

3 jaar propagatie metingen aan het 80 mtr signaal van PA0RYL

DL/PA0EHG

Iets over PA0EHG

Eindhoven geboren en getogen, nu 64 jaar

Vanaf 10e jaar bezig met radio

Sinds 16-12-1974 (al 46 jaar) gelicentieerd amateur

Begonnen zelfbouw op 2 mtr FM en al vrij snel SSB

Geen CW dus geen HF, later wel veel met CW verbindingen gemaakt

Vrij snel interesse in hogere frequenties

Baken op 23 cm op toren Evoluon ca 1978

Interesse in contesten daardoor heel veel bouwen op UHF-SHF

Deelname contestgroep PA0WRC Veghel

Iets over PA0EHG

Periode daarna 24 GHz, 47 GHz en 76 GHz volledig zelf gebouwd

Microgolfbakens op Schiphol toren

eerst 10 en 24 GHz met als doel ondersteuning testen first naar Engeland, gelukt maart 1995

vanaf 2001 actief geworden met EME

10 GHz, op 24 GHz eerste NL station, op 6 cm eerste NL station.

24 GHz was een bijzondere uitdaging met name het power maken was een hele uitdaging

Hoeveel power, 10 Watt in een 3 meter schotel was genoeg.

In 2015 QTH naar DL

Sinds die tijd veel gedaan aan de propagatie metingen op 80 mtr met diverse leuke ontdekkingen

meer info kijk op www.pa0ehg.com

Drie jaar propagatie metingen

Hoe ontstaan, Het Signaal, eerste testen

Hoe de metingen gedaan zijn, hardware keuze en verwerken van resultaten

Dagelijkse gang en seizoens periodiek

Tweede meetlokatie

grondgolf ontvangst

ionosfeer NVIS en ontdekken doppler en het meten eraan

problemen tijdens de 3 jaar metingen

Bijzondere experimenten, metingen

Interessante waarnemingen, bijzondere gebeurtenissen

Modificatie Perseus met GPSDO

conclusies uit de waarnemingen

Start van de metingen

Baken sinds 2016 gehoord

In winter 2016/2017 slechts weinig hoorbaar

Tijdens DKARS HF Weak Signal Dag 2018 opnieuw belangstelling gekregen

Kort daarna weer eens geluisterd naar het signaal wat weer hoorbaar was

Poging gedaan om eraan te gaan meten

Belangrijkste reden, de aanwezigheid van een signaal wat betrouwbaar en bruikbaar is

Nadat er wat informatie beschikbaar kwam van het signaal van PA0RYL ben ik gaan luisteren en kon ik het signaal waarnemen en met grote regelmaat goed hoorbaar in de speaker horen

Het Signaal

Lokatie JO22PC PA0RYL

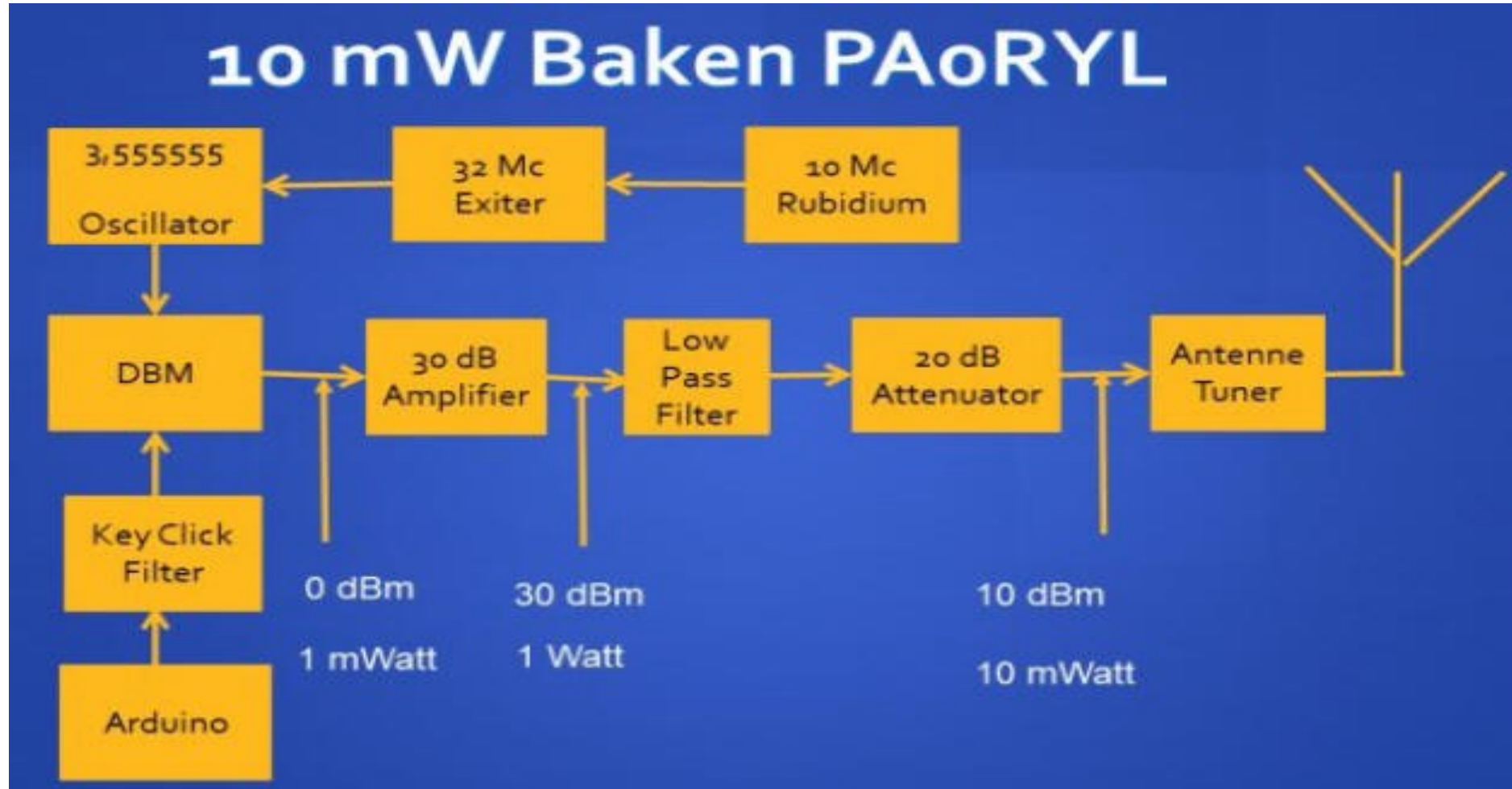
Frequentie: 3555.555555 kHz; **zeer stabiel Rubidium** controlled

Output 10 mW

Antenne Full size 80 mtr loop

ID langzaam CW

Het signaal



Eerste test

Het audio van de ontvanger op computer aangesloten en met diverse programma's geprobeerd veldsterkte te meten

Dat viel nogal tegen, er kwam wel resultaat uit maar voor continu meting toch onbruikbaar

Gebruikte baken SW van G4JNT had behoorlijke beperkingen en gaf niet echt een bruikbaar resultaat

Daarna test met Perseus en de logging functie van in te stellen markers, probleem geen logfile te vinden (dank aan Windows)

SDR audio mbv computer gemeten en geprobeerd S/N te loggen (26-3-2018)

Daarna opnieuw poging Perseus SDR ontvanger die een mogelijkheid heeft om een marker op een signaal te zetten en de veldsterkte te loggen, na het met verkenner automatisch zoeken naar de logfile gevonden, de file blijkt goed bruikbaar en is daarmee een prima basis om te meten

Data uit logfile invoeren in Excel om daarna te kunnen bewerken en grafieken mee te maken

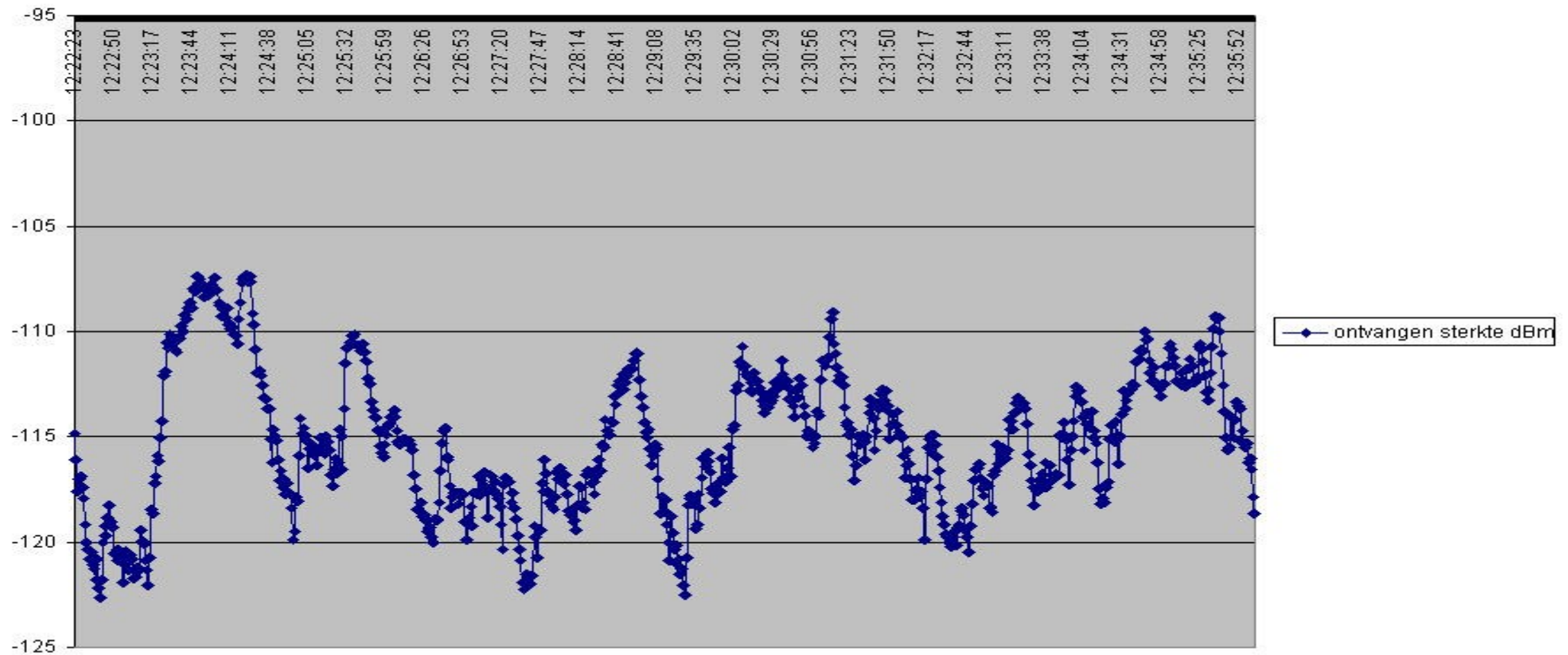
Data uit Perseus

```
# PERSEUS RECEIVER - MARKERS LOG FILE
# Creation date : 22-03-2021 09:34:15 UTC
# Log interval : 5.0 s
# Frequency units: kHz
# Amplitude units: dBm
# Data format : UTC Frequency Amplitude Frequency Amplitude ...
```

09:34:20.000	3555.557	-116.35	3555.592	-125.46	3555.685	-124.56	3555.824	-127.60	3555.511	-128.73	3555.451	-102.21
09:34:25.000	3555.557	-117.84	3555.592	-124.55	3555.685	-126.89	3555.824	-126.91	3555.511	-124.77	3555.451	-102.16
09:34:30.000	3555.557	-118.44	3555.592	-124.60	3555.685	-123.45	3555.824	-126.96	3555.511	-124.56	3555.451	-101.97
09:34:35.000	3555.557	-115.87	3555.592	-127.10	3555.685	-126.92	3555.824	-128.11	3555.511	-123.00	3555.451	-102.07
09:34:40.000	3555.557	-116.46	3555.592	-124.82	3555.685	-126.73	3555.824	-125.96	3555.511	-126.77	3555.451	-102.03
09:34:45.000	3555.557	-117.54	3555.592	-126.97	3555.685	-128.43	3555.824	-125.88	3555.511	-124.57	3555.451	-101.94
09:34:50.000	3555.557	-119.95	3555.592	-126.19	3555.685	-127.30	3555.824	-127.67	3555.511	-125.55	3555.451	-101.65
09:34:55.000	3555.557	-117.34	3555.592	-124.02	3555.685	-124.63	3555.824	-122.87	3555.511	-126.21	3555.451	-101.97
09:35:00.000	3555.557	-120.08	3555.592	-124.02	3555.685	-125.61	3555.824	-125.34	3555.511	-125.29	3555.451	-101.99
09:35:05.000	3555.557	-120.27	3555.592	-121.38	3555.685	-122.94	3555.824	-122.17	3555.511	-125.14	3555.451	-101.71
09:35:10.000	3555.557	-116.74	3555.592	-125.70	3555.685	-124.74	3555.824	-124.09	3555.511	-125.05	3555.451	-101.52
09:35:15.000	3555.557	-117.36	3555.592	-128.43	3555.685	-124.30	3555.824	-123.50	3555.511	-125.63	3555.451	-101.61
09:35:20.000	3555.557	-116.69	3555.592	-126.05	3555.685	-125.07	3555.824	-125.35	3555.511	-124.48	3555.451	-101.63
09:35:25.000	3555.557	-119.78	3555.592	-128.83	3555.685	-124.56	3555.824	-124.67	3555.511	-125.59	3555.451	-101.49
09:35:30.000	3555.557	-117.88	3555.592	-127.11	3555.685	-125.68	3555.824	-125.18	3555.511	-126.53	3555.451	-101.70
09:35:35.000	3555.557	-118.87	3555.592	-124.60	3555.685	-126.52	3555.824	-124.61	3555.511	-125.29	3555.451	-101.83
09:35:40.000	3555.557	-117.35	3555.592	-125.42	3555.685	-124.89	3555.824	-126.20	3555.511	-125.91	3555.451	-101.77
09:35:45.000	3555.557	-120.72	3555.592	-120.89	3555.685	-123.34	3555.824	-125.46	3555.511	-125.13	3555.451	-101.84
09:35:50.000	3555.557	-119.13	3555.592	-123.93	3555.685	-124.36	3555.824	-123.58	3555.511	-123.13	3555.451	-102.08
09:35:55.000	3555.557	-117.97	3555.592	-123.25	3555.685	-123.01	3555.824	-125.31	3555.511	-124.97	3555.451	-101.55
09:36:00.000	3555.557	-118.80	3555.592	-126.96	3555.685	-123.20	3555.824	-124.19	3555.511	-127.11	3555.451	-102.07
09:36:05.000	3555.557	-115.12	3555.592	-125.62	3555.685	-123.44	3555.824	-125.28	3555.511	-125.24	3555.451	-101.76
09:36:10.000	3555.557	-113.91	3555.592	-128.11	3555.685	-126.54	3555.824	-124.95	3555.511	-127.10	3555.451	-101.91
09:36:15.000	3555.557	-114.21	3555.592	-125.50	3555.685	-123.95	3555.824	-124.91	3555.511	-121.33	3555.451	-101.95
09:36:20.000	3555.557	-115.04	3555.592	-122.34	3555.685	-124.51	3555.824	-127.23	3555.511	-125.57	3555.451	-101.94
09:36:25.000	3555.557	-115.49	3555.592	-125.80	3555.685	-125.18	3555.824	-123.29	3555.511	-125.30	3555.451	-102.20
09:36:30.000	3555.557	-114.25	3555.592	-122.50	3555.685	-124.93	3555.824	-123.47	3555.511	-125.90	3555.451	-102.19
09:36:35.000	3555.557	-114.48	3555.592	-124.81	3555.685	-125.88	3555.824	-124.33	3555.511	-125.77	3555.451	-101.99

