



Vlaanderen
is kwaliteitsvolle
omgeving

Onderzoek naar de mogelijkheden voor het verbeteren van de connectiviteit van de ELF-boxen door oa. gebruik te maken van andere antennes
OMG_VPO_2024_opdrachtBW_032

Onderzoek naar de mogelijkheden voor het verbeteren van de connectiviteit van de ELF-boxen door oa. gebruik te maken van andere antennes OMG_VPO_2024_opdrachtBW_032

Deze studie tracht het connectiviteitsprobleem van de ELF sensor op te lossen. Hiervoor werden frequentiemetingen uitgevoerd, nieuwe antennes onderzocht, en software aanpassingen getest. Het onderzoek heeft geleid tot een nieuwe antenne die de connectiviteit van de sensor heeft verbeterd, een overzicht over de gebruikte frequentie van de sensor, en vernieuwde software voor het herstarten van de sensor.

Dit rapport bevat de mening van externe auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert-II laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
vlaanderen.be/omgeving

Een uitgave van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs

Kenneth Deprez, Universiteit Gent – imec
Lowie Christiaen, Universiteit Gent – imec
Leen Verloock, Universiteit Gent – imec
Wout Joseph, Universiteit Gent – imec

Publicatiedatum

30/10/2025

Depotnummer



MANAGEMENTSAMENVATTING

Dit onderzoek richtte zich op het verbeteren van de connectiviteit van de ELF-sensoren, die worden gebruikt voor het meten van magnetische velden bij hoogspanningslijnen. De sensoren, gebaseerd op een Arduino MKR NB 1500 met een u-blox SARA R410 module, versturen meetgegevens via LTE-netwerken. In gebieden met slechte dekking traden echter frequent verbindingsproblemen op, wat leidde tot dataverlies en in sommige gevallen zelfs een onherstelbare blokkering van de Arduino.

Er werd eerst een analyse uitgevoerd om de gebruikte frequentiebanden in kaart te brengen, zodat er een geschikte antenne kan worden gezocht. Hoewel de microcontroller theoretisch in 14 frequentiebanden kan uitzenden, toonden metingen aan dat in de praktijk alleen LTE-band 20 (832-862 MHz uplink) werd gebruikt. Vervolgens werd onderzocht hoe een antenne kon bijdragen aan een betere verbinding op de frequentiebanden die de ELF-sensor gebruikt. Vijf verschillende antennes werden getest, waarbij de ANT-LTE-RPC-ccc als de beste keuze naar voren kwam. Deze antenne verhoogde de signaalsterkte en vergrootte het bereik van de sensor met 10 dB, wat leidde tot een significant verbeterde connectiviteit.

Naast hardware-aanpassingen werd ook gekeken naar softwarematige oplossingen. De bestaande herstartfunctie werd geoptimaliseerd met een interne hardware timer die de sensor periodiek reset om vastlopen te voorkomen. Daarnaast werd een nieuwe firmwareversie voor de u-blox module geïnstalleerd, die de eerder waargenomen onherstelbare blokkering verhinderde en daarmee de betrouwbaarheid van de sensor verbeterde.

Door de combinatie van een verbeterde antenne, aangepaste software, en een firmware-update werden de verbindingsproblemen opgelost. Gedurende een drie weken durende testperiode onder verschillende dekkingsomstandigheden functioneerde het systeem zonder storingen. Op basis van deze positieve resultaten wordt aanbevolen om de verbeterde sensoren breder uit te rollen in een proefopstelling, zodat ze in de praktijk verder geëvalueerd kunnen worden. Hieruit moet de robuustheid van de sensoren opnieuw worden bepaald, waarna mogelijks verdere (software) aanpassingen nodig zijn.

