak van allerlei ruis en sprinkhanen, maar met daartussen zo nu en dan ook zachte vleermuispulsen of onregelmatige sonarpulsen. Dit zijn waarschijnlijk vooral dieren die aan de rand van de detectiegrens hebben gevlogen. We gaan er van uit dat dit onafhankelijk is geweest van de exacte locaties van de vleermuisloggers en dus gelijke tred houdt met de sonarsignalen die wel als zodanig door de software zijn herkend.



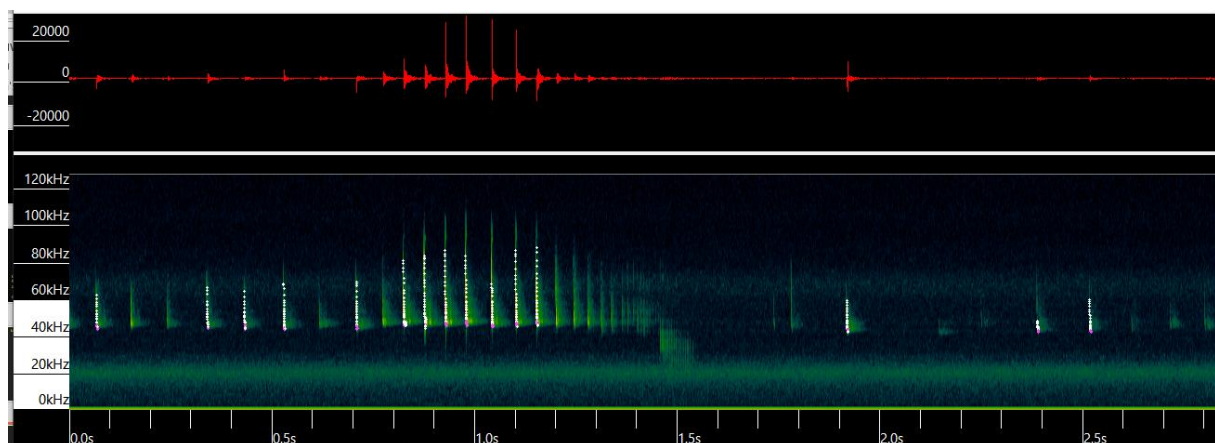
Figuur 13: Verdeling van loggerlocaties over het bos bij Vierhouten. De extreme far is als locatie in 2023 opgeheven en de logger is geplaatst op de medium-positie.



Figuur 14: Opstelling van de microfoon van de vleermuislogger bij Vierhouten. De microfoon is met een lange kabel verbonden aan de logger, om vrij te zijn van elektrische storing vanuit de logger.



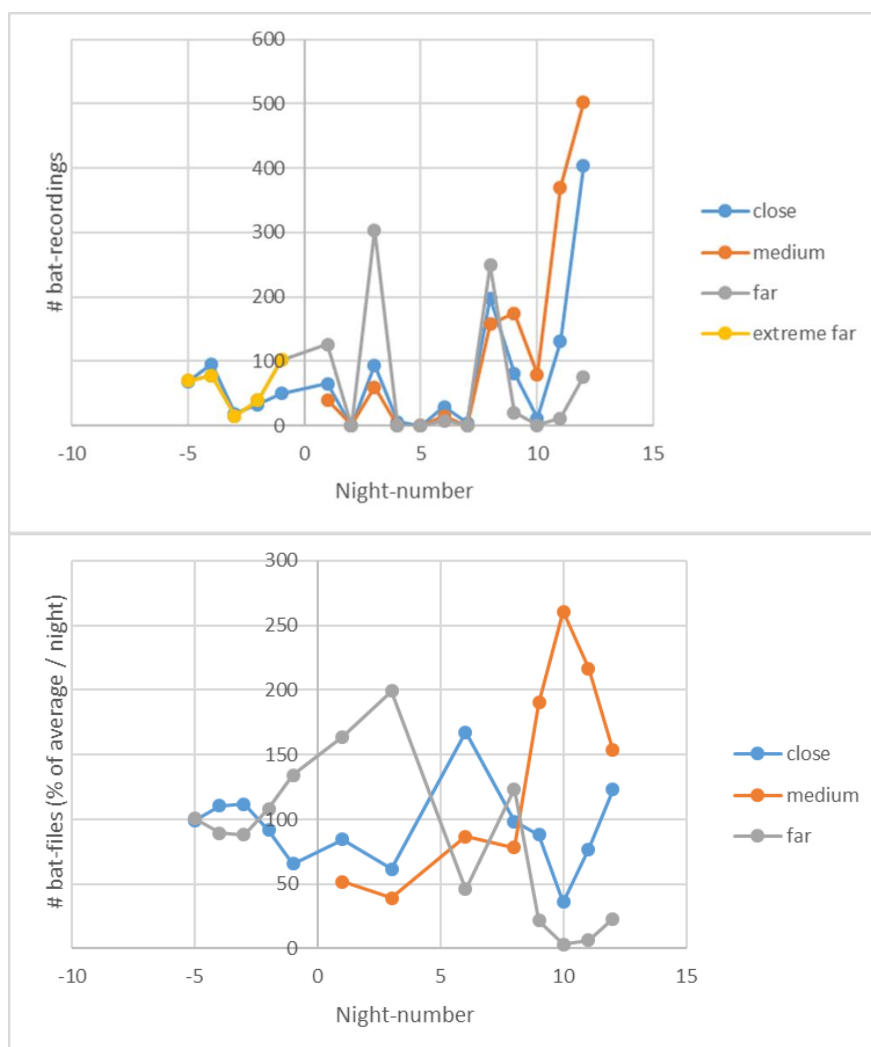
Figuur 15: Tjirpen van een sprinkhaan met tegelijkertijd een passerende vleermuis (witte streepjes) in de close-range rond de mast.



Figuur 16: Sonarpulsen van een vleermuis die een prooi vangt: de puls frequentie neemt toe, hapert als de vleermuis de prooi verwerkt en gaan dan weer over op een regelmatige puls (maar op grotere afstand van de ontvanger).

4.2.2. Resultaten

De verschillen in vleermuisactiviteit tussen opeenvolgende nachten kunnen erg groot zijn, wat vooral afhankelijk is van het weer (Figuur 17). De loggerlocatie waar per nacht de meeste vleermuizen worden waargenomen kan ook per meetmoment verschillen en er is geen duidelijke positief of negatief effect te zien ten opzichte van de afstand tot de mast. In de perioden dat er contact gemaakt is met een mobiele telefoon is er een klein positief effect op het aantal vleermuizen, maar doordat het aantal vleermuizen per nacht laag was (laat staan per half uur) kan hieraan geen conclusie verbonden worden. Op basis van deze gegevens lijkt deze mast geen effect te hebben op het vlieggedrag van vleermuizen.