Eerste meting

PA0RYL baken met perseus logging



Hoe verder, hardware opzet

Stap gezet om 24 uurs continu te meten

Dagelijkse verwerking resultaten

Optimalisatie grafiek weergave

Door de data verzameling ontstaan legio mogelijkheden om verdere verwerking te doen

Het **signaal is best zwak**, en voor metingen in normale filter bandbreedte eigenlijk ongeschikt

Met (Perseus) SDR mogelijk om heel kleine bandbreedte te gebruiken, tot wel 0,5 Hz resolutie bandbreedte toe

Door verkleinen van de bandbreedte wordt S/N verhouding aanzienlijk beter, **stel 0,5 Hz ipv 100 Hz dat geeft een verbetering van 23 dB**

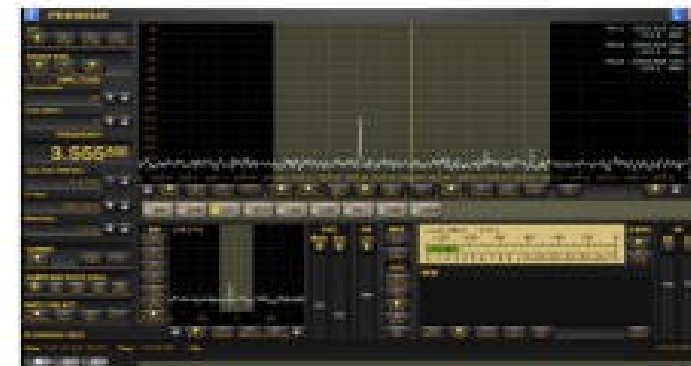
Opzet hardware, Perseus SDR ingesteld op 0,5 Hz RBW en marker op het signaal en op diverse andere frequenties voor ruismeting

Hardware keuze

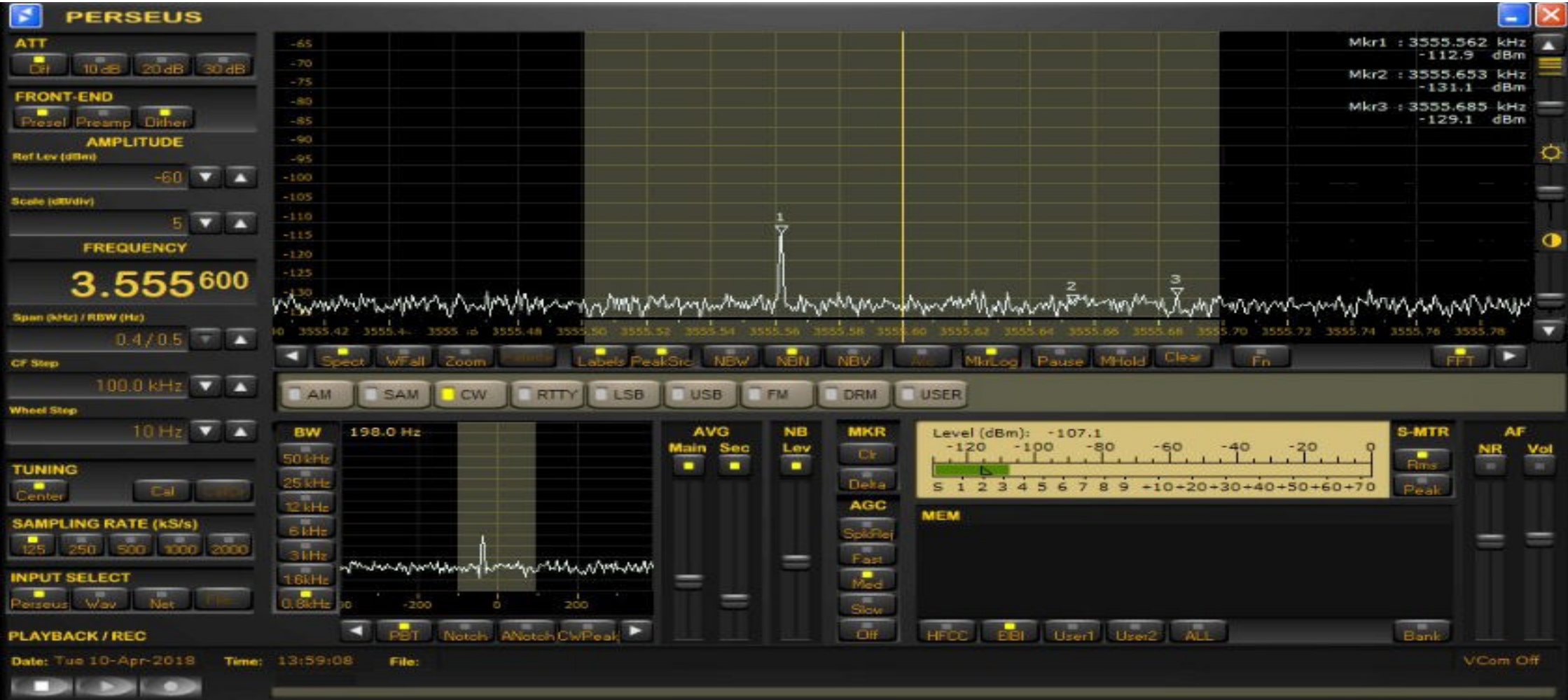
Begonnen met grote PC; ruim 80 Watt verbruik; bij 24/7 niet zo fijn

Mini PC aangeschaft voor metingen

Draait op Windows 10



Perseus



Antenne

LZ1AQ active magnetic loop

heeft ook als groot voordeel dat je het aangesloten kan laten tijdens onweer

Loop is een Wiku buis, 12 mm koperbuis met een kunststof isolatie zodat het geheel netjes blijft

De actieve versterker zit in het onderste doosje



24 uurs meting

Vanaf eind maart 2018 continu meting 24/7 iedere 5 seconden meting ruisnivo's en baken

Per dag ruim 17000 meetpunten

Meet op meerdere ruisfrequenties

Piekmeting baken veldsterkte

Controle met behulp eigen lokaal test GPSDO signaal

Op dit ogenblik meet ik nog steeds continu op twee lokaties

Praktijk van het meten

Iedere 5 seconden een meting

Gedurende 24 uur 17280 metingen, ruim 100.000 meetwaarden per dag

Ca 2,7 Mb data per dag

Van alles excel file maken en plaatjes

Ca 350 Mb data per maand

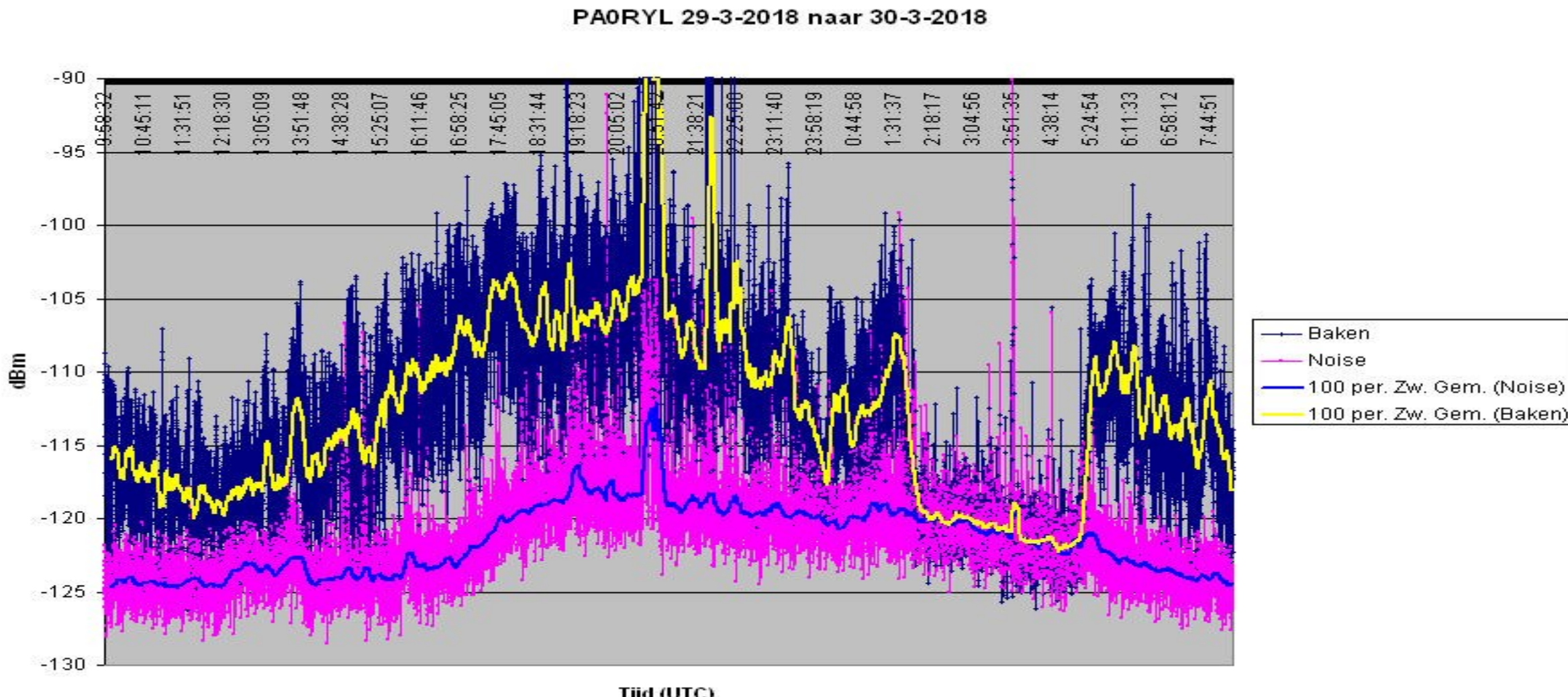
Nu al bijna 19 Gb

Begonnen met 1 Hz RBW

Later overgegaan naar 0,5 Hz RBW, weer later bleek dat toch te smal

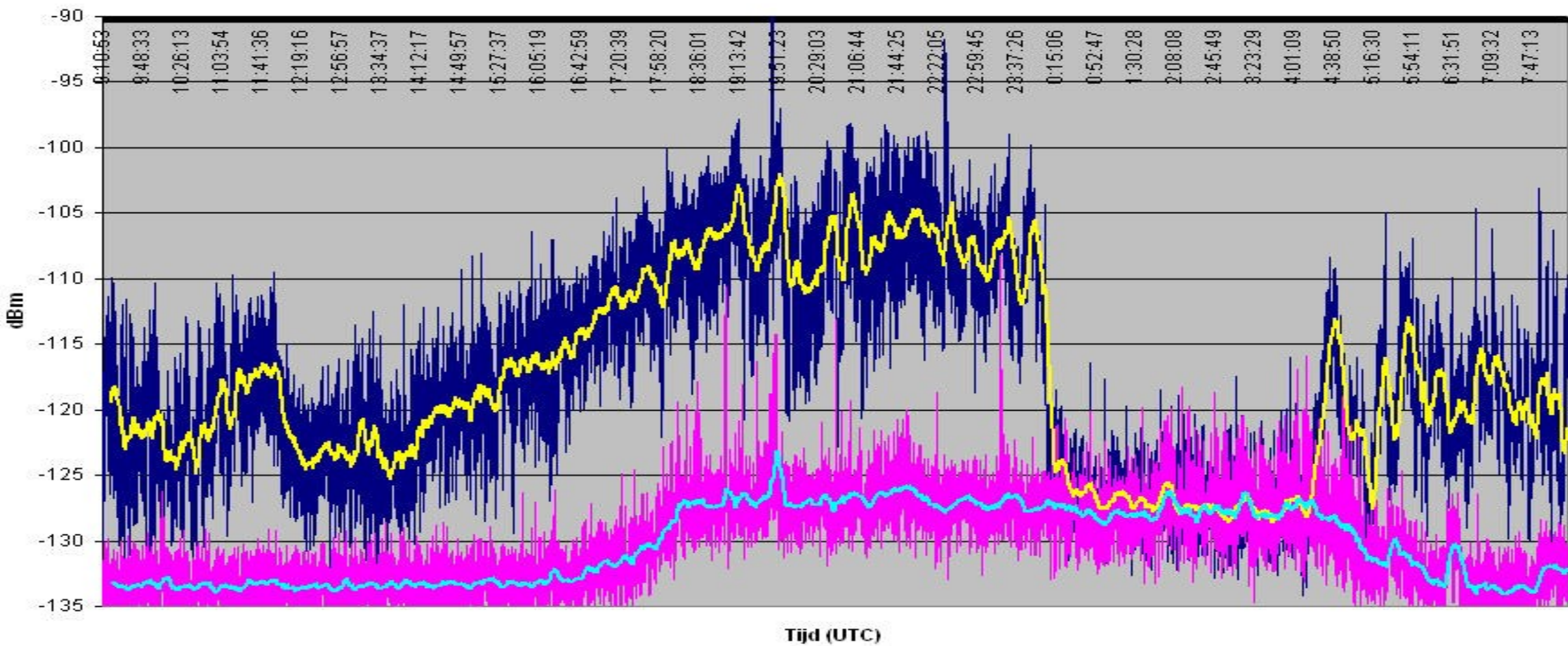
Foutjes begintijd variatie lastig voor maken van filmpje