INHOUDSTAFEL

1	Introductie	5
1.1	Context	5
1.2	Doelstellingen	5
2	Resultaten.....	6
2.1	Metten van frequentieband	6
2.1.1	Theoretische frequentiebanden	6
2.1.2	In-situ metingen frequentiebanden	6
2.2	Selectie van betere RF-antenne	8
2.3	Onderbreken van meting ter bevordering van connectie	12
2.3.1	Software	12
2.3.2	Hardware	12
2.4	lock-up van u-blox module	14
3	Conclusies	15
Appendix		16

1 INTRODUCTIE

1.1 CONTEXT

Het Departement Omgeving beschikt over sensoren die gebruikt worden om de magnetische velden van hoogspanningsverbindingen te meten. Deze toestellen bevatten spoelen om de magnetische velden te detecteren. De spoelen zijn gemonteerd op een PCB board met daarop een Arduino gebaseerd MKR NB 1500 board dat zorgt voor processing en verzending van de meetdata. De meetdata wordt verstuurd via een simkaart die ingebouwd zit in de u-blox Sara R410 module die onderdeel is van het board. Er wordt gebruik gemaakt van datasims.

Deze opstelling wordt momenteel uitgetest in een proefproject. Bij goede verbinding met het netwerk van Orange, zijn er weinig problemen. Bij slechte verbinding met het netwerk (bv. signaal sterkte < - 100 dBm) zijn er connectiviteitsproblemen. De verbinding wordt meestal niet of slechts voor een korte tijd hersteld. Bij langdurige connectieproblemen wordt de Sara u-blox module ook niet responsief waardoor de MKR board moet vervangen worden.

De huidige software voorziet al in herstarten van het board na een 1000-tal metingen om connectieproblemen op te vangen. Ook werd getest met een tijdsschakelaar die de stroom volledig onderbreekt. Dit laatste kan de connectiviteit herstellen, maar meestal slechts voor korte tijd. Het Departement heeft ook testen uitgevoerd met de vervanging van de interne antenne (W3554B0140T) met een andere antenne (Delock LTE Antenna SMA -0.8 - 3.0 dBi). Dat bleek de connectiviteit te verbeteren volgens de eerste testen.

1.2 DOELSTELLINGEN

Het onderzoek van het Departement wijst erop dat gebruikmaken van antennes met betere connectieparameters de connectiviteit sterk kan verbeteren. De opdrachtnemer moet dit verder onderzoeken en testen uitvoeren met verschillende mogelijke antennes:

- De opdrachtnemer voert metingen uit van de transmit-frequenties van de arduino MKR 1500 board om te bepalen of er een of enkele frequenties standaard gebruikt worden als meest uitgezonden frequentie van de arduino MKR-board is. Bijkomend kunnen dan antennes gekozen worden die deze frequenties uitzenden om de connectiviteit verder te verbeteren. De opdrachtnemer onderzoekt ook of de arduino MKR bij een antenne die maar één of enkele frequenties kan uitzenden ook kiest voor die frequenties. Dit deel zal besproken worden in de sectie “Meten van frequentieband”.
- De opdrachtnemer voert testen uit bij goede en slechte connectiviteit om te onderbouwen welke keuze van antennes de connectiviteit verbetert, besproken in sectie “Selectie van betere RF-antenne”.
- De opdrachtnemer kan ook gebruik maken van tijdsschakelaars die de stroom naar de sensor volledig onderbreken gedurende enkele minuten en onderzoekt of die de connectiviteit kan verbeteren en het falen van de u-blox module kan voorkomen. Dit deel wordt besproken in de sectie “Onderbreken van meting ter bevordering van connectie”.
- De opdrachtnemer onderzoekt of niet beter na een aantal connectiepogingen, de arduino uit te schakelen om blokkering van de u-blox te vermijden, besproken in sectie “Lock-up van u-blox module”.

2 RESULTATEN

2.1 METEN VAN FREQUENTIEBAND

Om de frequentieband die de microcontroller (MCU) gebruikt te bepalen werden twee stappen ondernomen. In stap 1 werd gekeken welke frequentiebanden theoretisch kunnen worden gebruikt door de MCU. In stap 2 werden in-situ metingen uitgevoerd om te bepalen welke frequentie dominant is.