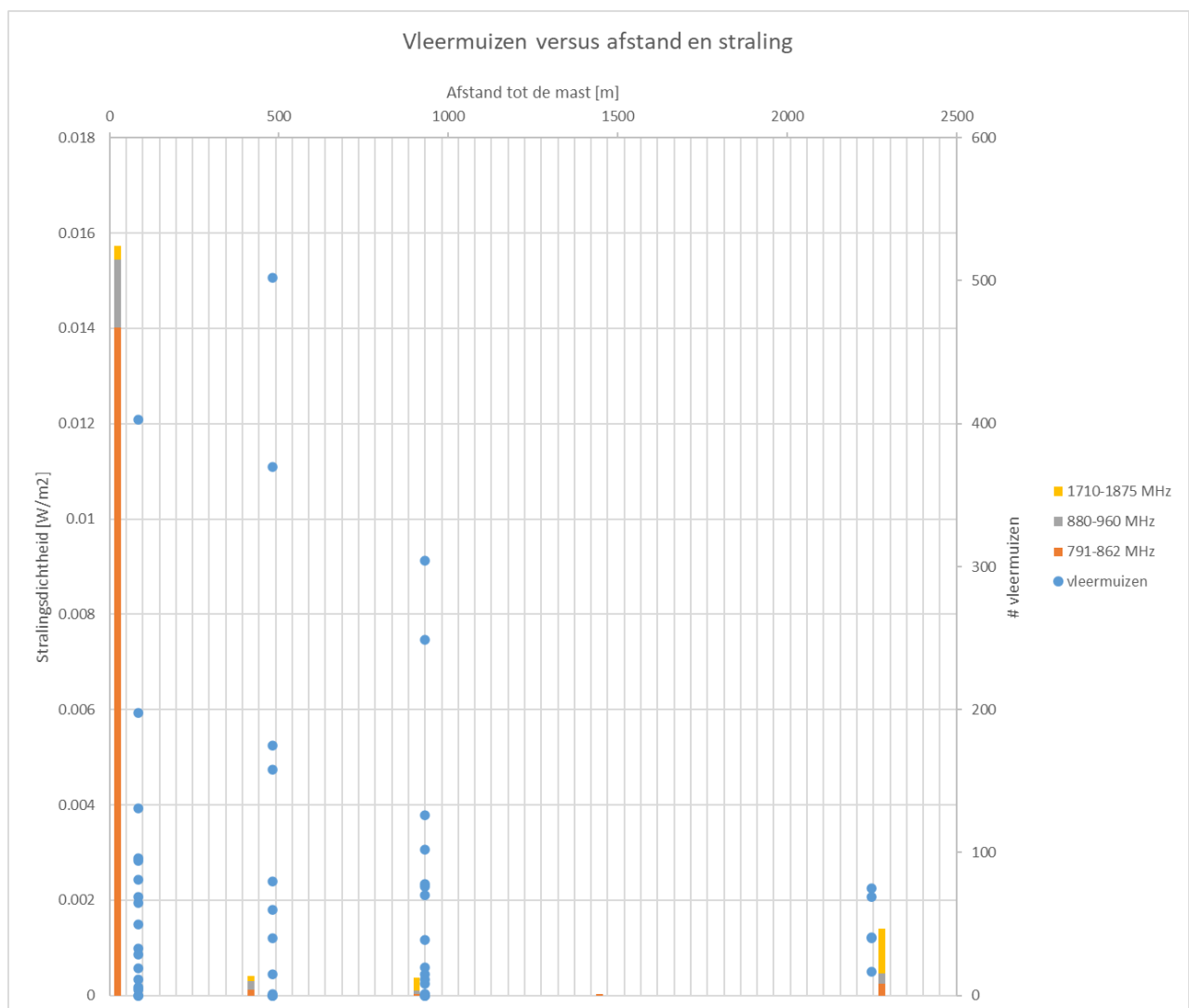
datum	nr.
26-7-2022	-5
1-9-2022	-4
6-10-2022	-3
25-10-2022	-2
29-10-2022	-1
19-6-2023	1
20-6-2023	2
21-6-2023	3
22-6-2023	4
3-7-2023	5
4-7-2023	6
5-7-2023	7
6-7-2023	8
7-8-2023	9
8-8-2023	10
9-8-2023	11
10-8-2023	12

Figuur 17. Samenvatting van de resultaten. Absoluut aantal opnamen (boven) en relatief als percentage van het gemiddelde per nacht (onder). Als er te weinig vleermuizen waren, kon het relatieve aantal vleermuisopnamen niet worden berekend (nacht 2, 3, 4 en 7). Rechts staan de datums en hoe deze corresponderen met de nachtnummers op de x-as. NB de negatieve nummers betreffen 2022, de positieve nummers 2023.

5. Correlatie tussen Stralingsintensiteit- en Vogelbroed- en Vleermuis-metingen

Uit de stralingsmetingen wordt duidelijk dat er eigenlijk onderscheid gemaakt moet worden tussen de Zuidkant en de Noordkant van de mast, ook voor wat betreft de vogelbroed-metingen en de vleermuismetingen.

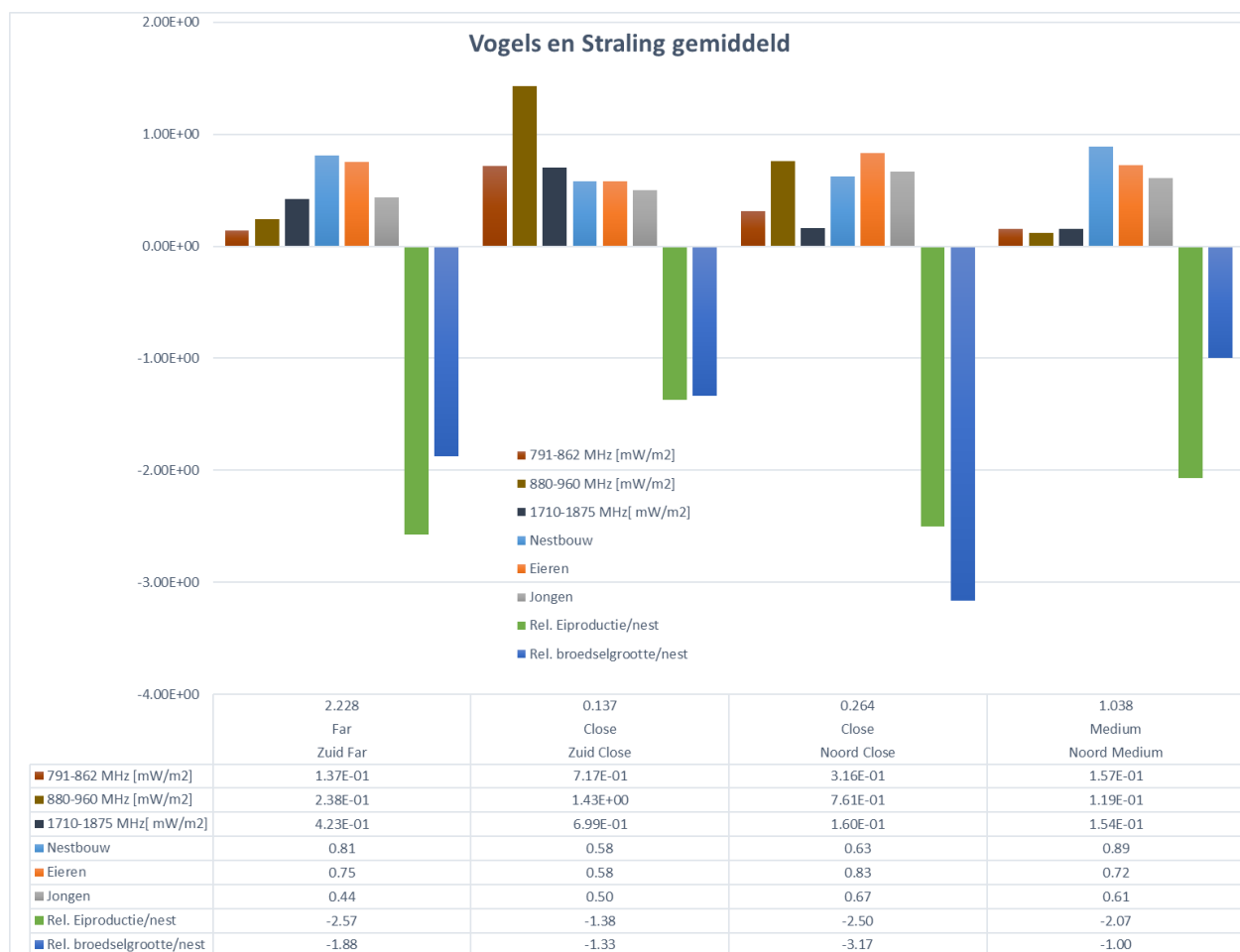
Voor wat betreft de vleermuismetingen zijn de afstanden 'Close' (100-300 m) en 'Medium' (300-1000 m) beiden aan de Noordzijde van de mast terwijl de afstand 'Far' (2200 m) aan de Zuidzijde van de mast is. De verschillende tellingen gecombineerd in 1 grafiek als functie van de afstand geeft het volgende plaatje, waarbij per afstand ook de hoogst gemeten straling in de verschillende frequentiebanden is weergegeven.



Figuur 18: Gecombineerde Vleermuistellingen (rechter y-as) en Stralingsmetingen (linker y-as) versus de afstand tot de mast (x-as)

Te zien is dat het aantal vleermuizen per locatie sterk wisselt, maar dat er geen verband is met de stralingsdichtheid. Op de afstand 'Close' (100 m) is de stralingsdichtheid veel hoger dan op 'Medium' (1000 m) maar worden evenveel of meer vleermuizen geteld.