Grafiek optimalisatie



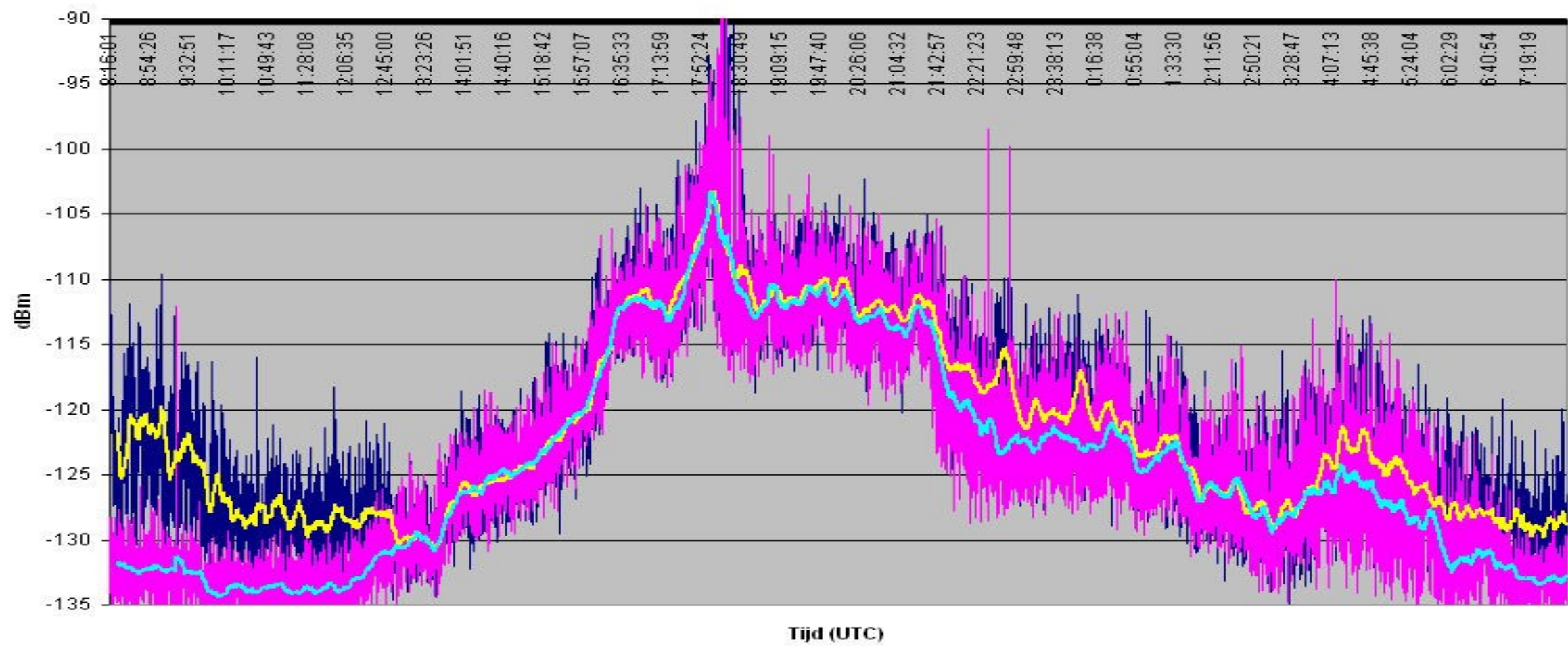
Wat resultaten

PA0RYL 19-4 naar 20-4-2018



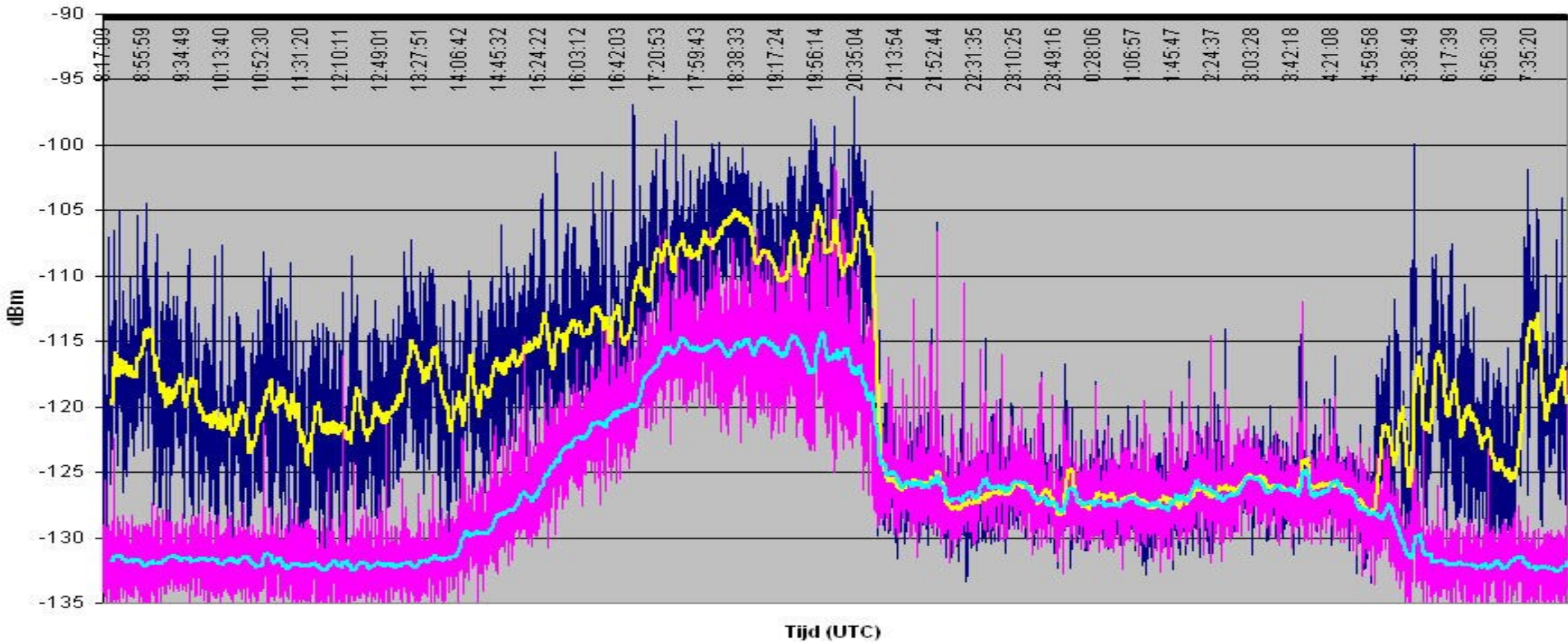
Veel onweer

PA0RYL 22 naar 23-4-2018

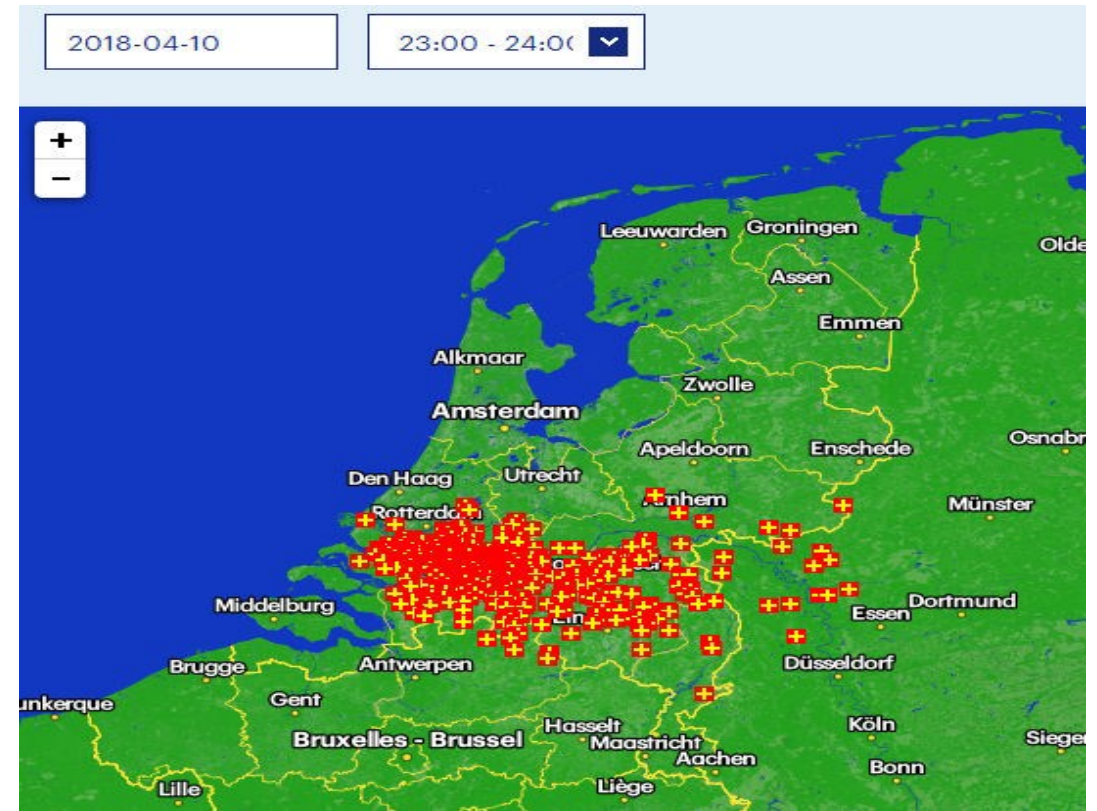


Bijzonder Onweer en F laag

PA0RYL 10-4 naar 11-4-2018

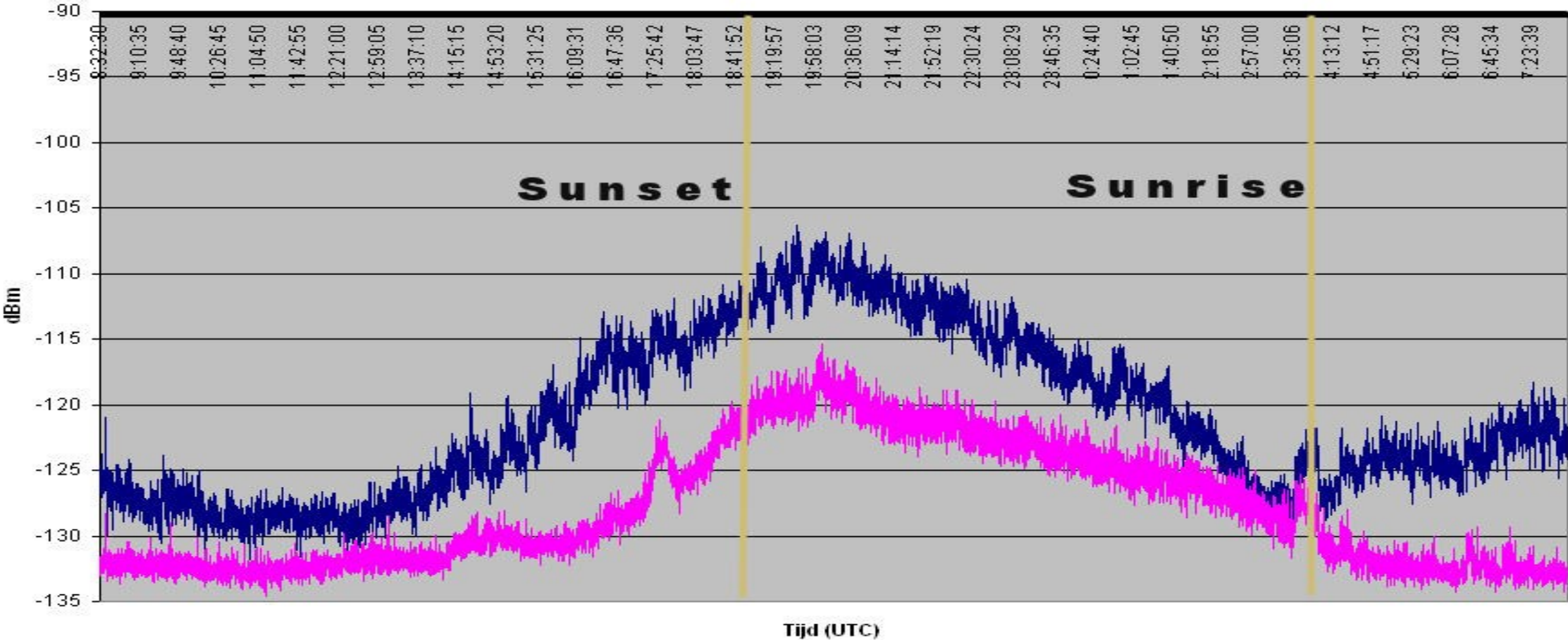


Onweer 10-4-2018



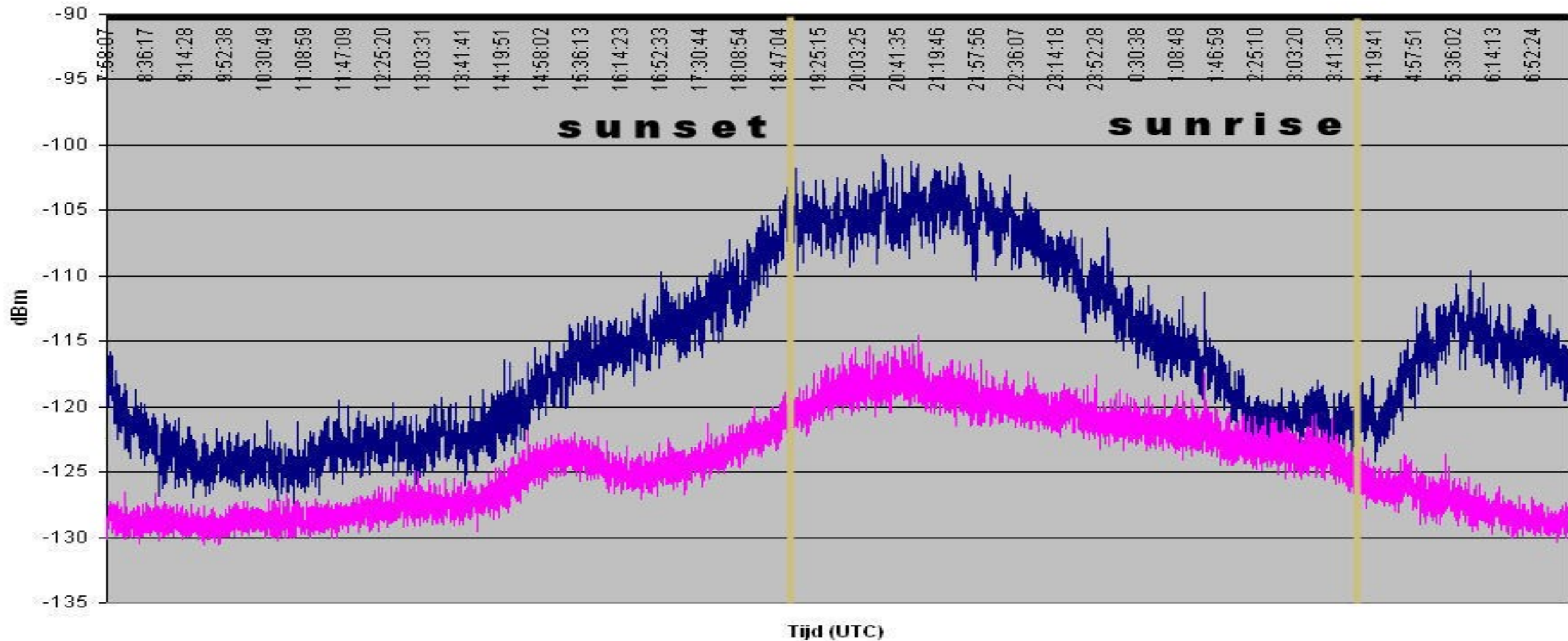
Effecten middelen

PA0RYL 1 tm 10-5-2018



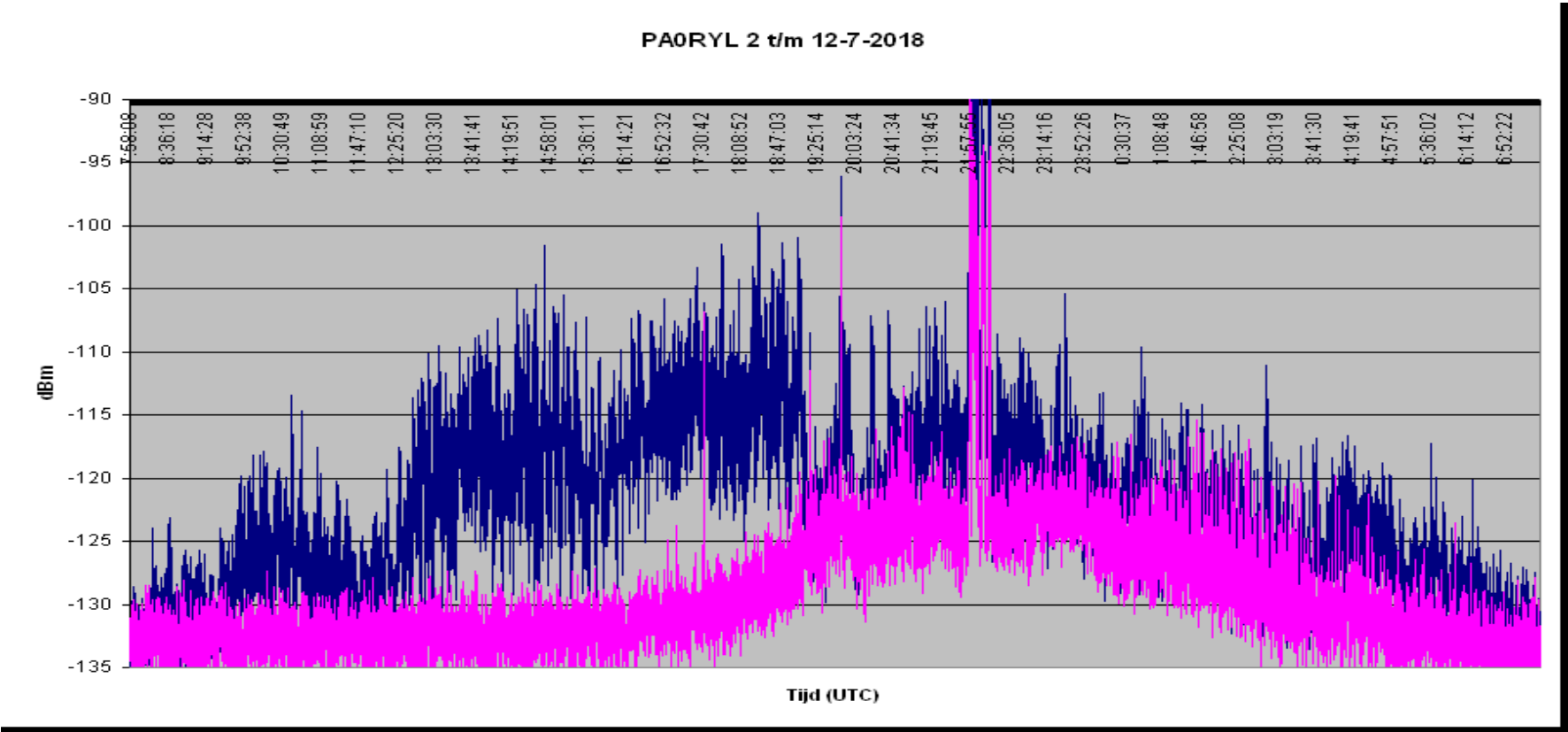
Effecten middelen

PA0RYL augustus 2018



Dagelijkse gang

Heel fraai zichtbaar als je een voortschrijdend gemiddelde van 9 dagen meten maakt met iedere dag 1 stap vooruit en dan een **film** ervan maakt

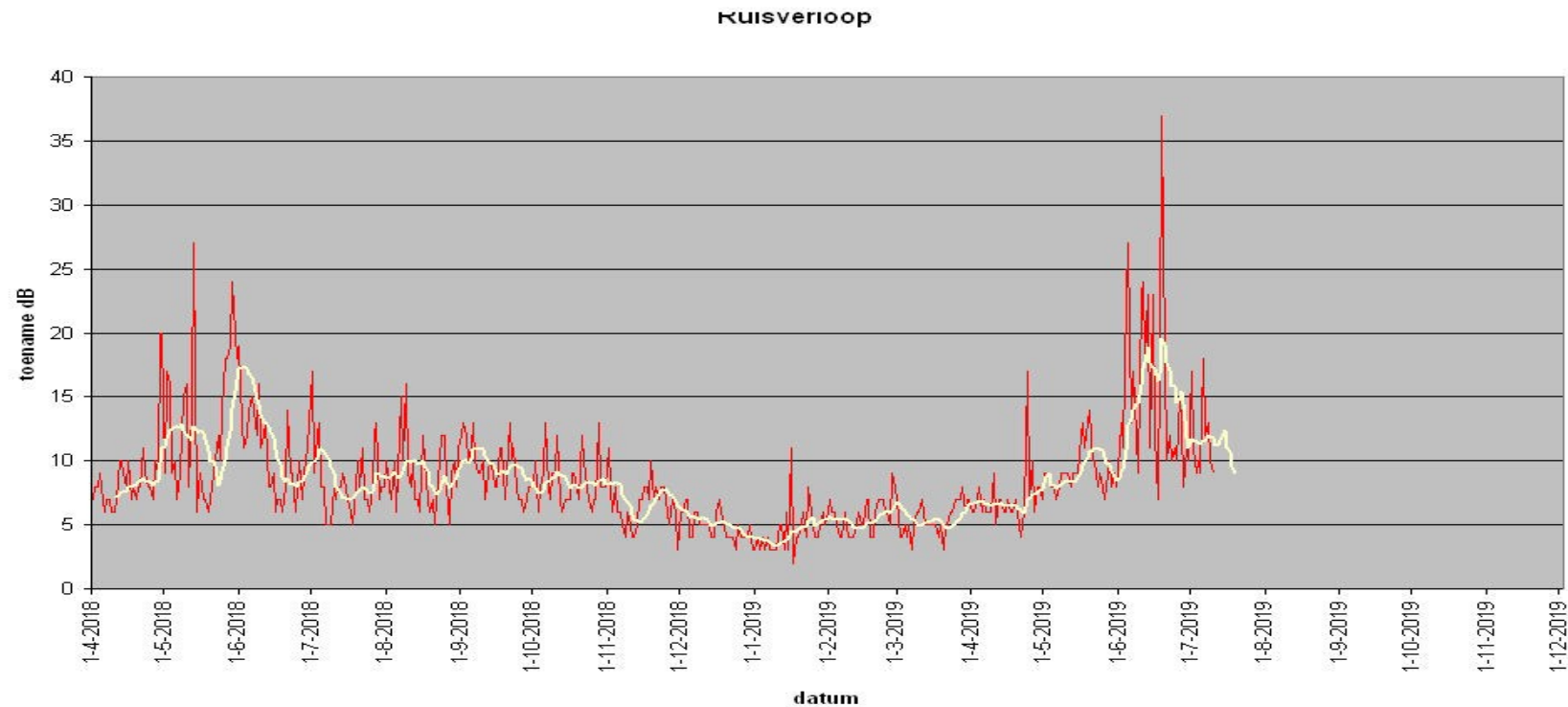


Nachtelijke ruistoename

Door afbreken D laag s'nachts meer ruis