2.1.1 Theoretische frequentiebanden

Volgens het gegevensblad van de gebruikte MCU¹ kan deze uitsturen in 14 frequentiebanden, terug te vinden in Tabel 1. Echter, volgens de documentatie van de gebruikte module om connectiviteit te voorzien (u-blox SARA-R410M-02B) zijn er slechts 3 banden gecertificeerd in Europa. Dit zijn banden 3, 8, en 20. Deze werden in Tabel 1 aangeduid in het oranje.

Tabel 1: Theoretisch mogelijke frequentiebanden van de MCU gebruikt in de ELF sensor.

Band	Downlink (MHz)	Uplink (MHz)
1	2110 - 2170	1920 - 1980
2	1930 - 1990	1850 - 1910
3	1805 - 1880	1710 - 1785
4	2110 - 2155	1710 - 1755
5	869 - 894	824 - 849
8	925 - 960	880 - 915
12	729 - 746	699 - 716
13	746 - 756	777 - 787
18	860 - 875	815 - 830
19	875 - 890	830 - 845
20	791 - 821	832 - 862
25	1930 - 1995	1850 - 1915
26	859 - 894	814 - 849
28	703 - 748	758 - 803

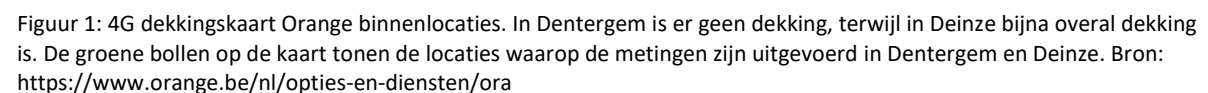
Het is bovendien ook mogelijk om met 'ATtention' (AT) Commands te communiceren met de u-blox module, indien deze in een bepaalde toestand wordt gezet. Het commando "at+qcfg="band"?" wordt gebruikt om te bepalen welke frequenties worden geaccepteerd door de module. De verkregen respons van de u-blox module bevestigde het gebruik van de drie gecertificeerde frequentiebanden. Van de 14 mogelijke frequenties blijven er dus drie valabele opties over.

2.1.2 In-situ metingen frequentiebanden

Om de frequentie te bepalen waarop de sensor uitstuurt, worden 18 locaties getest. De locaties zijn verdeeld over stedelijk (Gent; 2), voorstedelijk (Deinze; 8), en landelijk (Dentergem; 8) gebied. De locaties werden gekozen op basis van de dekkingkaart van Orange, de gebruikte telecomoperator in dit project en werden aangeduid aan de hand van groene bollen op Figuur 1. De dekkingkaart focust zowel op de kwaliteit van het netwerk buiten en binnen. Buiten is er in zowel Gent als Deinze steeds volledige dekking, in Dentergem zijn er enkele kleine zones zonder dekking. Indien er wordt gekeken naar binnenlocaties, aangezien de sensor vaak binnen wordt geïnstalleerd, dan blijven Gent

¹ https://store.arduino.cc/en-be/products/arduino-mkr-nb-1500?srsltid=AfmBOop9dsDmBaWtjSiftMubSXk4nRibrq_3ttBITYoZyXevglreZoSY

Op de 18 locaties werd de originele sensor, zonder optimalisaties getest om het connectieprobleem



Verder werd een spectrum analyzer type SRM-3006 van Narda Safety Test Solutions gebruikt om de doorstuurfrequentie te monitoren. Dit werd gedaan in spectrum mode, waarbij een bereik tussen 700 en 2000 MHz werd ingesteld. Door de spectrum analyzer dicht bij de sensor te plaatsen, wordt een piek verkregen op de uitgestuurde frequentie van de sensor. In deze testen werd enkel band 20 waargenomen, op alle locaties.