Iets vergelijkbaars kan gezegd worden van de vogelbroedmetingen. Wanneer de gegevens over 2 jaar worden gemiddeld, dan zien we bij 'Zuid Close' een vergelijkbaar patroon als bij 'Noord Medium' terwijl de gemeten stralingsdichtheid bij die laatste een stuk hoger ligt.



Figuur 19: Gecombineerde Vogelmetingen (y-as) en Stralingsmetingen (y-as) voor 4 gemiddelde afstanden van de mast Zuid Far 2.2 km, Zuid close 0.1 km, Noord close 0.3 km, Noord Medium 1 km

6. Conclusies, kennisdeling en vervolg

Het project team is erin geslaagd kleinschalig stralingsintensiteiten, vleermuis- en vogelbroed gegevens te verzamelen over een periode van twee seizoenen (2022 en 2023) in de omgeving van een relatief geïsoleerde zendmast op de Veluwe nabij Vierhouten.

De stralingsmetingen wijzen uit dat de stralingsintensiteit over het algemeen laag is voor alle frequentiebanden $\leq 0,01$ W/m² (ICNIRP limiet >1 W/m²) met de hoogste stralingsintensiteiten in de buurt van de mast. Verder valt op dat richting Noord de stralingsintensiteit sneller afneemt dan richting Zuid. Mogelijk is er in de zuidelijke richting sprake van interferentie van een andere zendmast.

De vogelbroedgegevens en vleermuisgegevens geven nog geen eenduidige indicatie van effecten van straling op het vogelbroedgedrag of foerageergedrag van vleermuizen. Vanwege de grote spreiding in de metingen zijn veel meer meetgegevens noodzakelijk om een statistisch verdedigbaar verband te kunnen aantonen.

Deze eerste verkenning geeft wel een beeld van de huidige status voor wat betreft stralingsdichtheid, vogelbroedsucces en vleermuisdichtheid in het gebied. Bij toekomstige metingen kan dit als referentie fungeren om meer langdurige effecten op te sporen of effecten van wijzigingen in de zendmast te meten.

De resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd op de kennisdelingsbijeenkomst van 8 september 2023 in het Earthsmiles Huis (in gebouw De Brug), Zuiderhavenweg 6, 4004 JJ Tiel.

Met dit onderzoek is een protocol getest en een eerste stap gezet naar het monitoren van effecten van straling op de natuur in de Veluwe. Om de gezondheid van de natuur te borgen is het raadzaam dit onderzoek te vervolgen en uit te breiden zoals beschreven in het boek 'Straling onder Toezicht'⁶. Hiertoe zijn de data van dit onderzoek beschikbaar via Zenodo.org>>Pilot Radiation under Surveillance, Veluwe The Netherlands

⁶<https://www.bravenewbooks.nl/shop/index.php/catalog/product/view/id/558699/s/straling-onder-toezicht-pilotproject-nulmeting-veluwe-258059-www-bravenewbooks-nl/>

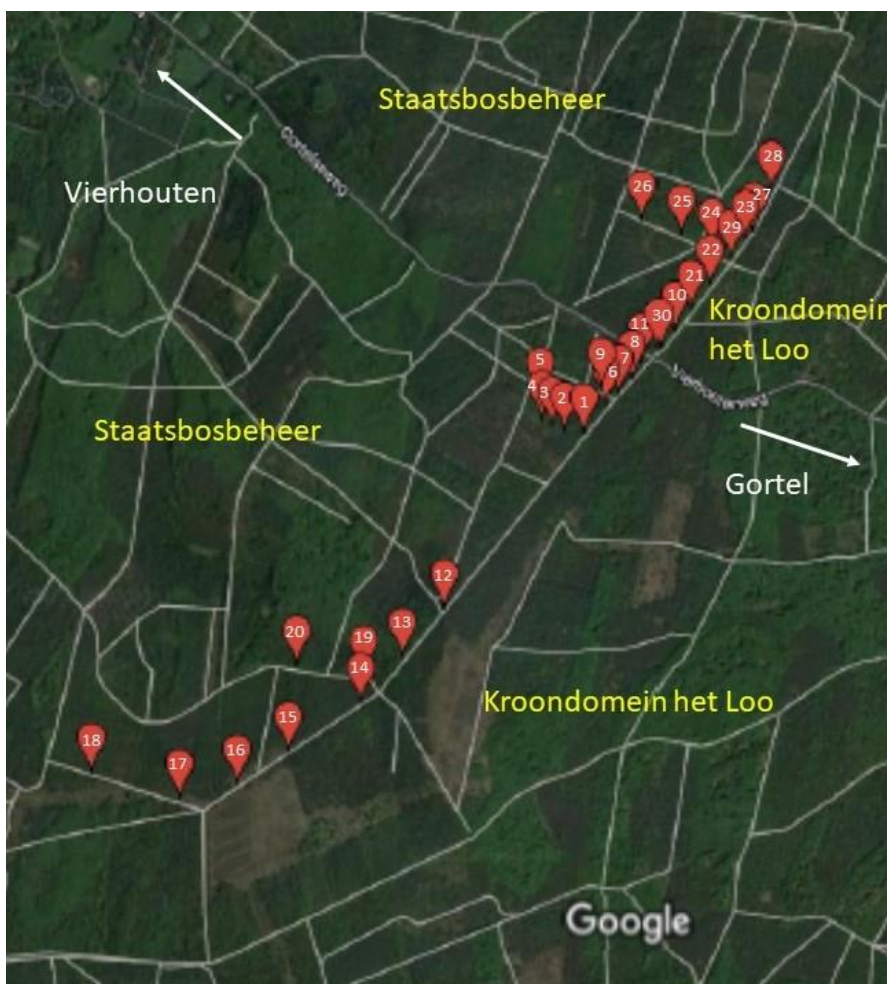
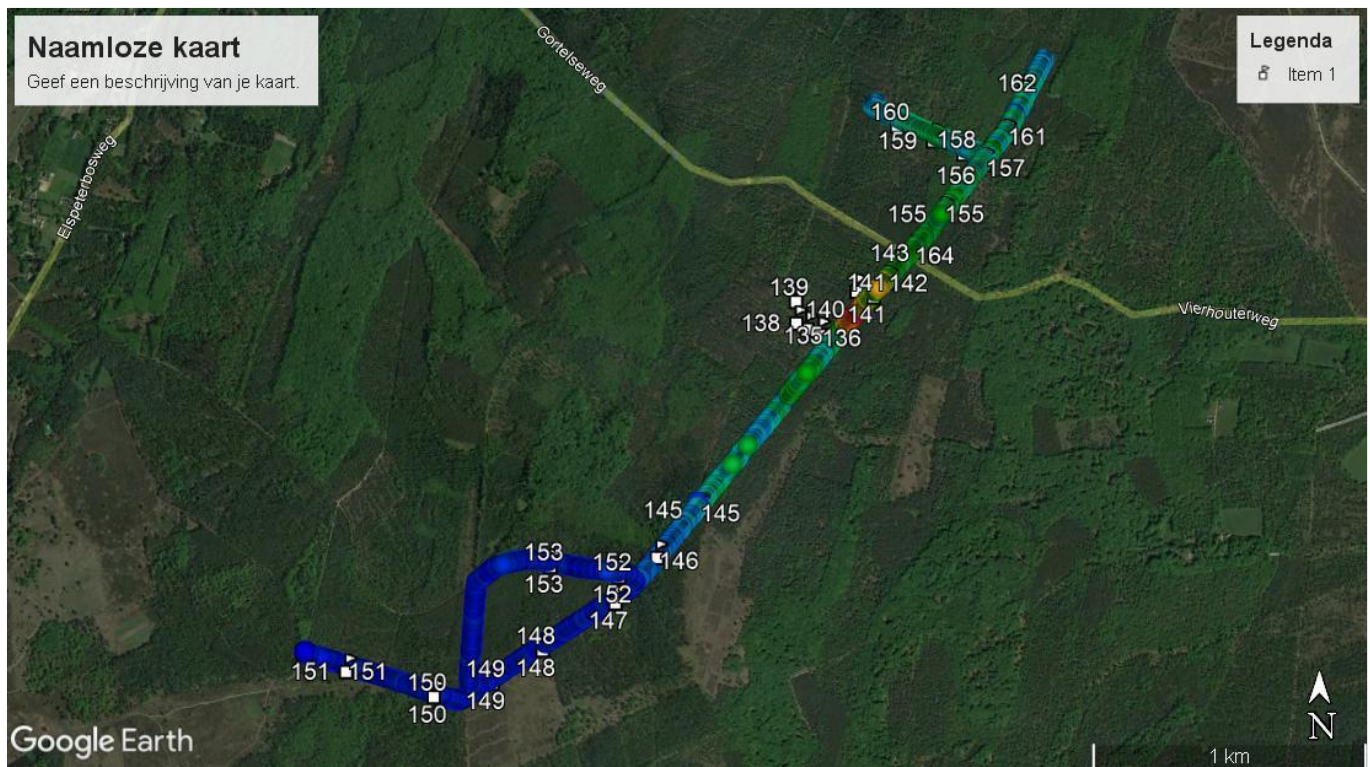
Bijlagen