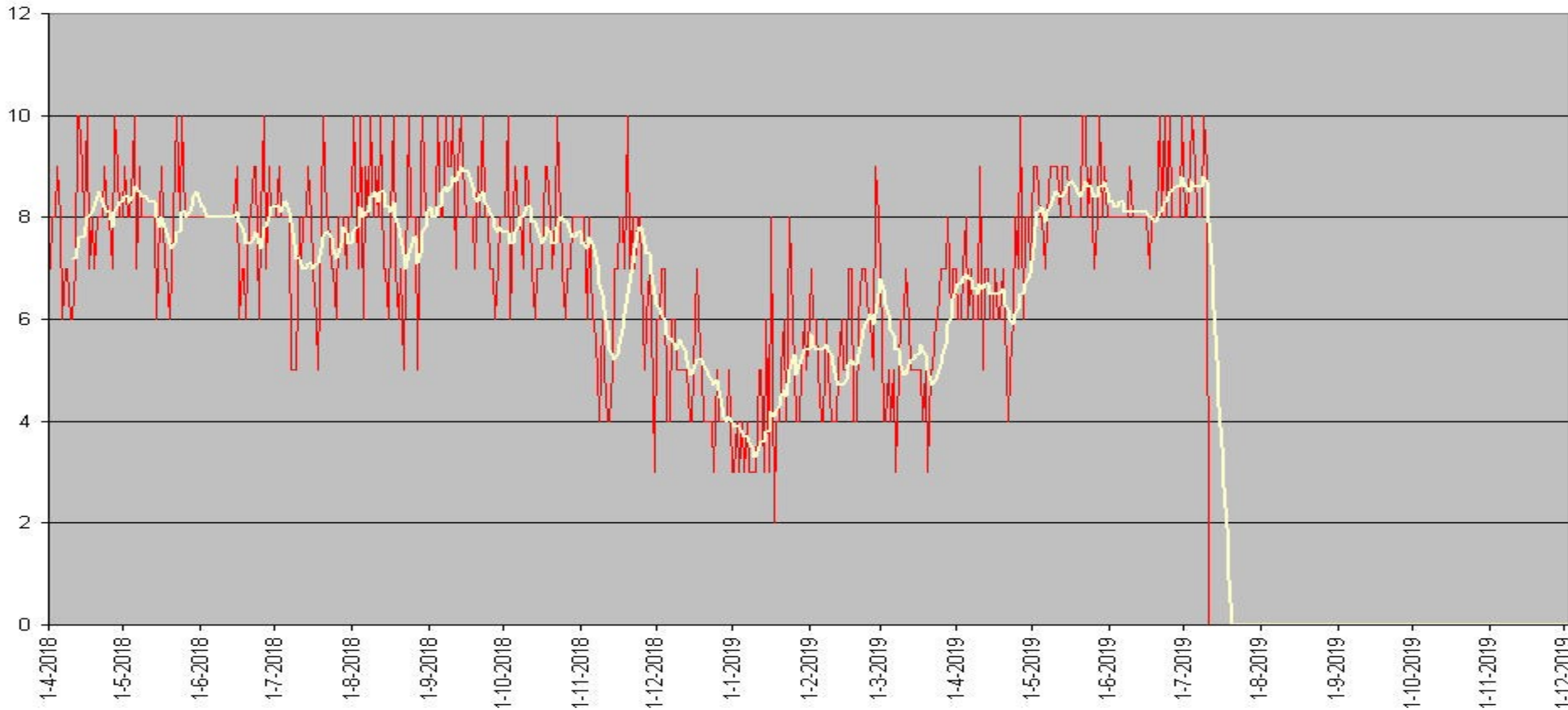
Hoeveelheid ruis is seizoens afhankelijk

In de winter duidelijk minder ruistoename dan in zomer



Nachtelijke ruistoename

gecorrigeerd voor effecten onweer



Dagelijkse gang

Propagatie heel sterk afhankelijk van de dagelijkse gang, zonsopkomst en ondergang

Ziet duidelijk de opbouw en afbraak D-laag, geeft ruis toename s'nachts

Dalende MUF, wel vaak maar zeker niet altijd onder kritische waarde

Soms kort soms ook heel lang

2e site Hazerswoude

Vanaf 10 september 2018 tweede lokatie metingen

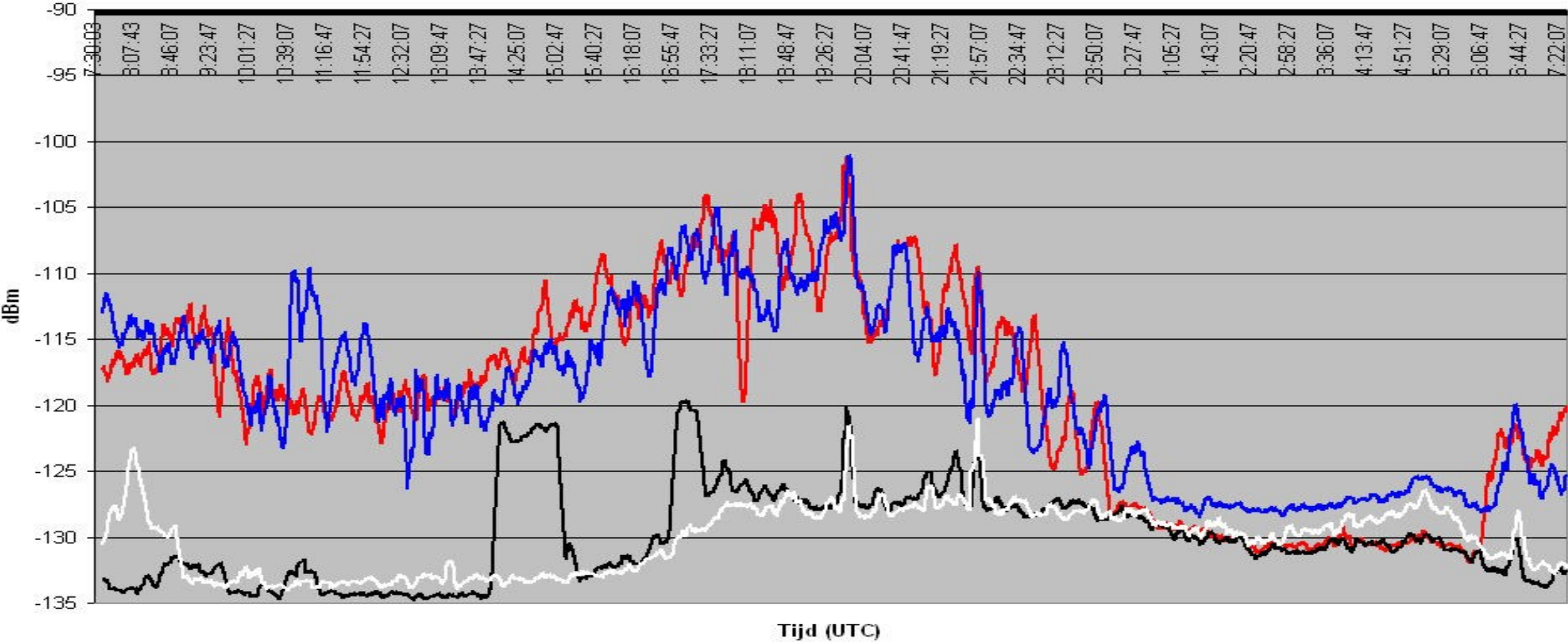
Dezelfde antenne

Zelfde hardware



Resultaat twee locaties

PA0RYL Dubbel corrected 7 naar 8-10



Grondgolf

Vrij snel na start metingen vanuit de remote lokatie viel op dat het signaal s'nachts niet wegvalt als NVIS stopt