De drie mogelijke frequentiebanden werden in Gent ook gemonitord met de SRM-3006 in scope modus. In deze specifieke modus wordt een klein frequentiebereik (gelijk aan de uplink frequentie van de verschillende frequentiebanden) gemonitord aan een hoge sample rate. Hierdoor wordt iedere poging tot communicatie op deze frequentieband waargenomen door de spectrum analyzer. Dit werd uitgevoerd om te garanderen dat er geen communicatiepogingen in andere frequentiebanden werden ondernomen door de sensor gedurende initialisatie of doorheen de normale werking van de sensor. Deze test bevestigde dat *enkel band 20 wordt gebruikt door de MCU*, in plaats van de mogelijke drie frequenties.

Deze testen brachten dus zowel het connectieprobleem in kaart en verifieerde de gebruikte frequentieband. Deze informatie wordt gebruikt bij het selecteren van een nieuwe RF antenne.

2.2 SELECTIE VAN BETERE RF-ANTENNE

De huidige antenne (W3554B0140T van Pulse Electronics) werd gekozen wegens zijn beperkte vormfactor, correct type connector, en breedbandigheid. In een eerste stadium wordt gekeken naar gelijkaardige antennes, aangezien deze een groot aantal voordelen bieden:

- Vormfactor: door de huidige vormfactor is het mogelijk de antenne binnen in de sensor te plaatsen. Dit zorgt voor een betere waterdichtheid, aangezien iedere uitgaande kabel uit de sensor een kans geeft op een waterlek.
- Correcte connector: de MCU is voorzien van een U.FL connector. Door een antenne te kiezen met hetzelfde type connector als voorzien op de MCU wordt een koppelstuk en de daarbij horende signaalverzwakking vermeden.
- Prijs: dit type antennes is goedkoop.

Er werd een selectie gemaakt van U.FL connector antennes op basis van vier specifieke parameters:

1. Frequentiebereik: op basis van de resultaten van Sectie 2.1, kunnen we ons specifiek focussen op frequentiebanden 3, 8, en 20. Er wordt nog steeds uitgegaan van de drie frequentiebanden, aangezien er geen zekerheid is dat op termijn de doorstuurfrequentie van de MCU behouden blijft.
2. "Return loss" is een maat voor hoeveel energie wordt gereflecteerd in plaats van uitgezonden. Deze grootheid wordt uitgedrukt in decibel (dB) en berekend als de verhouding tussen het inkomende en gereflecteerde signaalvermogen. Een lage return loss (hoge negatieve dB-waarde) betekent dat de antenne goed is afgestemd op de transmissielijn en de meeste energie uitzendt in plaats van te reflecteren.
3. Piekversterking (peak gain) is de maximale versterking die een antenne levert in een bepaalde richting, gemeten in decibel isotropic (dBi). Dit geeft aan hoeveel het antennesignaal wordt versterkt ten opzichte van een ideale isotrope antenne die het signaal isotroop (gelijkmatig) in alle richtingen uitstraalt. Een hoge peak gain betekent dat de antenne een sterk signaal in een specifieke richting uitzendt, wat nuttig is voor gerichte communicatie. Echter, een te hoge peak gain kan leiden tot een smalle stralingshoek.
4. Antenne-efficiëntie geeft aan hoeveel van het ingevoerde vermogen daadwerkelijk wordt uitgestraald als een elektromagnetisch signaal, in plaats van verloren te gaan als warmte of reflectie. Het wordt uitgedrukt als een percentage (%) of in decibel (dB).

In totaal werden drie antennes weerhouden. Deze worden in Tabel 2 vergeleken met zowel de originele antenne als de antenne die werd getest door de opdrachtgever. De gegevens uit Tabel 2

Tabel 2: Overzicht van de onderzochte antennes opgedeeld per frequentieband. W3554B0140T is de huidige antenne, terwijl de antenne Delock degene is die gebruikt is door de opdrachtgever in hun eigen testen.