- A. Vogelkastjes, GPS locaties en afstanden
- B. Omrekening Stralingsmetingen
- C. Antennefactoren per frequentie
- D. Overzicht stralingsmetingen per frequentieband
- E. Ruwe data Fauna metingen

A. Vogelkastjes, GPS locaties en afstanden

	Longitude	Latitude		Kopie van LatLong.xls	
Zendmast					
locatie	5.862	52.317		0.000	
WKT	naam	beschrijving		km	Nestkastje
POINT	5.861294	52.31664	63.332153	135 0.048	1
POINT	5.860273	52.316671	51.55603	136 0.075	2
POINT	5.859606	52.316861	45.067261	137 0.102	3
POINT	5.85903	52.317053	50.114136	138 0.127	4
POINT	5.85901	52.317759	47.951172	139 0.137	5
POINT	5.862475	52.317498	42.183228	140 0.064	6
POINT	5.86315	52.31791	40.020264	141 0.128	7
POINT	5.863837	52.31836	38.578369	142 0.196	8
POINT	5.864386	52.318879	45.547852	143 0.264	9
POINT	5.862256	52.318092	41.942871	144 0.123	11
POINT	5.8538	52.310946	58.0448	145 0.874	12
POINT	5.851586	52.309406	53.959351	146 1.102	13
POINT	5.849369	52.307927	53.478638	147 1.325	14
POINT	5.845477	52.306368	46.509155	148 1.631	15
POINT	5.842782	52.305274	43.625122	149 1.846	16
POINT	5.83968	52.304847	47.470459	150 2.032	17
POINT	5.834979	52.305661	47.710815	151 2.228	18
POINT	5.84956	52.308786	61.409546	152 1.245	19
POINT	5.845915	52.30911	60.448242	153 1.402	20
POINT	5.866003	52.319952	38.097656	154 0.426	10
POINT	5.866852	52.320621	35.934692	155 0.520	21
POINT	5.867915	52.321415	47.470459	156 0.635	22
POINT	5.869061	52.322232	37.376709	157 0.754	23
POINT	5.867966	52.322589	45.788208	158 0.742	24
POINT	5.866352	52.32302	40.020264	159 0.732	25
POINT	5.864416	52.323502	30.16687	160 0.741	26
POINT	5.870229	52.323152	43.625122	161 0.884	27
POINT	5.87121	52.324443	37.616943	162 1.038	28
POINT	5.869759	52.322865	47.710815	163 0.839	29
POINT	5.865271	52.319374	46.509155	164 0.345	30

Afstand is berekend uit GPS-data (Longitude en Latitude en 'Kopie van LatLong.xls'). De geel gemarkeerde waypoints zijn die waar gemeten is op 09/08/2022.



B. Omrekening Stralingsmetingen

De berekening van de EM-vermogen (W/m^2) in een bepaalde frequentieband omvat 4 stappen:

1. Van de meetwaarde (elektrisch vermogen P uitgedrukt in dBm) naar het voltage V , de spanning over de meet-detector.
2. Van voltage naar de elektrische veldsterkte E in (Volt per meter)
3. Van elektrische veldsterkte naar het EM-vermogen (W/m^2) in het betreffende frequentiebandje
4. Integratie over de volledige gewenste band.

De door meting verkregen numerieke waarde is het elektrische vermogen P in de detector dat wordt uitgedrukt in dBm. Deze waarde moet in stappen omgerekend worden naar de EM-veldsterkte in V/m.

Eerst wordt de meetwaarde (elektrisch detectorvermogen P uitgedrukt in dBm) omgezet in de elektrische spanning over de meetdetector dB(V). Dat gaat als volgt.

$$1) \quad P_{dBV} = P_{dBm} - 13$$

*Het detectorvermogen bij 1V spanning (rms) is $1^2/50 [=V^2/R] = 0,02 \text{ Watt} = 20 \text{ mW}$
 $20 \text{ mW} \Rightarrow 10\log(20) = 13 \text{ dBm}$, dus $P_{dBV} = P_{dBm} - 13 \text{ dB}$*

De Antennefactor is per definitie de verhouding tussen de elektrische veldsterkte en de gemeten spanning in de detector.

$$2a) \quad AF = \frac{E [V/m]}{V[V]}$$

Deze verhouding wordt normaliter logaritmisch uitgedrukt.

$$2b) \quad AF_{dBV,dBV/m} = E_{dBV} - V_{dBV}$$

$$2c) \quad E_{dBV} = V_{dBV} + AF_{dBV,dBV/m}$$

De elektrische veldsterkte in dBV/m wordt dus verkregen door de antennefactor in dB erbij op te tellen. Hier geldt een waarschuwing met betrekking tot de eenheden waarin de antennefactor is uitgedrukt. In dit voorbeeld is het dBV $\rightarrow$ dBV/m. Mocht de AF in dBm $\rightarrow$ dBV/m dan moet stap 1 worden overgeslagen.

Nu moet elektrische veldsterkte in de logaritmische schaal (dBV/m) omgerekend worden naar fysische waarden. Het betreft veldsterkteverhoudingen:

$$dB(V/m) = 20 \log \{(V/m)_1/(V/m)_2\},$$

in de inverse vorm wordt dit:

$$(V/m)_1/(V/m)_2 = 10^{(dB(V/m)/20)}$$

anders uitgedrukt:

$$3a) \quad E[V/m] = 10^{dB(V/m)/20}$$

Dan hebben we de Veldsterkte in V/m per frequentieinterval, Δf , $E_{\Delta f}$. Nu gaan we van electrisch veldsterkte naar rms-gemiddeld EM-vermogen.

$$3b) \quad E_{\Delta f}^2 [V^2/m^2] = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} P_{\Delta f} \approx 377 P_{\Delta f} [W/m^2]$$

$$3c) \quad P_{\Delta f} \left[\frac{W}{m^2} \right] = E_{\Delta f}^2 \left[\frac{V^2}{m^2} \right] / 377$$

Hierna volg integratie (is sommatie) over de gewenste band.

$$4) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{f_o}^{f_b} P_{fi} * \frac{\Delta f_{num}}{\Delta f_{filter}}$$

In deze sommatie speelt de vraag is de numerieke resolutie Δf_n gelijk aan de feitelijke fysische resolutie f_n . De eerste is me bekend, de tweede niet. Bij de Aarona zijn ze gelijk, hoeft dit niet te worden verrekend. Dit leidt tot: (frequentie in MHz).