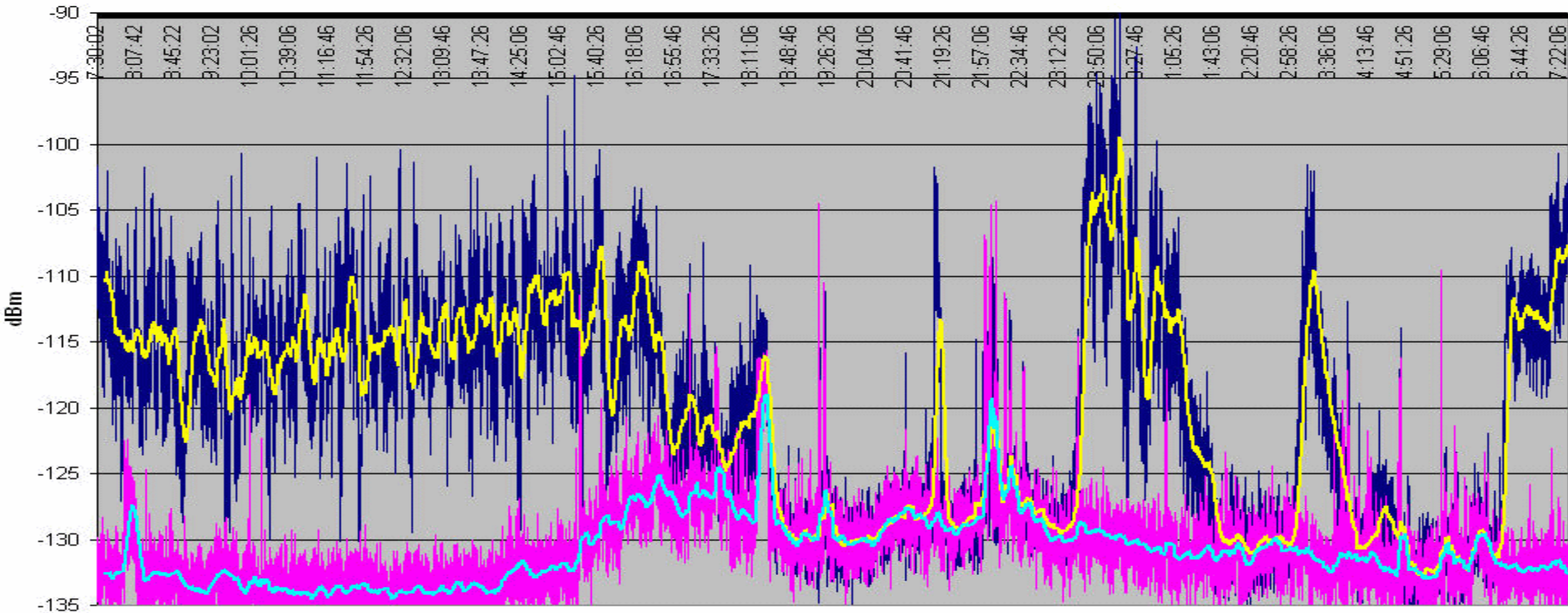
In begin was me niet duidelijk waardoor dat kwam

Er ontstond een vermoeden dat het restsignaal wat ik s'nachts ontvang via de grondgolf ontvangen wordt maar dat kon ik niet hard maken, onvoldoende bewijs

Eerst wat plaatjes van de beide lokaties

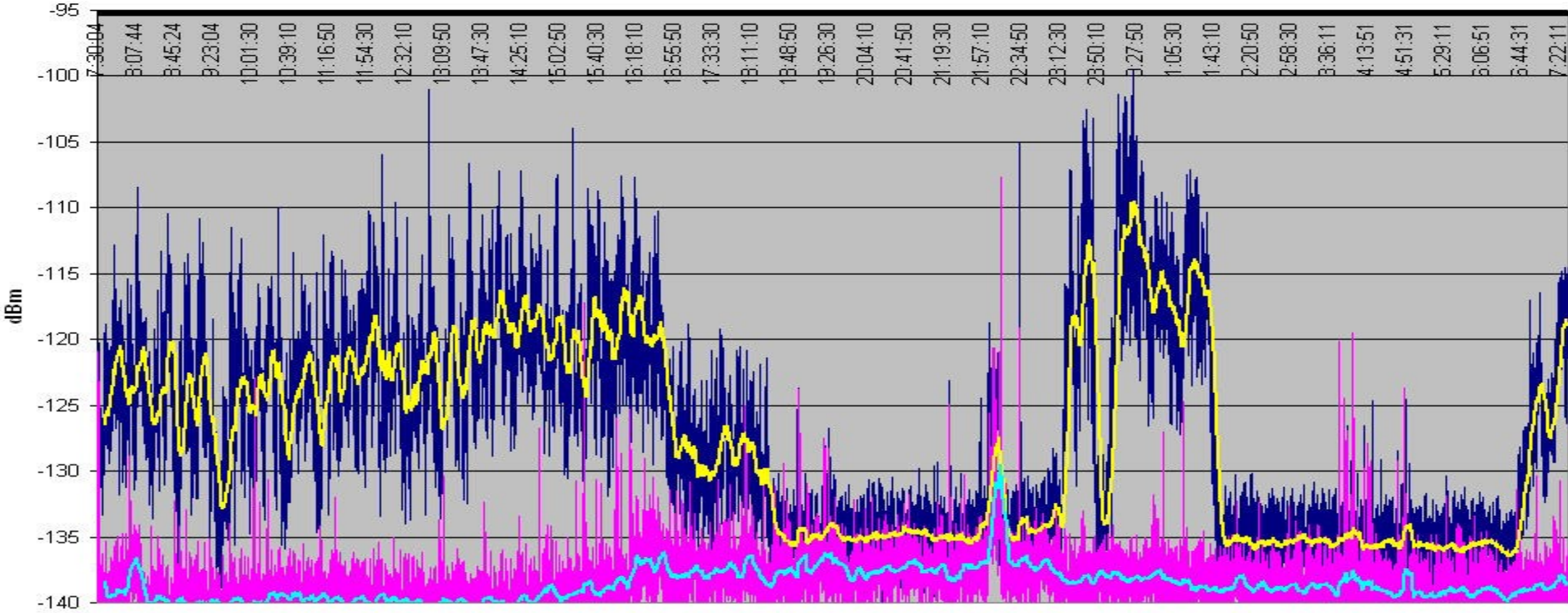
Resultaat Haselunne

PA0RYL 5 naar 6-11-2018



Resultaat Hazerswoude

PA0RYL HZW 5 naar 6-11-2018



Grondgolf ontvangst

Voordat ik hard kon aantonen dat ik de grondgolf ontvang moest ik eerst nog iets ontdekken het verschijnsel: ionosfeer doppler wat mij tot dat moment niet bekend was

Ionosfeer Doppler

Op gegeven moment merkte ik freq verschil van het baken, had ik wel vaker gemerkt en daarom maar contact opgenomen met Robert

Andere freq referentie aangezet toen een dag niks gemerkt

Ref weer terug en weer probleem

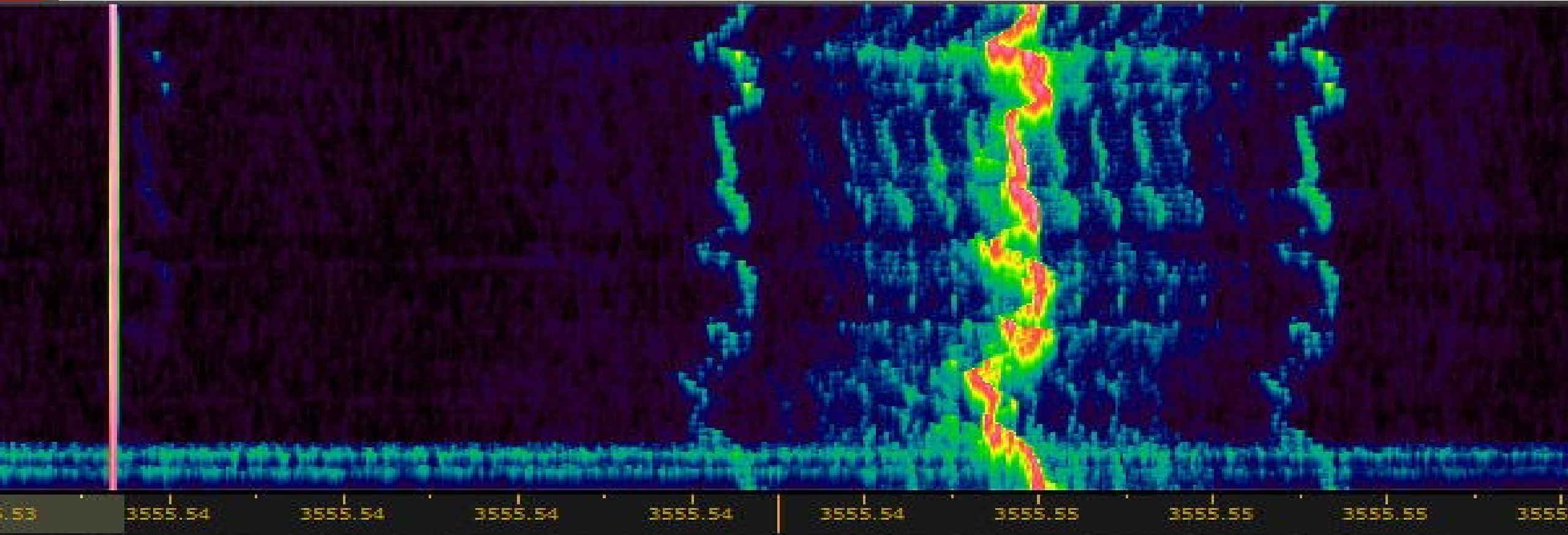
Test met andere referentie en ik freq meten met tweede meetopstelling

De eerste meting gaf grote afwijkingen weer

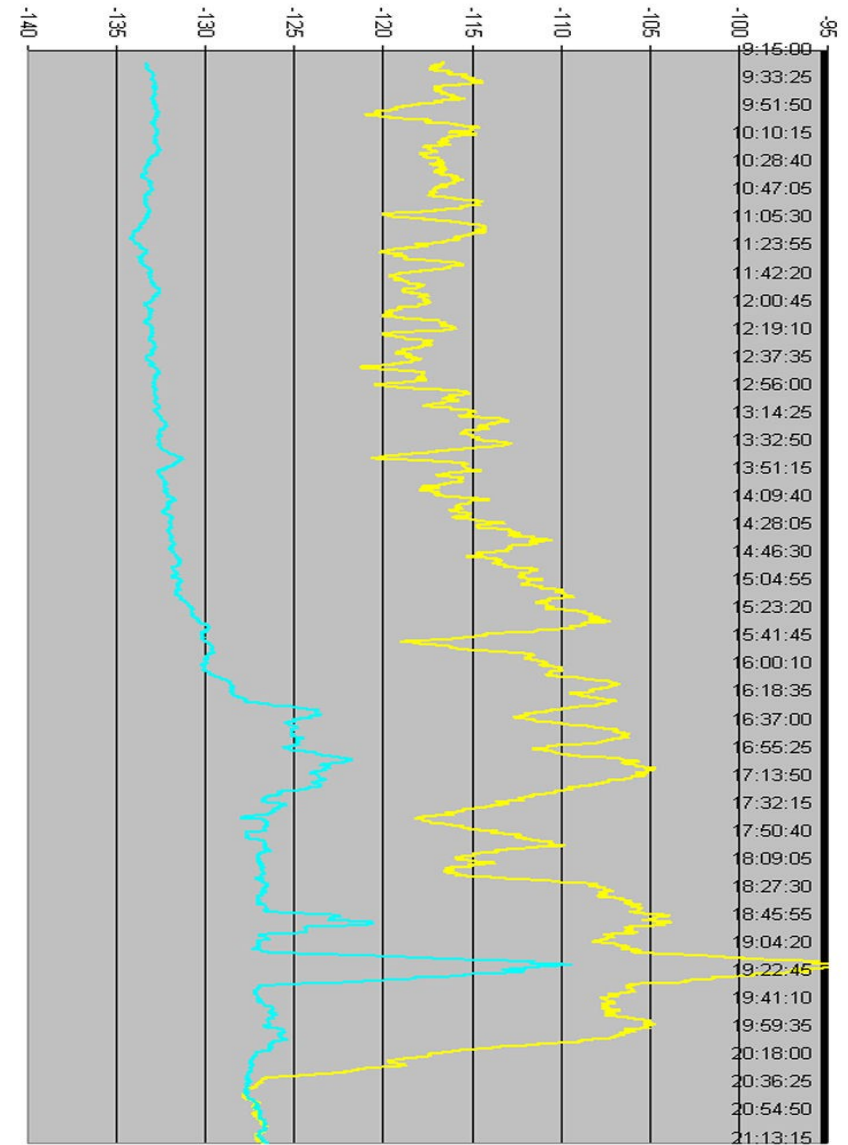
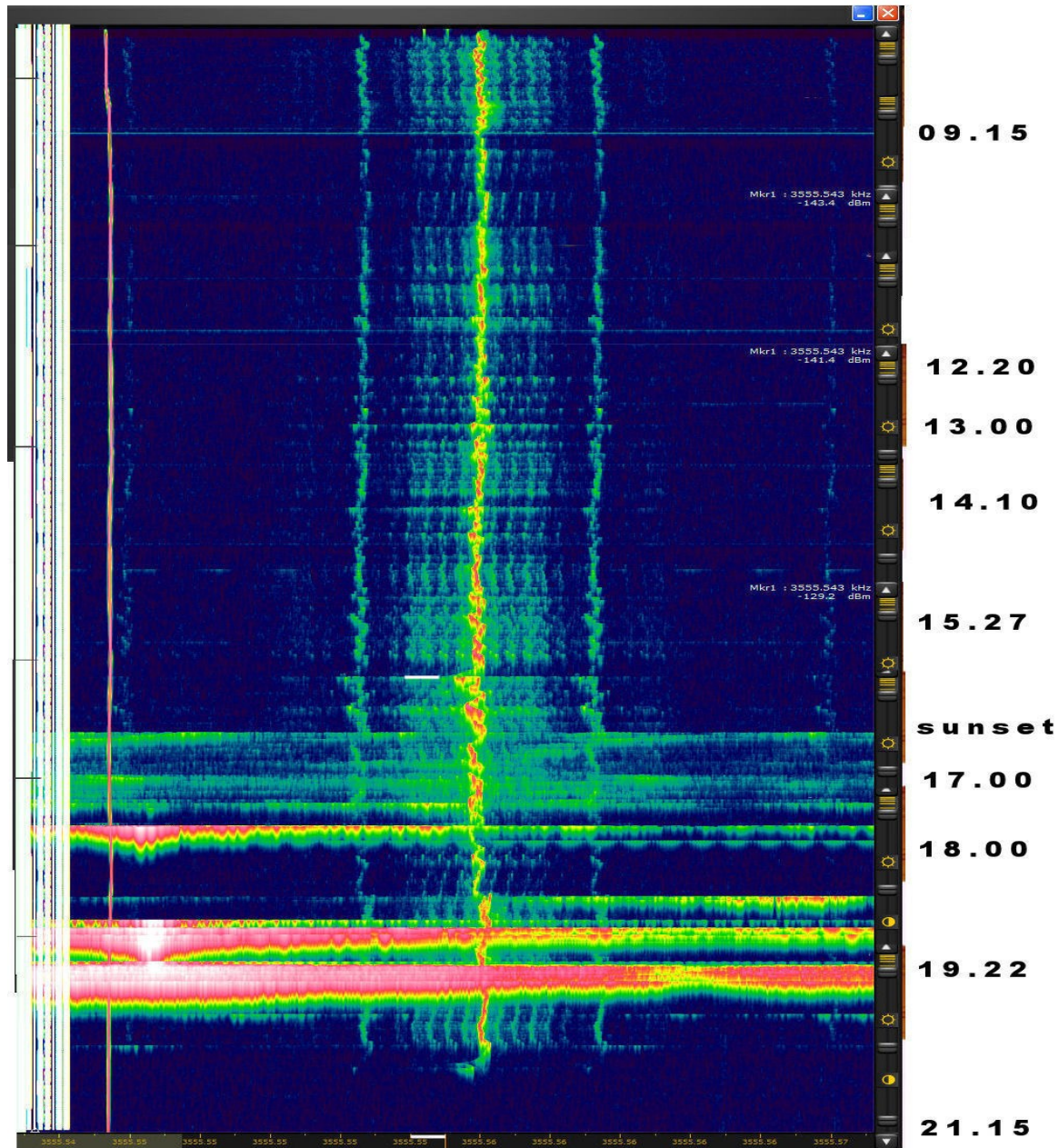
soms wel tot 0,5 Hz