	Naam	Return Loss	Piekversterking	Antenne-efficiëntie
Band 20 (uplink: 832-862 MHz, downlink: 791-821 MHz)				
Huidige antenne	W3554B0140T	-4 dB	1.9 dBi	45%
Test antenne VPO	Antenne Delock	X	0.3 dBi	46%
Optie 1	2079019050	<-3 dB	2.7 dBi	71%
Optie 2	FXUB64.18.0150A	<-4 dB	3.5 dBi	65%
Optie 3	ANT-LTE-RPC-ccc	-12 dB	6.3 dBi	55%
Band 3 (uplink: 1710-1785 MHz, downlink: 1805-1880 MHz)				
Huidige antenne	W3554B0140T	-6 dB	3.2 dBi	66%
Test antenne VPO	Antenne Delock	X	2.54 dBi	60%
Optie 1	2079019050	<-5 dB	5 dBi	67%
Optie 2	FXUB64.18.0150A	<-10 dB	6.0 dBi	70%
Optie 3	ANT-LTE-RPC-ccc	-13 dB	5.1 dBi	81%
Band 8 (uplink: 880-915 MHz, downlink: 925-960 MHz)				
Huidige antenne	W3554B0140T	-4 dB	1.9 dBi	45%
Test antenne VPO	Antenne Delock	X	-0.1 dBi	46%
Optie 1	2079019050	<-3 dB	2.7 dBi	71%
Optie 2	FXUB64.18.0150A	<-4 dB	3.5 dBi	65%
Optie 3	ANT-LTE-RPC-ccc	-12 dB	6.3 dBi	55%

Met een focus op band 20, wordt er vastgesteld dat de return loss van de huidige antenne in lijn ligt met opties 1 en 2, maar dat optie 3 hier veel beter presteert (-4 dB versus -12 dB). Het gegevensblad van de antenne van de opdrachtgever bevat geen return loss waarden. De piekversterking van alle weerhouden U.FL antennes is hoger dan die van de originele antenne. Dit houdt dus in dat deze antennes een sterker signaal kunnen uitzenden, maar dat dit signaal wel gericht is. Het positioneren van de sensor wordt dus belangrijker. De antenne van de opdrachtgever daarentegen geeft een lagere piekversterking, wat dus resulteert in een meer isotroop signaal. De antenne-efficiëntie neemt bij de voorgestelde antennes toe van 45% tot maximaal 71% (optie 1).

Deze vijf antennes werden getest op de drie locaties waar er geen connectie werd gevonden in Dentergem. Tabel 3 toont de resultaten van de locatie met de zwakste connectie. Hierbij is het belangrijk op te merken dat de sensor zowel horizontaal als verticaal werd geplaatst, om de invloed van de hogere directiviteit van de antenne in kaart te brengen. De sensor kon steeds succesvol connectie maken, ook met de originele antenne. Dit is mogelijks door een kleine afwijking t.o.v. de originele positie, de weersomstandigheden, en andere externe factoren. De signaalsterkte gemeten door de sensor op de meetlocatie varieert tussen -102.5 dBm en -115 dBm, met de hoogste waarden verkregen bij optie 1 en optie 3. Op de andere locaties is optie 3 de antenne die de hoogste waarden opmeet (tussen -93.3 dBm en -103.4 dBm). Uit de huidige testen kan er worden gesteld dat de antenne opties 1 en 3 beter presteren dan de originele antenne, de antenne getest door de opdrachtgever, en antenne optie 2. Echter kan er onvoldoende onderscheid gemaakt worden tussen beide antennes, waardoor een bijkomende test noodzakelijk is.

² <https://www.molex.com/en-us/products/part-detail/2079019050?display=pdf>

³ https://www.mouser.be/datasheet/2/398/FXUB64_18_0150A-3137347.pdf

⁴ https://www.mouser.be/datasheet/2/418/9/ENG_DS_ANT_LTE_RPC_ccc_A-3238408.pdf

Tabel 3: Resultaten van in-situ test op 1 locatie waar voorheen (Sectie 2.1) geen connectie werd gevonden. De signaalsterkte van de sensor en de smartphone zijn gegeven, net zoals de frequentieband van de sensor.