$$4a) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{791}^{861} P_{fi}$$

$$4b) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{880}^{960} P_{fi}$$

$$4c) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{1710}^{1875} P_{fi}$$

$$4d) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{1900}^{2170} P_{fi}$$

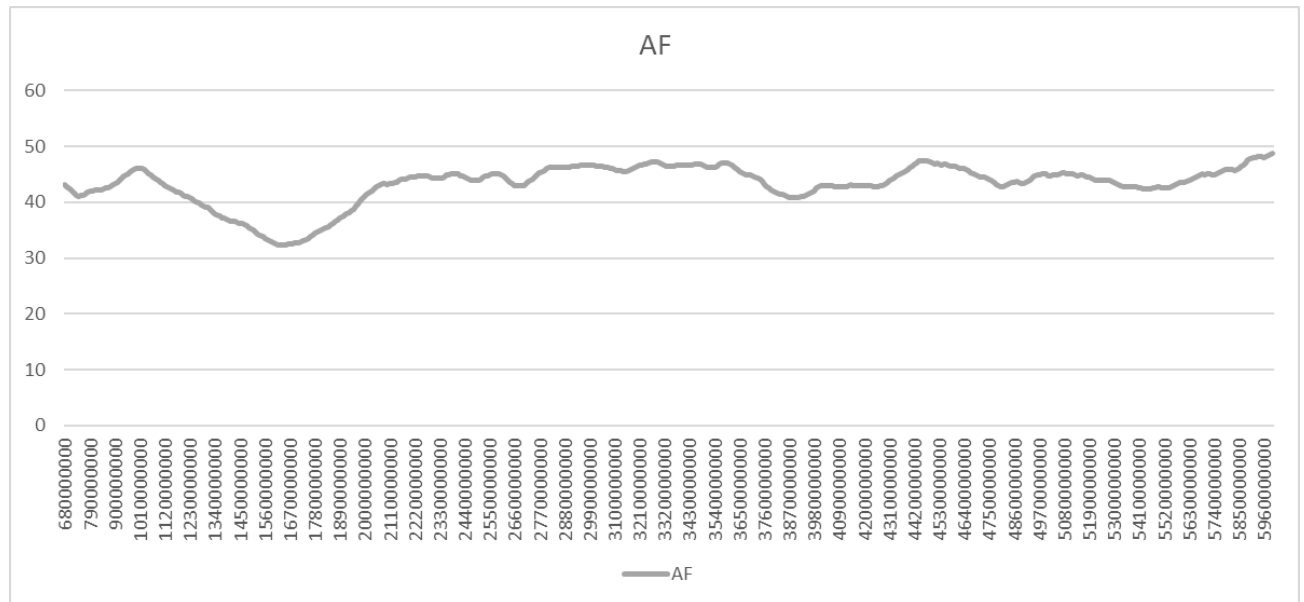
$$4e) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{2500}^{2685} P_{fi}$$

$$4f) \quad P_{EM} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \sum_{3500}^{3580} P_{fi}$$

Voorbeeld:

Frequentie	Intensiteit	Voltage	AF	Veldsterkte	Veldsterkte	Vermogen	Vermogen	
Hz	dBm	dBV	dB/m	dBV/m	V/m	W/m2	W/m2	
7.91E+08	-74.2894	-87.2894	41.768	-45.5214	0.005296	7.44E-08	7.44E-08	7.44E-08
7.91E+08	-74.5777	-87.5777	41.768	-45.8097	0.005123	6.96E-08	6.96E-08	6.96E-08
7.91E+08	-74.4601	-87.4601	41.768	-45.6921	0.005193	7.15E-08	7.15E-08	7.15E-08
7.91E+08	-73.7405	-86.7405	41.768	-44.9725	0.005641	8.44E-08	8.44E-08	8.44E-08
7.91E+08	-73.2246	-86.2246	41.768	-44.4566	0.005986	9.51E-08	9.51E-08	9.51E-08
7.91E+08	-73.3692	-86.3692	41.768	-44.6012	0.005888	9.19E-08	9.19E-08	9.19E-08
7.91E+08	-74.0009	-87.0009	41.768	-45.2329	0.005475	7.95E-08	7.95E-08	7.95E-08
7.91E+08	-73.9274	-86.9274	41.768	-45.1594	0.005521	8.09E-08	8.09E-08	8.09E-08
7.91E+08	-74.1765	-87.1765	41.768	-45.4085	0.005365	7.63E-08	7.63E-08	7.63E-08
7.91E+08	-73.8657	-86.8657	41.768	-45.0977	0.005561	8.2E-08	8.2E-08	8.2E-08
7.91E+08	-73.1565	-86.1565	41.768	-44.3885	0.006034	9.66E-08	9.66E-08	9.66E-08

C. Antennefactoren per frequentie

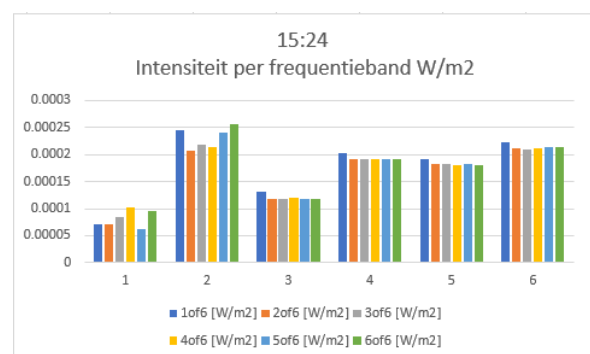
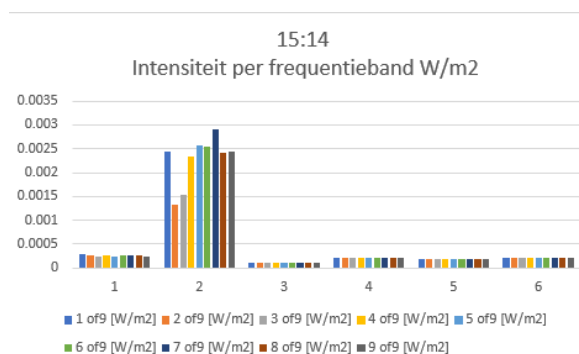
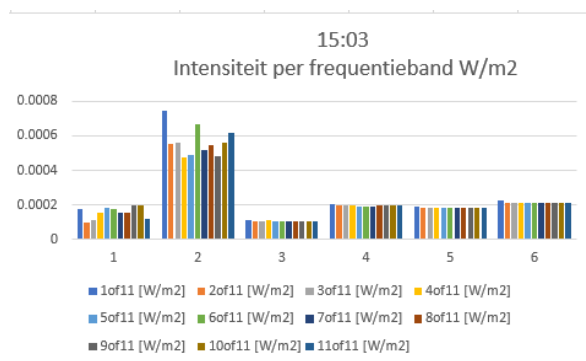
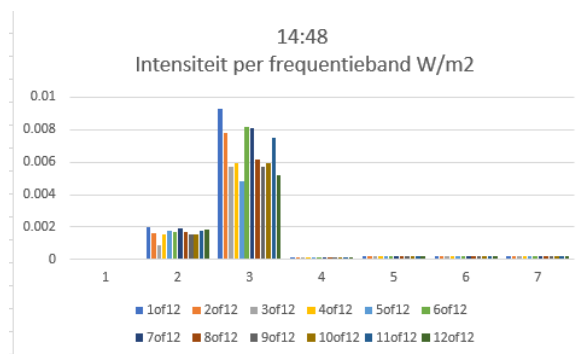
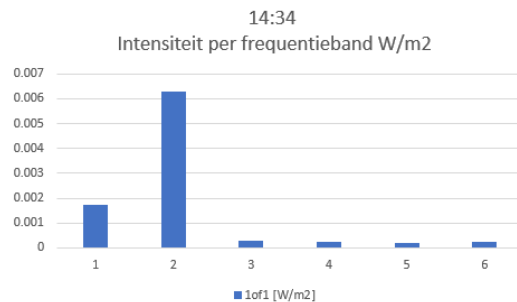
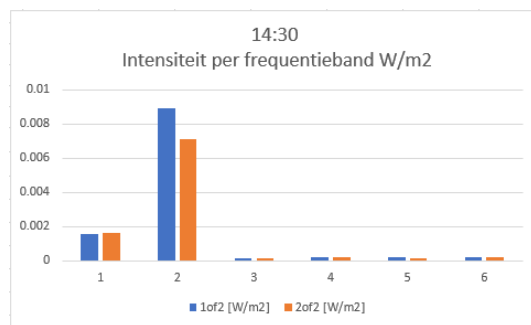
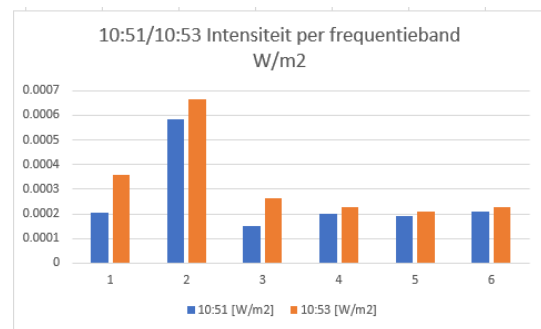
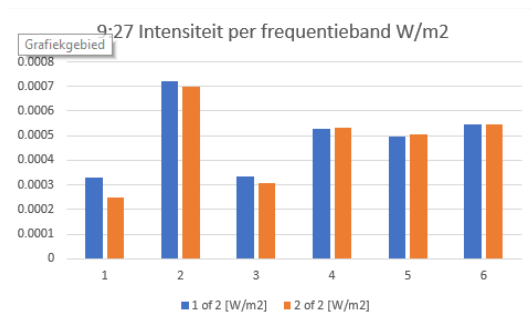