Doppler

Schaal horizontaal : 1Hz/div



Metingen PAORYL 23-10 Rubidium reference



Doppler op andere manier meten

Meting was erg omvangrijk, iedere paar uur opslaan data, voor continu meting niet te doen

Vond andere tool: gebruik maken van SBSpectrum software

Meet op audio basis een audio bandbreedte van 3,8 Hz met een filter van enkele millihertz

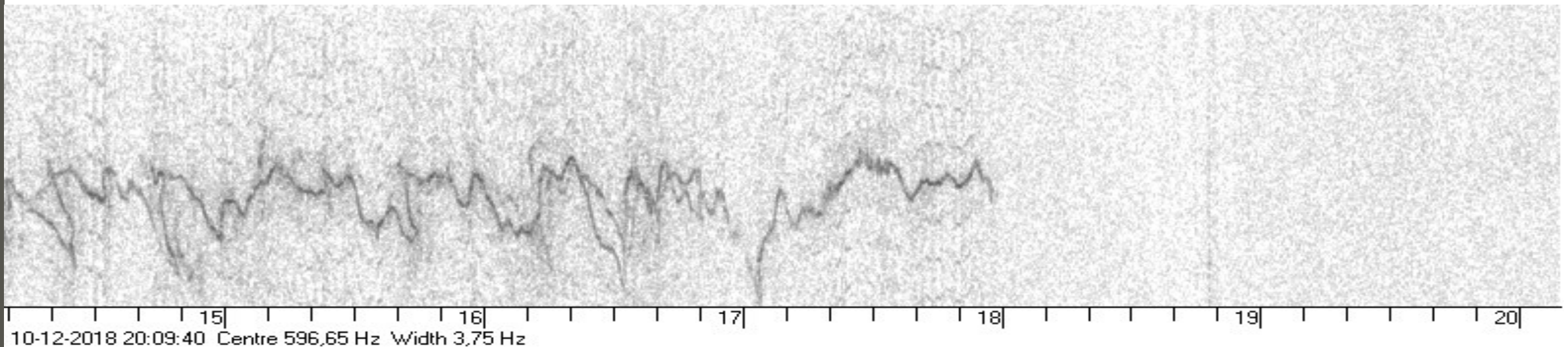
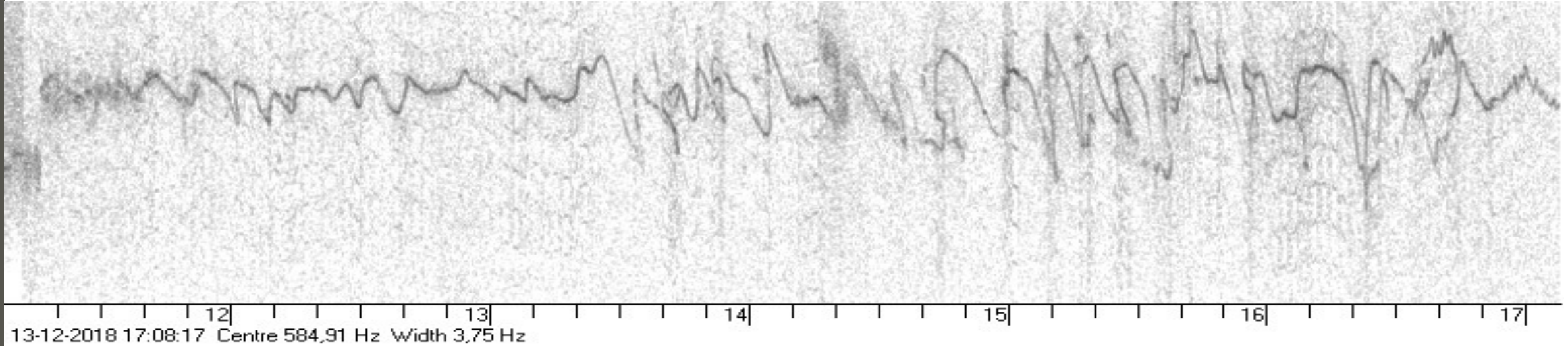
Kan tegelijk met de veldsterkte metingen

Dankzij gebruik Virtual audio cable

Heel prettig is de mogelijkheid dat resultaat automatisch opgeslagen wordt, ideaal voor de continu metingen

Vanaf december 2018 op beide lokaties continu metingen aan veldsterkte maar ook de ionosfeer doppler

Resultaat SBSpectrum



Ionosfeer doppler

Mbv SBSpectrum kan iedereen dat inzichtelijk maken op het baken

RX Audio naar computer

Wel zorgen voor stabiele LO liefst gekoppeld aan GPS of freq standaard

Je kan het signaal daarmee ook goed zien zelfs als het niet te horen is

Detectie mbv SBSpectrum ca 40 dB gevoeliger dan audio

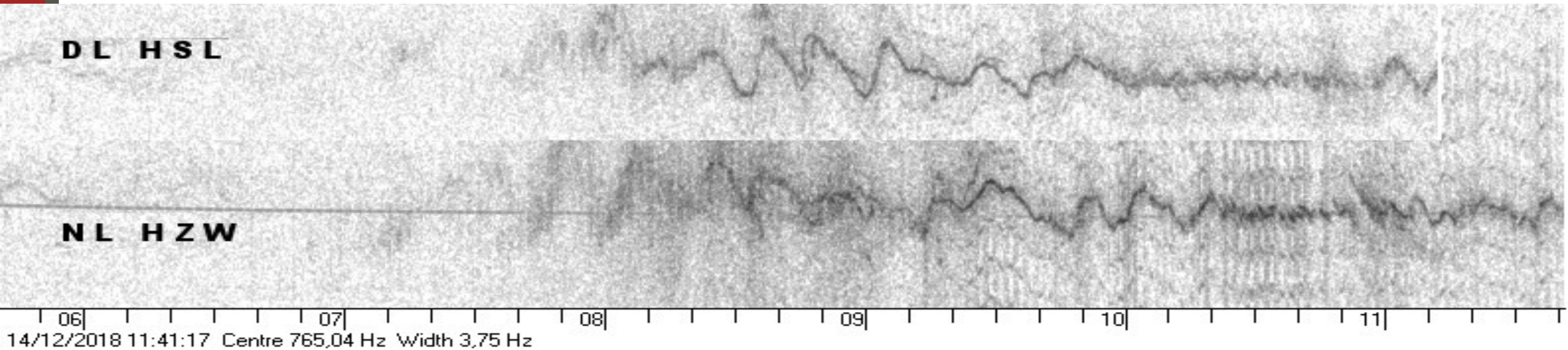
Andere software bv Spectran

Proberen op tweede lokatie te meten

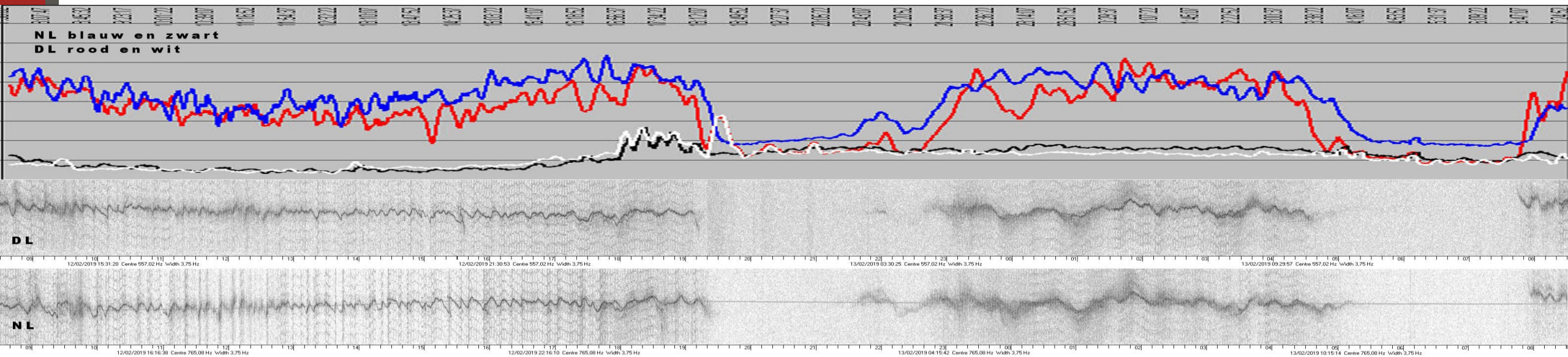
Verder uitzoeken wat doppler exact weergeeft en waardoor deze minder of juist sterker wordt

Eerste indruk dagelijkse gang rond middag en net na zonsopkomst en ondergang

resultaat twee lokaties



Samengesteld resultaat



Opvallende overeenkomsten

Ruisvloer gaat vrijwel gelijk op

Signaalsterkte gaat redelijk gelijk

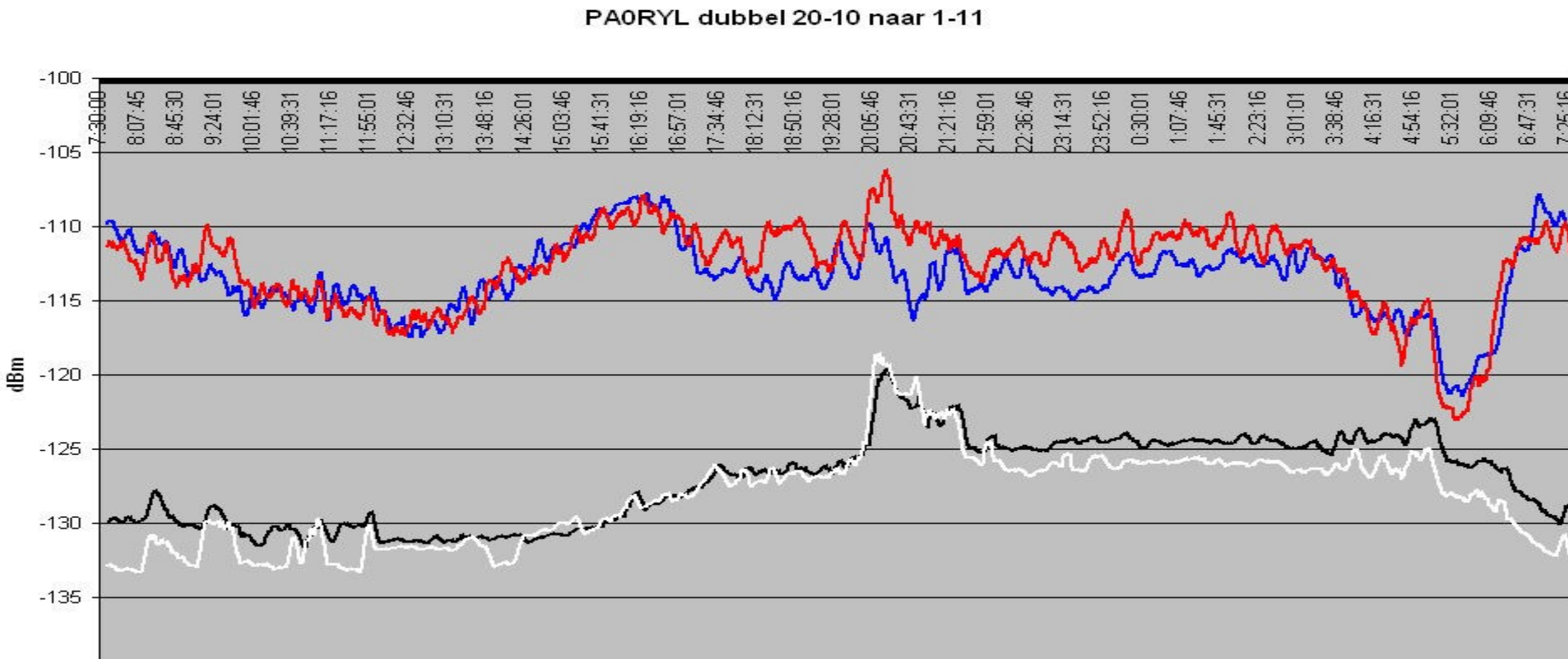
Als MUF te laag geen NVIS, zie je de grondgolf heel duidelijk (bijna altijd aanwezig)