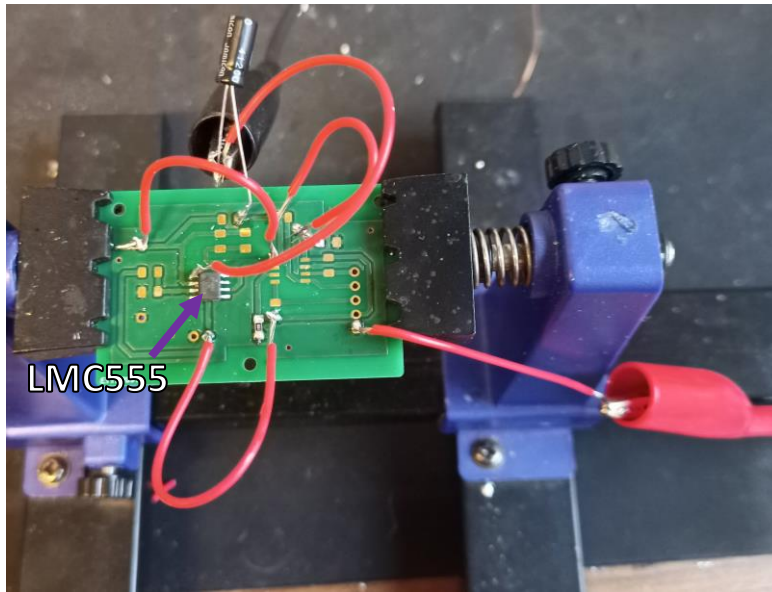
Antenne	Positie	Signaalsterkte sensor (dBm)	signaalsterkte smartphone (dBm)	Frequentie band
Huidige antenne	Horizontaal	-115	-110	20
Huidige antenne	Verticaal	-110	-110	20
Test antenne VPO	Horizontaal	-109	-110	20
Test antenne VPO	Verticaal	-107	-110	20
Optie 1	Horizontaal	-102.1	-110	20
Optie 1	Verticaal	-104.6	-110	20
Optie 2	Horizontaal	-107.9	-110	20
Optie 2	Verticaal	-113	-110	20
Optie 3	Horizontaal	-102.5	-110	20
Optie 3	Verticaal	-103.4	-110	20

De bijkomende test werd uitgevoerd in de fietsenstalling van het iGent gebouw van de universiteit van Gent op de eerste kelderverdieping. Opnieuw werd hier geen connectie gevonden met de originele antenne. Door de voorgaande resultaten werden optie 1 en 3 weerhouden. Figuur 2 toont de omgeving van de testen. In totaal werden 6 testen uitgevoerd op verschillende afstanden van de toegangsdeur, waardoor een afnemende signaalsterkte werd verwacht. De afstand tussen twee testlocaties bedroeg steeds ongeveer 5 meter. De testen werden uitgevoerd voor 1 polarisatie, er was dus geen rotatie van de sensor. Tabel 4 toont de resultaten.

(1)

(2)

Waarbij t_1 de tijd is waarin de output van de LMC555 hoog is (3.3 V) en t_2 de tijd waarin de output laag is (0.0 V). Als test werden de volgende waarden gebruikt: $R_a = 300 \text{ k}\Omega$; $R_b = 10 \text{ k}\Omega$; $C = 47 \text{ }\mu\text{F}$. Theoretisch is $t_1 = 10.1$ seconden, terwijl $t_2 = 0.3$ seconden. De testopstelling wordt getoond in Figuur 3, terwijl Figuur 4 het resultaat van deze test toont. De tijden werden geverifieerd aan de hand van een oscilloscoop (picoscope 3404D). Deze zijn niet in lijn met de verwachte theoretische resultaten. De gemeten t_1 is 2.8 s, terwijl $t_2 = 0.04\text{s}$. Beide zijn dus lager dan verwacht. De mogelijke oorzaken hiervan zijn verliezen door het handmatig solderen en gebruiken van kabels, een afwijking op de realistische waarden van de gebruikte componenten en een ontoereikende capaciteitswaarde, waardoor de capaciteit niet volledig op- en ontladtd.