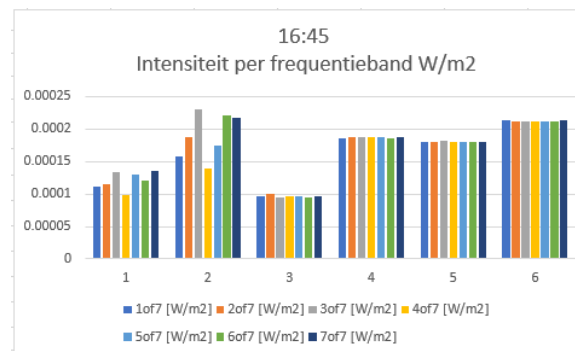
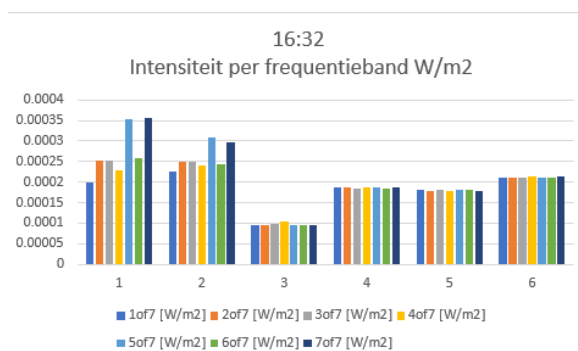
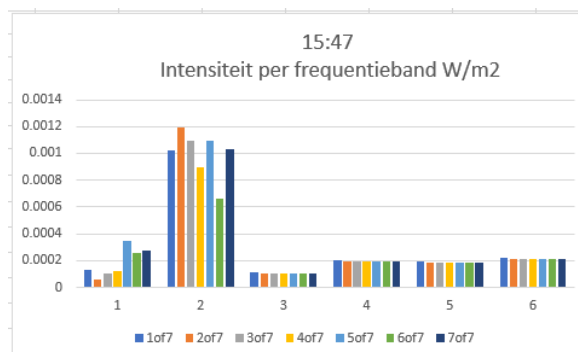
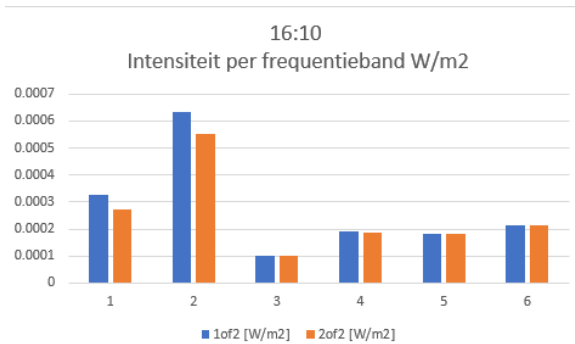
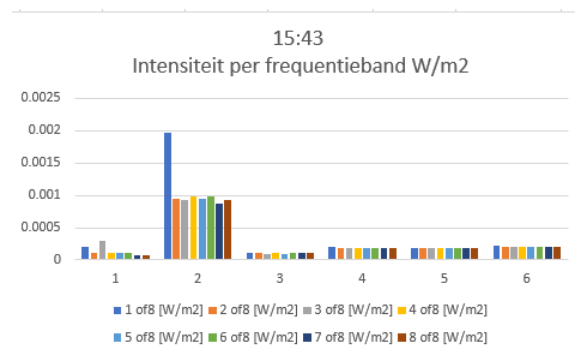
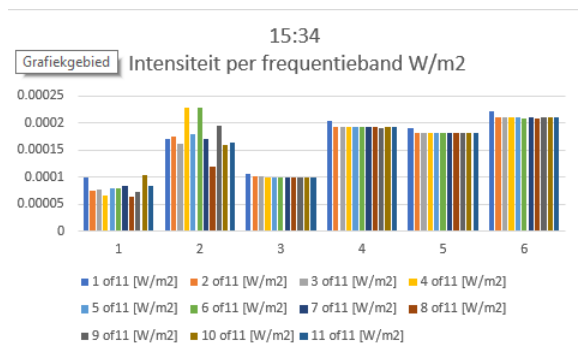
Antennefactor Ultra-Broadband-Antenna-OmniLOG-70600 .xls file is te verkrijgen via www.aaronia.de, mail@aaronia.de

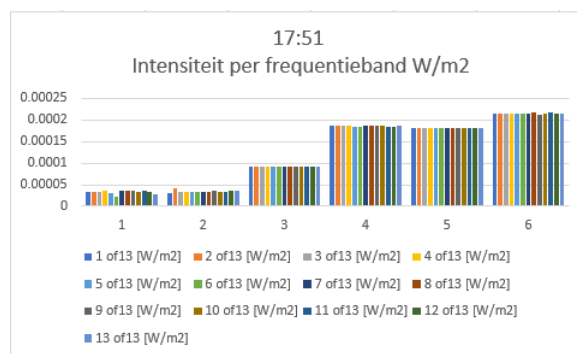
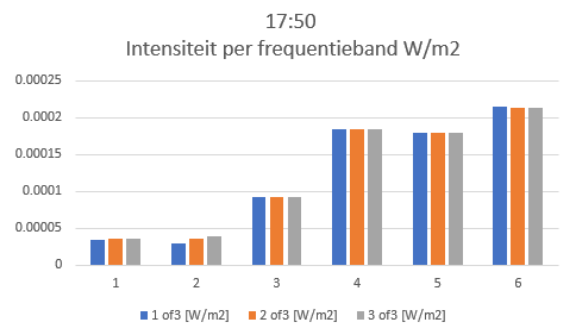
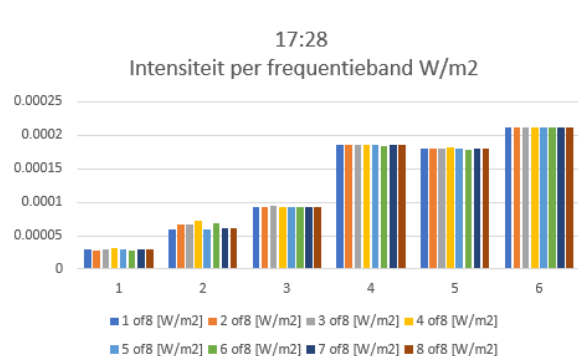
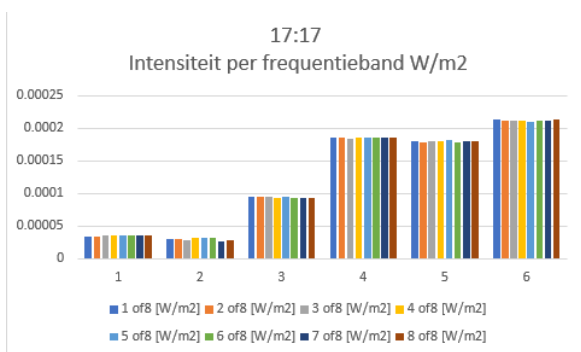
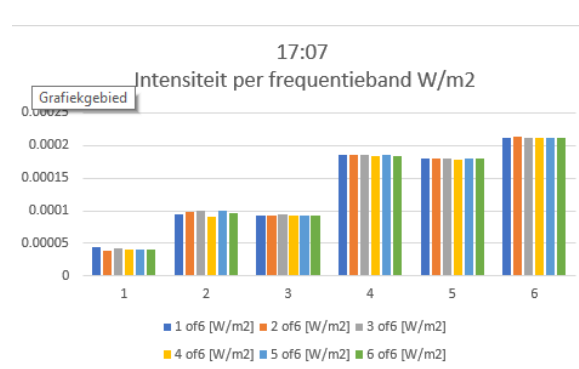
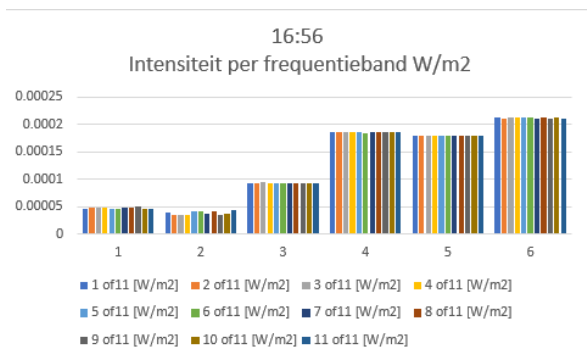
D. Overzicht stralingsmetingen per frequentieband