Hazerswoude heeft meer fading, interferentie tussen grondgolf en ruimtegolf

Bewijs grondgolf ontvangst over 45 km op 2 manieren:
signaal blijft aanwezig als NVIS wegvalt

kijkend op spectrum plot zie je een lijn zonder doppler welke altijd aanwezig is

Gemiddeld over meerdere dagen



Audio stream en video stream

Begonnen met een audio stream, naar voorbeeld van PA3ECT

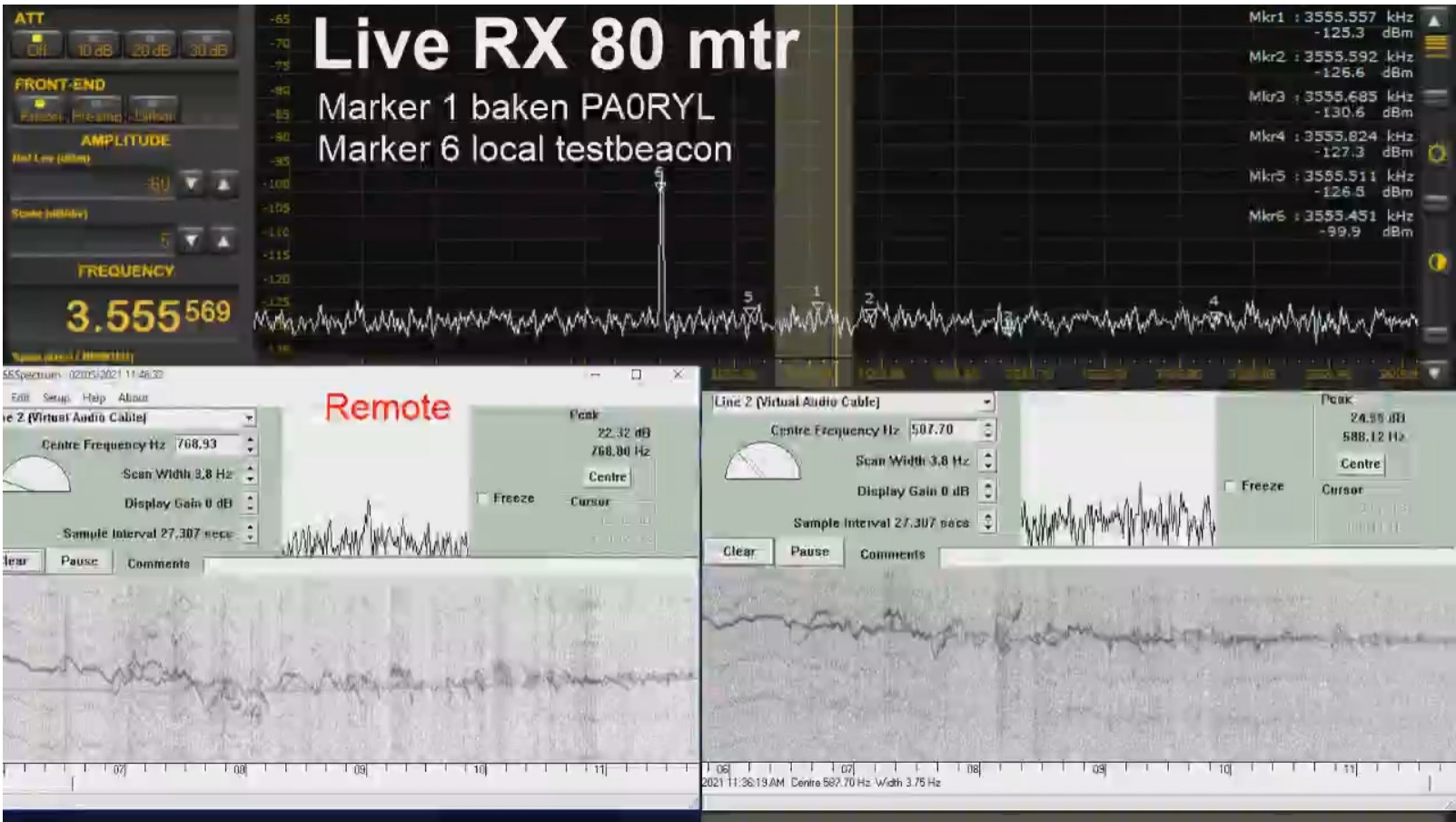
Vond al snel dat het audio zodanig slecht was, het spectrum moet al sterker dan 20dB/noise(1Hz) zijn voordat het signaal hoorbaar is.

Daarom overgegaan naar een video stream online met spectrum en audio, later ionogram toegevoegd en recent ook ionogram van de remote lokatie

SVP niet op bakenfreq testen naar eigen signaal of anders op 3.555700

<https://www.twitch.tv/pa0ehg>

Videostream PA0EHG



Pauze !!

Ionosfeer doppler en grondgolf

Ben in 2021 eens gaan kijken naar andere signalen voor het meten van ionosfeer doppler gebruik makend van omroepzenders

Signalen zijn sterk en (ik had verwacht) ook zeer stabiel in frequentie

Als je te lage frequentie kiest zie je alleen een grondgolf, bv ontvangst 198 kHz Droitwich of DCF77 is grondgolf ontvangst, als je daarop meet zie je ook geen doppler, helemaal niets

Diverse omroepzenders geprobeerd maar niet echt bruikbaar, sommige hebben een traag regelcircuit om de frequentie goed te houden, dat zie je duidelijk terug in het ontvangen spectrumplot

Weer andere omroepzenders schakelen van antenne of lokatie met soms een behoorlijke frequentie sprong als oorzaak

Omroepzenders gaan uit op moment van slechte propagatie

Het signaal van PAORYL is wat dat betreft **heeeeel uniek**

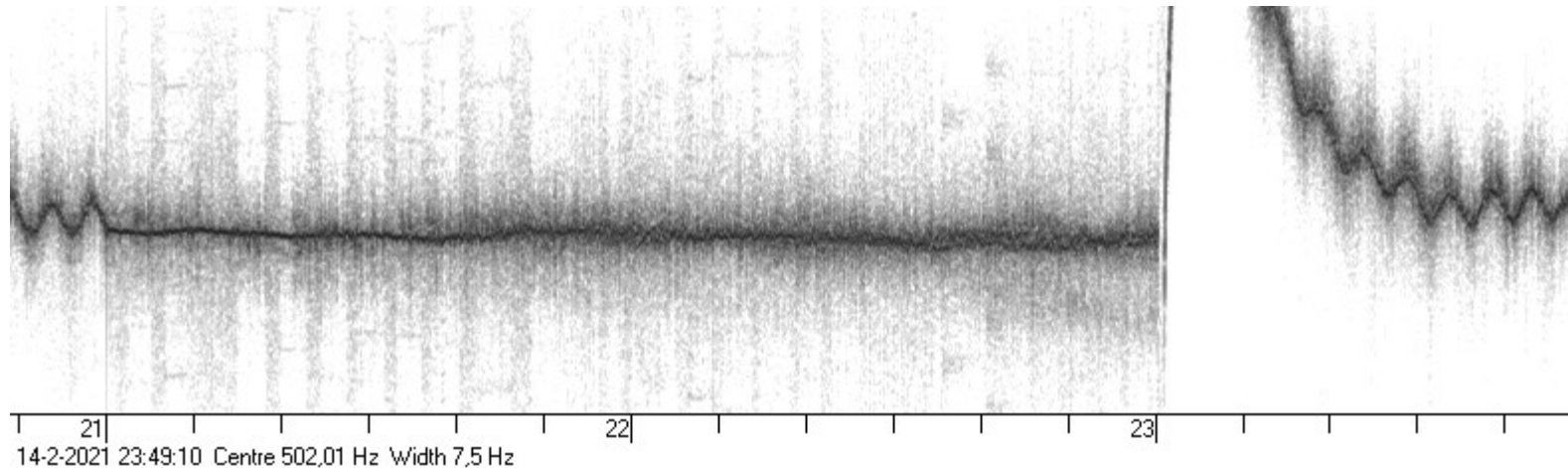
Wat omroepzenders

3995 KHz

tot 21 uur zender 1

vanaf 21 uur tot 23 uur zender 2

daarna weer zender 1

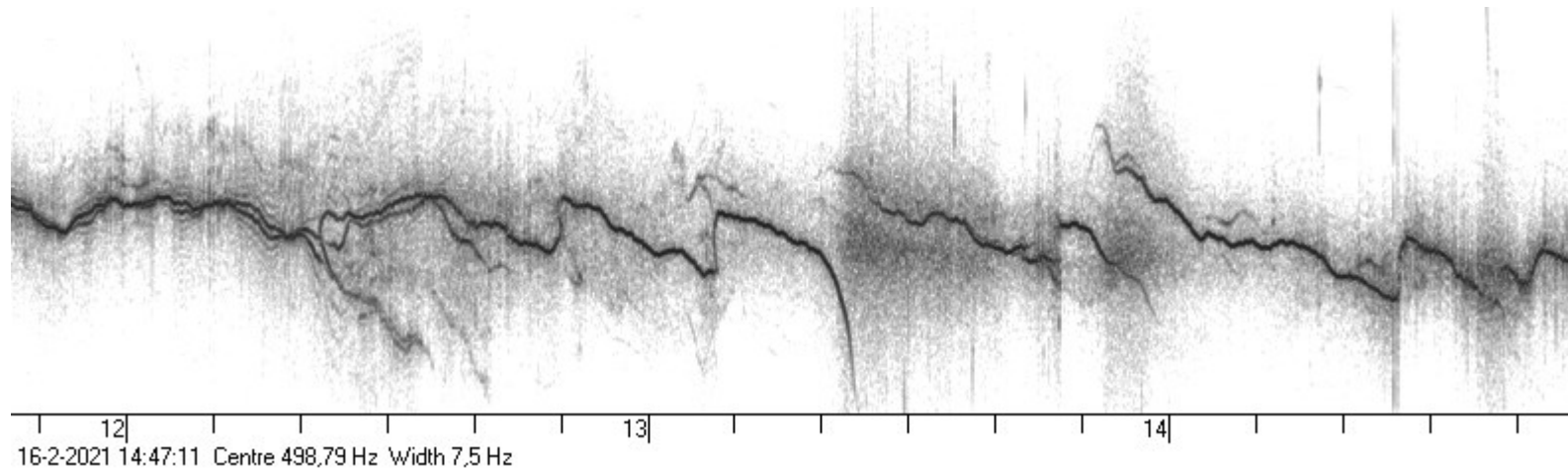


Wat omroepzenders

6140 KHz

lijkt bruikbaar voor ionosfeer doppler metingen

schakelt s'nachts uit



Bijzondere experimenten, metingen

Nav reparatie antenne van het baken

Dubbelmeting gedurende 24 uur

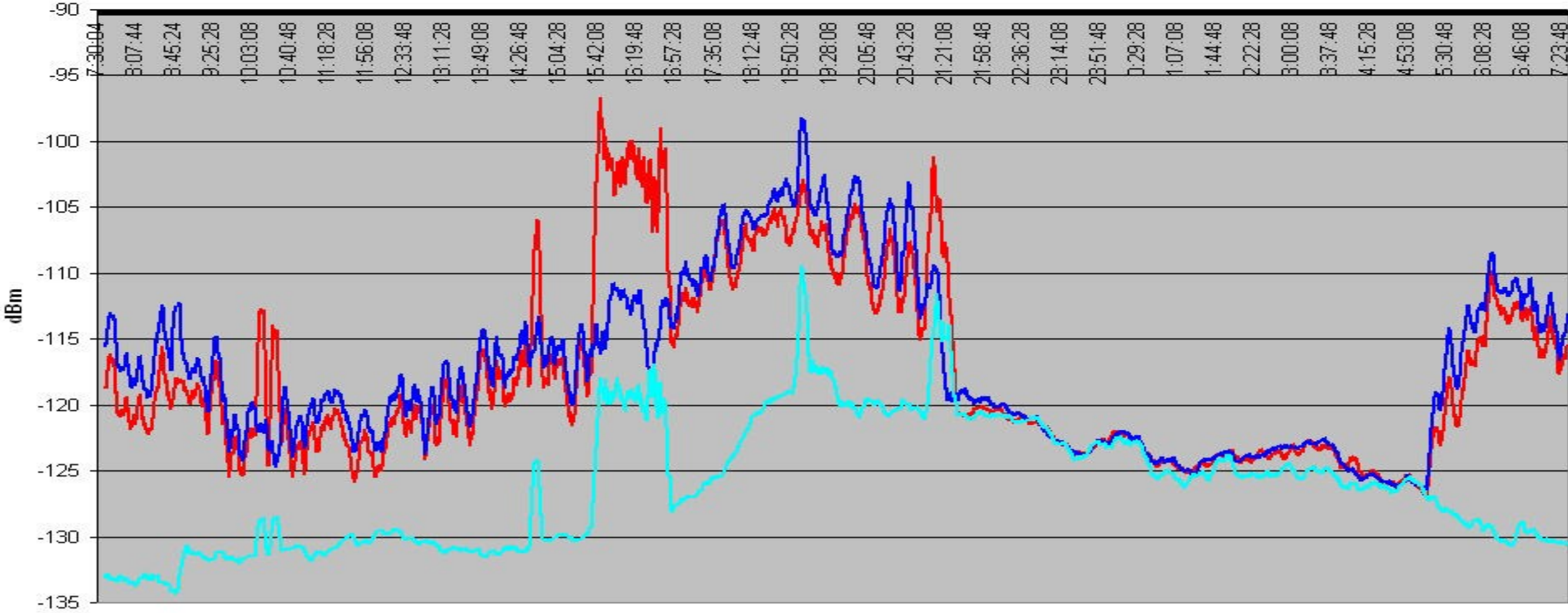
2 x 10 mW zender 1 op W3DZZ en tweede op de gerepareerde loop