Figuur 3: proefopstelling voor de LMC555 hardware timer. De LMC555 werd aangeduid op de figuur.

3 CONCLUSIES

Er werden metingen uitgevoerd ter bepaling van de frequentie waarop de sensor data uitzendt. Er zijn theoretisch 3 LTE banden mogelijk, maar er wordt enkel communicatie waargenomen op LTE band 20 (uplink: 832-862 MHz, downlink: 791-821 MHz). Ter verbetering van de connectiviteit werden 4 antennes bestudeerd, waarvan 1 geselecteerd door de opdrachtgever en 3 door de opdrachtnemer. Antennes werden geselecteerd op basis van vormfactor, connector, en prijs. De antenne werd intern in de sensor ingebouwd, ten voordele van de waterdichtheid. De overgebleven antennes werden geselecteerd op basis van 4 parameters: frequentiebereik, return loss, piekversterking (peak gain), en antenne-efficiëntie.

Connectietesten werden uitgevoerd bij goede en slechte connectiviteit om de keuze van de uiteindelijke antenne te onderbouwen. Op basis van testen bij slechte connectiviteit is er een antenne geselecteerd waar de toekomstige boxen mee zullen worden uitgerold, type ANT-LTE-RPC-ccc; optie 3). De bereikbaarheid van de sensor is gestegen (± 10 dB) maar blijft afhankelijk van de dekkingsgraad van de gebruikte operator. De piekversterking van de geselecteerde antennes is echter wel groter, waardoor de sensor een sterker signaal kan uitzenden, maar dit signaal ook gericht is. Hierdoor is de positionering van de sensor van groter belang.

Er werd een nieuwe firmware versie voorzien op de geteste MCUs alsook een nieuwe software versie voor heropstarten (onderbreken van meting). De nieuwe firmware vermijdt de niet-herstelbare toestand van de MCU. De nieuwe software reset de MCU op voorbepaalde tijden. Indien de sensor niet langer responsief was, wordt dat door de software reset opgelost en is een menselijke interventie niet langer nodig. Zowel de firmware als software werden 3 weken getest en er zijn geen fouten opgetreden. Hierdoor is er geen verder onderzoek gedaan naar stroomonderbreking via hardware componenten.

Dit alles geeft aan dat het project omtrent de connectie van de ELF sensoren succesvol was en breder kan getest worden in een proefuitrol. Hierbij zal de werking van de software opnieuw worden geëvalueerd indien blijkt dat bepaalde sensoren opnieuw connectie verliezen.

APPENDIX

Locatie (Coördinaten)	Connectie gevonden	Signaalsterkte sensor (dBm)	Signaalsterkte smartphone (dBm)	Frequentieband
51.012820,3.708160	JA	-84.8	-105	20
50.979612,3.532299	JA	-71.3	-81	20
50.973351,3.521406	JA	-73.1	-94	20
50.972327,3.544309	JA	-92.9	-106	20
50.967741,3.529384	JA	-82.7	-96	20
50.977418,3.515054	JA	-89.7	-93	20
50.986469,3.541670	JA	-76.6	-90	20
50.990952,3.535319	JA	-90.3	-92	20
50.987707,3.524708	JA	-82.1	-95	20
50.972122,3.408385	NEE	X	-110	20
50.973995,3.417079	JA	-97.1	-105	20
50.966757,3.425323	JA	-100.5	-109	20
50.948612,3.402137	JA	-99.8	-110	20
50.959475,3.399198	NEE	X	-107	20
50.969678,3.383566	JA	-96.7	-91	20
50.981853,3.401472	NEE	X	-105	20
50.984699,3.418011	JA	-94.3	-102	20