9-8-2022		52.317	5.862014	Zendmast locatie			
Tijd	Nr	Latitude	Longitude	Afstand [km]	Signal Hound File		
Richting Zuid							
15:06	1	52.3175	5.862475	0	SWEEP_REC_2022-08-09	15h06m29s	.shr
15:39	2	52.30566	5.834979	2.236	SWEEP_REC_2022-08-09	15h39m12s	.shr
15:42	2	52.30566	5.834979	2.236	SWEEP_REC_2022-08-09	15h42m54s	.shr
16:05	3	52.31095	5.8538	1.112	SWEEP_REC_2022-08-09	16h05m01s	.shr
Richting Noord							
16:25	4	52.32142	5.867915	0.625	SWEEP_REC_2022-08-09	16h25m27s	.shr
16:40	5	52.32444	5.87121	1.028	SWEEP_REC_2022-08-09	16h40m23s	.shr
29-10-2022		52.317	5.862014	Zendmast locatie			
Tijd	Nr	Latitude	Longitude	Afstand [km]	Signal Hound File		
Richting Zuid							
18:34	1	52.30566	5.834979	2.228	SWEEP_REC_2022-10-29	18h31m25s	.shr
19:30	2	52.3175	5.862475	0.085	SWEEP_REC_2022-10-29	19h29m13s	.shr
19:35		52.3175	5.862475	0.085	SWEEP_REC_2022-10-29	19h34m31s	.shr
19:47		52.3175	5.862475	0.085	SWEEP_REC_2022-10-29	19h47m04s	.shr
19:56		52.3175	5.862475	0.085	SWEEP_REC_2022-10-29	19h55m44s	.shr
Richting Noord							
20:13	3	52.32315	5.870229	0.884	SWEEP_REC_2022-10-29	20h12m31s	.shr
20:15		52.32315	5.870229	0.884	SWEEP_REC_2022-10-29	20h14m22s	.shr
		Stralingsmeting-GPS					
22-7-2023		52.317	5.862014	Zendmast locatie			
Tijd	Nr	Latitude	Longitude	Afstand [km]	Signal Hound File		
Richting Zuid							
14:46	1	52.31688	5.861744	0.023	SWEEP_REC_2023-07-22	14h29m15s	.shr
		52.31688	5.861744	0.023	SWEEP_REC_2023-07-22	14h33m13s	.shr
		52.31688	5.861744	0.023	SWEEP_REC_2023-07-22	14h37m24s	.shr
15:02	2	52.31567	5.860169	0.194	SWEEP_REC_2023-07-22	15h02m31s	.shr
15:14	3	52.31482	5.858973	0.319	SWEEP_REC_2023-07-22	15h13m40s	.shr
15:23	4	52.31391	5.857811	0.447	SWEEP_REC_2023-07-22	15h23m47s	.shr
15:34	5	52.31338	5.857128	0.522	SWEEP_REC_2023-07-22	15h33m35s	.shr
15:45	6	52.31259	5.856082	0.635	SWEEP_REC_2023-07-22	15h42m45s	.shr
		52.31255	5.856035	0.640	SWEEP_REC_2023-07-22	15h47m15s	.shr
Richting Noord							
16:15	7	52.31778	5.863032	0.111	SWEEP_REC_2023-07-22	16h10m20s	.shr
16:32	8	52.3189	5.864707	0.280	SWEEP_REC_2023-07-22	16h31m55s	.shr
16:45	9	52.3202	5.866597	0.473	SWEEP_REC_2023-07-22	16h45m00s	.shr
16:56	10	52.32112	5.867652	0.597	SWEEP_REC_2023-07-22	16h56m28s	.shr
17:07	11	52.3221	5.868828	0.732	SWEEP_REC_2023-07-22	17h07m09s	.shr
17:17	12	52.32279	5.869766	0.832	SWEEP_REC_2023-07-22	17h17m50s	.shr
17:28	13	52.32375	5.87075	0.957	SWEEP_REC_2023-07-22	17h28m41s	.shr
17:50	14	52.32458	5.871464	1.060	SWEEP_REC_2023-07-22	17h49m56s	.shr
17:51		52.32458	5.871382	1.057	SWEEP_REC_2023-07-22	17h51m25s	.shr

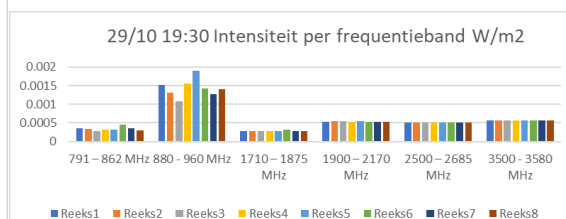
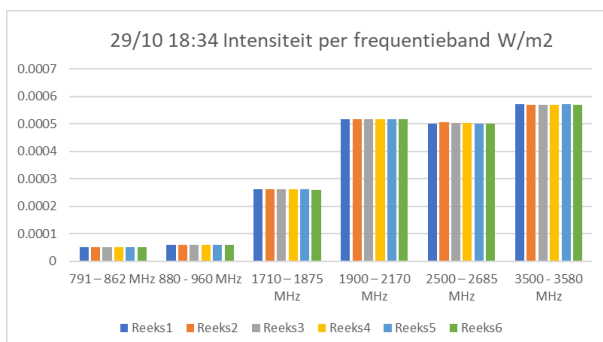
22-07-2023





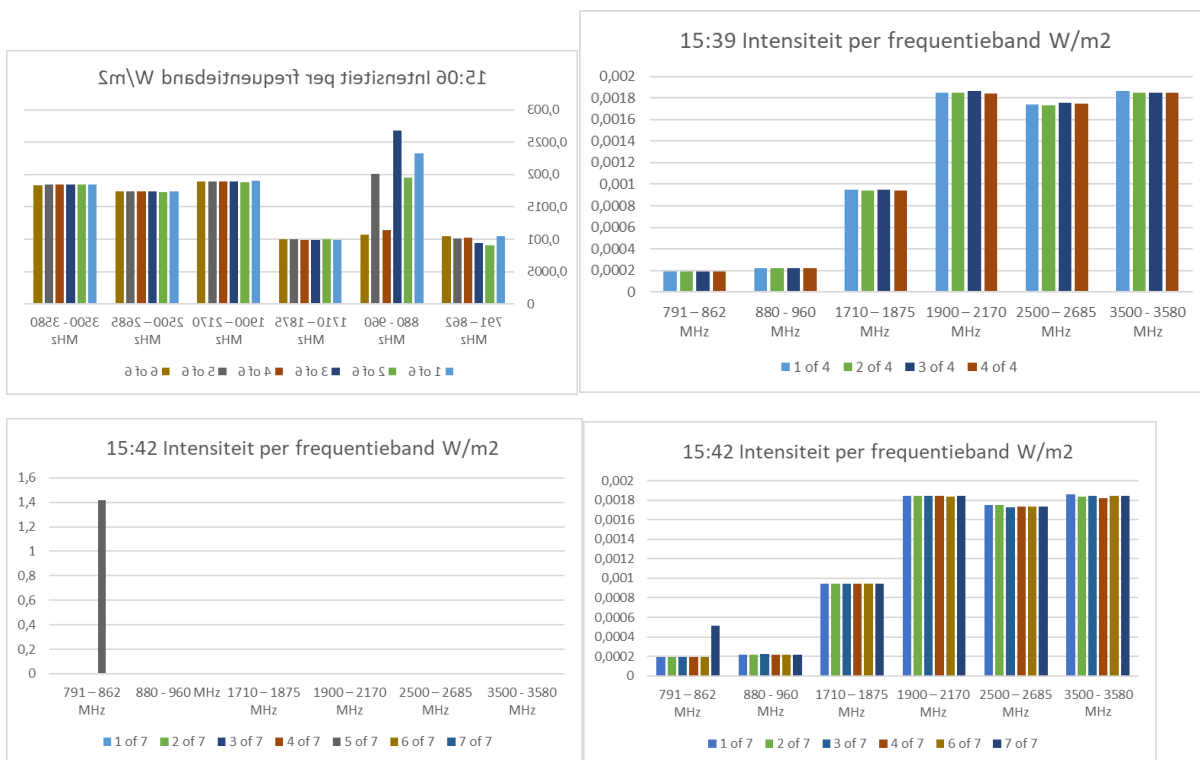


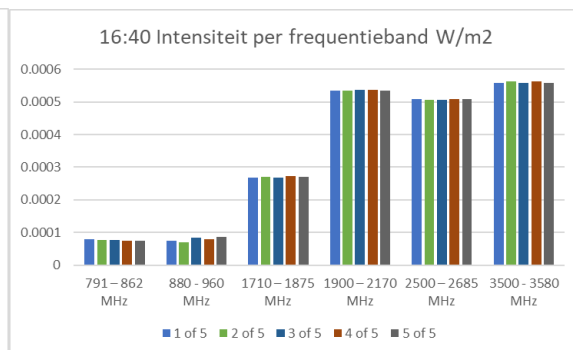
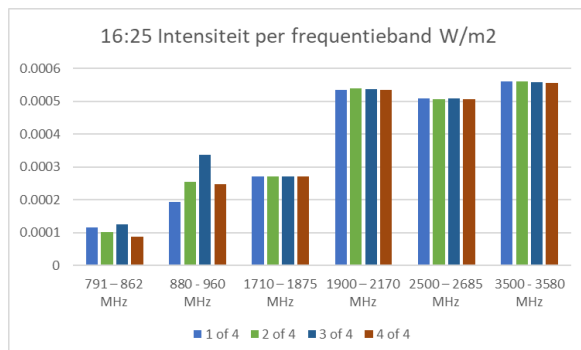
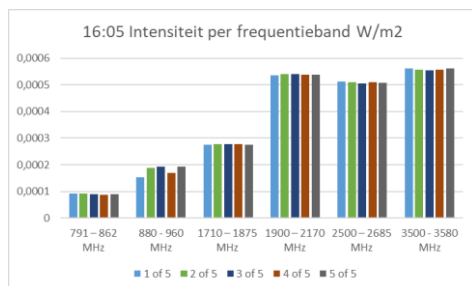
29-10-2022:





09-08-2022





E. Ruwe Data Fauna metingen

Resultaten Kasten Vierhouten 2022															
						bezetting	bezetting	vastgesteld		jongen	jongen		verlaten		
nr	kast	wp	zone	weg?	nestbouw	soort	eieren	niet uit	jongen	bij laatste	controle	predatie	nest	wesp	
1	1	135	close			1 pm		9	1	7	7			geel = zuid en west	
2	2	136	close			1 km		9	0	9	9				
3	3	137	close												wesp
4	4	138	close												
5	5	139	close			1 bv		6		6	6				
6	6	140	close											groen = noord	
7	7	141	close	weg?											
8	8	142	close											1	
9	9	143	close			1 km		7	1						
10	11	144	close			1 km		9	4	4	3				
12	12	145	far												
13	13	146	far			1 pm		9		8	8			1	
14	14	147	far												
15	15	148	far			1 km		6							
16	16	149	far	gevalen										wesp	
17	17	150	far												
18	18	151	far			1 pm		11	1	10	10				
19	19	152	far			1 km		8		7	7				
20	20	153	far			1 pm		7		7	7			1	
11	10	154	medium	weg!											
21	21	155	medium			1 bv		7	1	6	6				
22	22	156	medium			1 km / mk		12				1			
23	23	157	medium			1 mees	kapot					1		1	
24	24	158	medium			1 bv		5							
25	25	159	medium			1 pm		8	1	7	7				
26	26	160	medium												
27	27	161	medium			1 pm		7	1	6	6			1	
28	28	162	medium			1 pm		8	0	8					
29	29	163	medium												
30	30	164	medium	weg!											

Resultaten Kasten Vierhouten 2023															
						bezetting	bezetting	vastgesteld		jongen	jongen		verlaten	poot	
nr	kast	wp	zone	weg?	nestbouw	soort	eieren	niet uit	jongen	bij laatste	controle	predatie	nest	problemen	
1	1	135	close			1 pm		10	1	9	8			geel = zuid en west	
2	2	136	close												
3	3	137	close												1
4	4	138	close			1 bv		6		6	6				
5	5	139	close			1 pm		9	6		3				
6	6	140	close			1 bv		6		6	6			groen = noord	
7	7	141	close	weg?											
8	8	142	close			1 bv		7		7	6			1	
9	9	143	close			1 pm		6		6	6				
10	11	144	close			1 pm		10		10	10				
12	12	145	far			1 pm		9	1		8				
13	13	146	far			1 pm		12			9			1	
14	14	147	far			1 pm		1					1		
15	15	148	far			1 pm		12	5		4				
16	16	149	far	gevalen										1	
17	17	150	far			1						1			
18	18	151	far			1 pm		10	1	9	9				
19	19	152	far			1 pm		9	2	7	7				
20	20	153	far			1 pm		9		9	9			1	
11	10	154	medium	weg!											
21	21	155	medium			1 pm		10		10	10	1			
22	22	156	medium			1 bv						1			
23	23	157	medium			1 pm		9		8	8			1	
24	24	158	medium			1 bv		6		6	6				
25	25	159	medium			1 pm						1			
26	26	160	medium			1 pm		7		7	7				
27	27	161	medium			1 bv		8		5	5			1	
28	28	162	medium			1 bv		7		7	7				
29	29	163	medium			1 bv		6		6	6				
30	30	164	medium	weg!											

Vleermuizen									
2022				met telefoon		half uur voor of na contact met telefo			
	trap numb	distance	vleermuizen	tel.duur	aantal	per half uu	ervoor	erna	
1-9-2022	1	far	75						
1-9-2022	3	close	96						
1-9-2022	2	medium	78						
6-10-2022	1	medium	15	0.533333	1	0.9375	0	0	
6-10-2022	2	close	19	0.733333	2	1.363636	1	0	
6-10-2022	3	far	17	0.55	3	2.727273	2	0	
25-10-2022	1	medium	39	0.5	5	5	4	2	
25-10-2022	2	far	40	0.5	3	3	5	4	
25-10-2022	3	close	33	0.4	3	3.75	2	1	
26-7-2022	1	medium	70						
26-7-2022	2	far	69						
26-7-2022	3	close	69						
29-10-2022	1	medium	102	0.5	12	12	8	16	
29-10-2022	2	close	50	0.5	8	8	3	5	
29-10-2022	3	far	41	0.5	3	3	2	2	

Vleermuizen						
2023: far 2022 bestaat niet meer, med. 2022 = far 2023, nieuwe med in 2023						
19-6-2023		close	65			
20-6-2023		close	0			
21-6-2023		close	94			
22-6-2023		close	6			
3-7-2023		close	0			
4-7-2023		close	29			
5-7-2023		close	4			
6-7-2023		close	198			
7-8-2023		close	81			
8-8-2023		close	11			
9-8-2023		close	131			
10-8-2023		close	403			
19-6-2023		far	126			
20-6-2023		far	0			
21-6-2023		far	304			
22-6-2023		far	0			
3-7-2023		far	0			
4-7-2023		far	8			
5-7-2023		far	1			
6-7-2023		far	249			
7-8-2023		far	20			
8-8-2023		far	1			
9-8-2023		far	11			
10-8-2023		far	76			
19-6-2023		med	40			
20-6-2023		med	1			
21-6-2023		med	60			
22-6-2023		med	0			
3-7-2023		med	0			
4-7-2023		med	15			
5-7-2023		med	0			
6-7-2023		med	158			
7-8-2023		med	175			
8-8-2023		med	80			
9-8-2023		med	370			
10-8-2023		med	502			