Zender 1 op 3.555555

Zender 2 op 3.555770

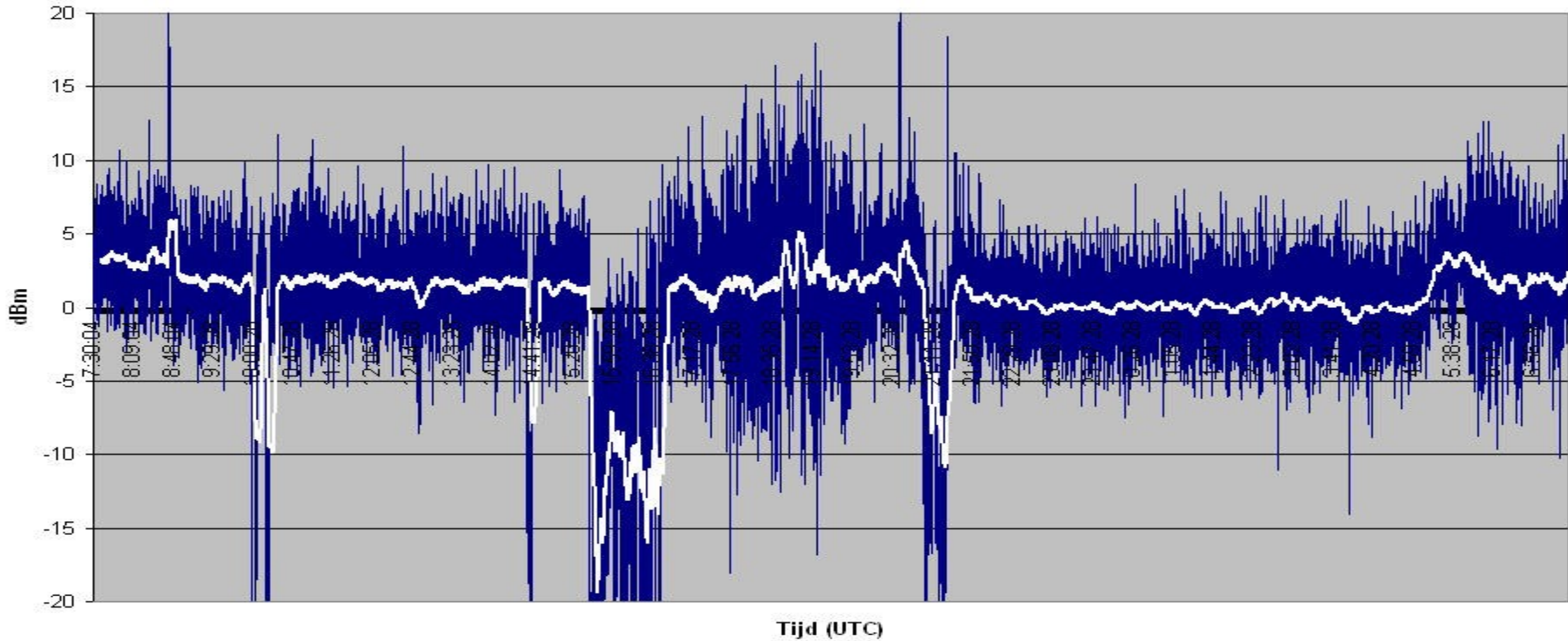
Twee signalen

twee bakens antennemeting 15 naar 16-9



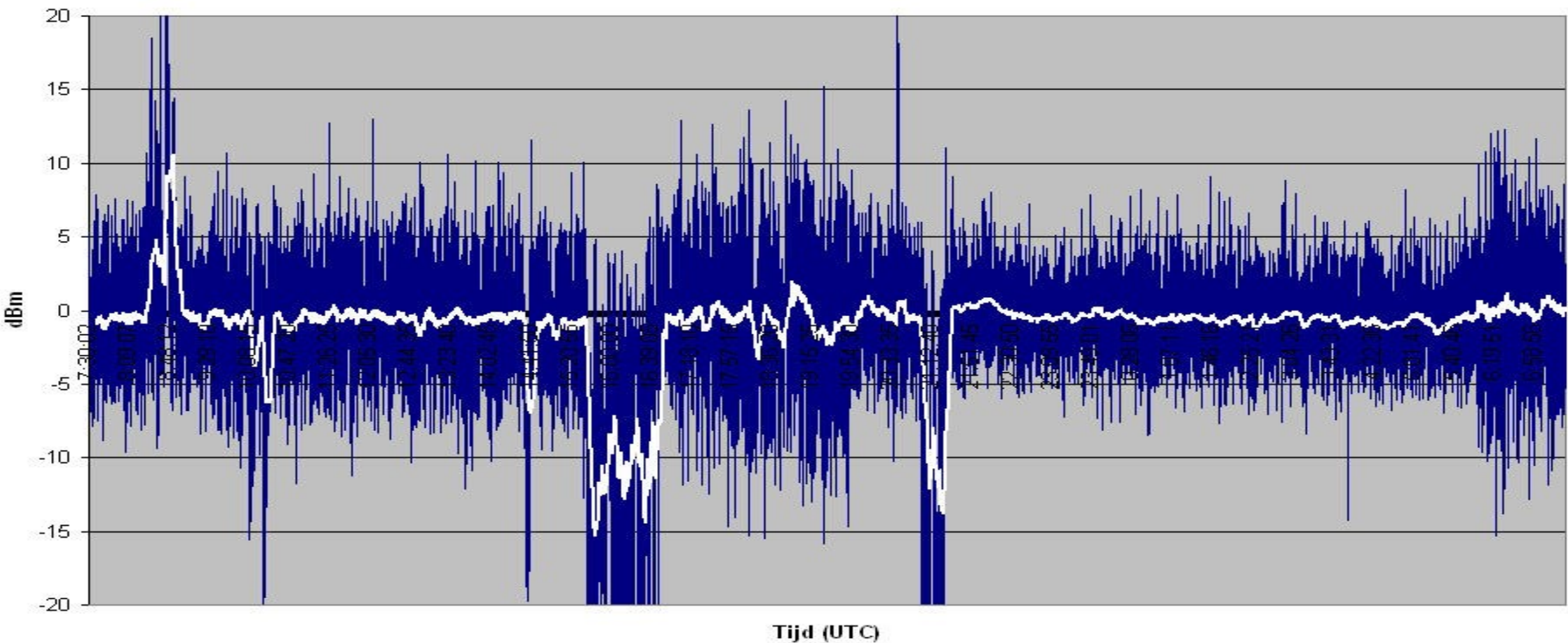
DL Verschil W3DZZ tov Loop

PA0RYL verschil 15 naar 16-9-2018



NL verschil W3DZZ tov Loop

HZW PA0RYL verschil 15 naar 16-9-2018

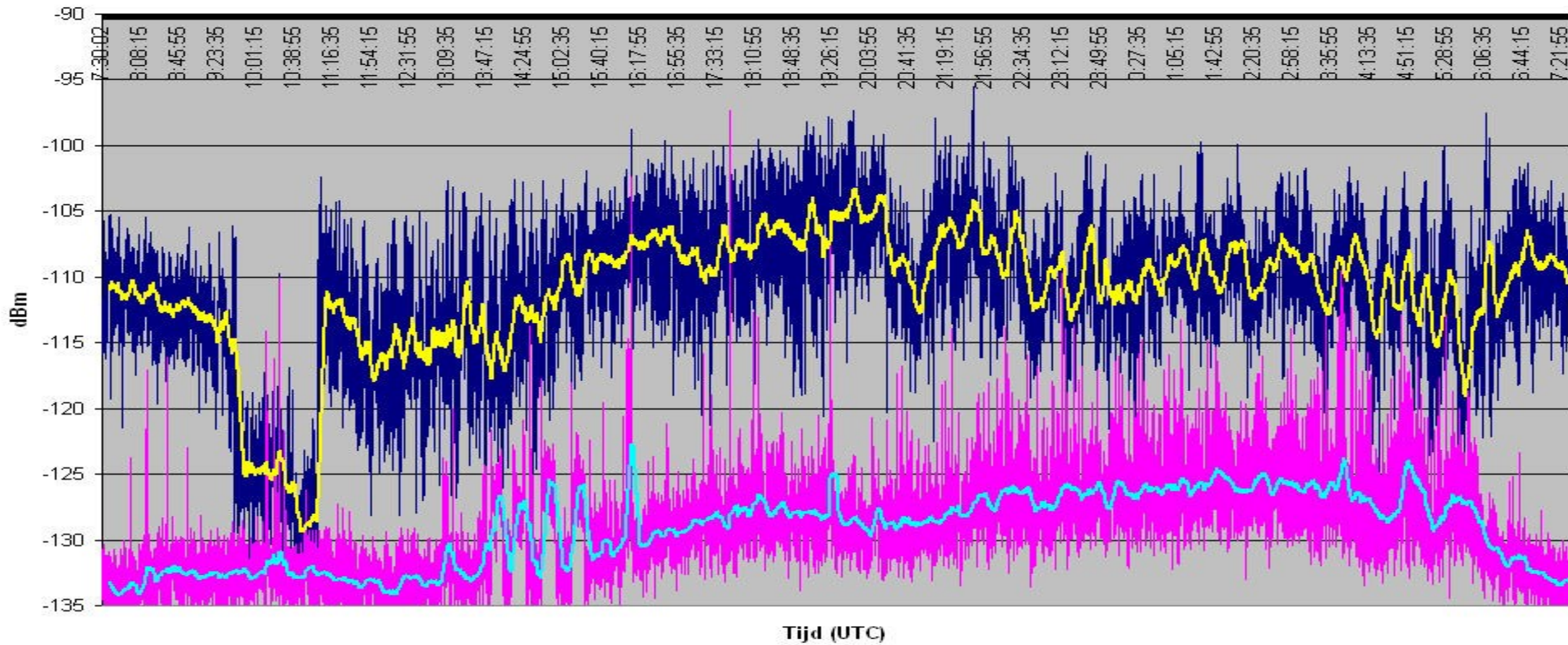


Vermogens experiment

Op verzoek een test 10 dB zwakker en 16 dB zwakker

-10 en -16 dB

PA0RYL 19 naar 20-10-2018



Een grotere magn loop

Ik wilde proberen betere ontvangst te krijgen

Een actieve magnetic loop gebouwd met 2 mtr diameter

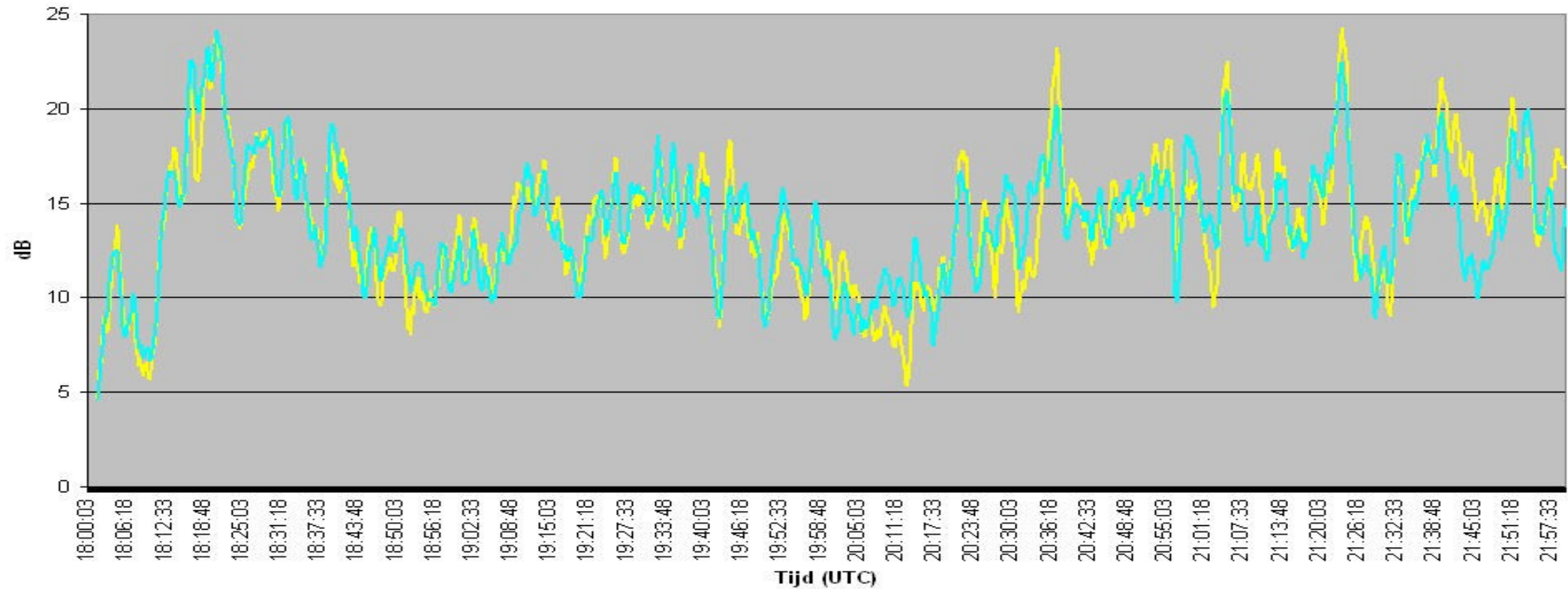
welke winst geeft dat ? of wat gebeurd er ?

De twee loops

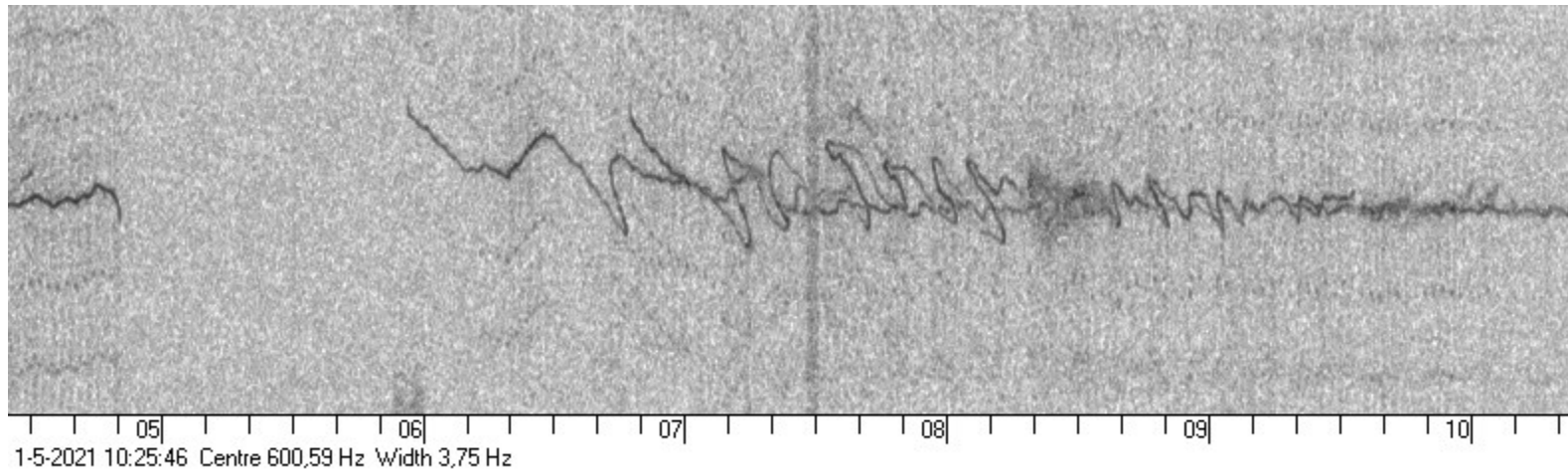


Gemeten verschil tussen twee loops

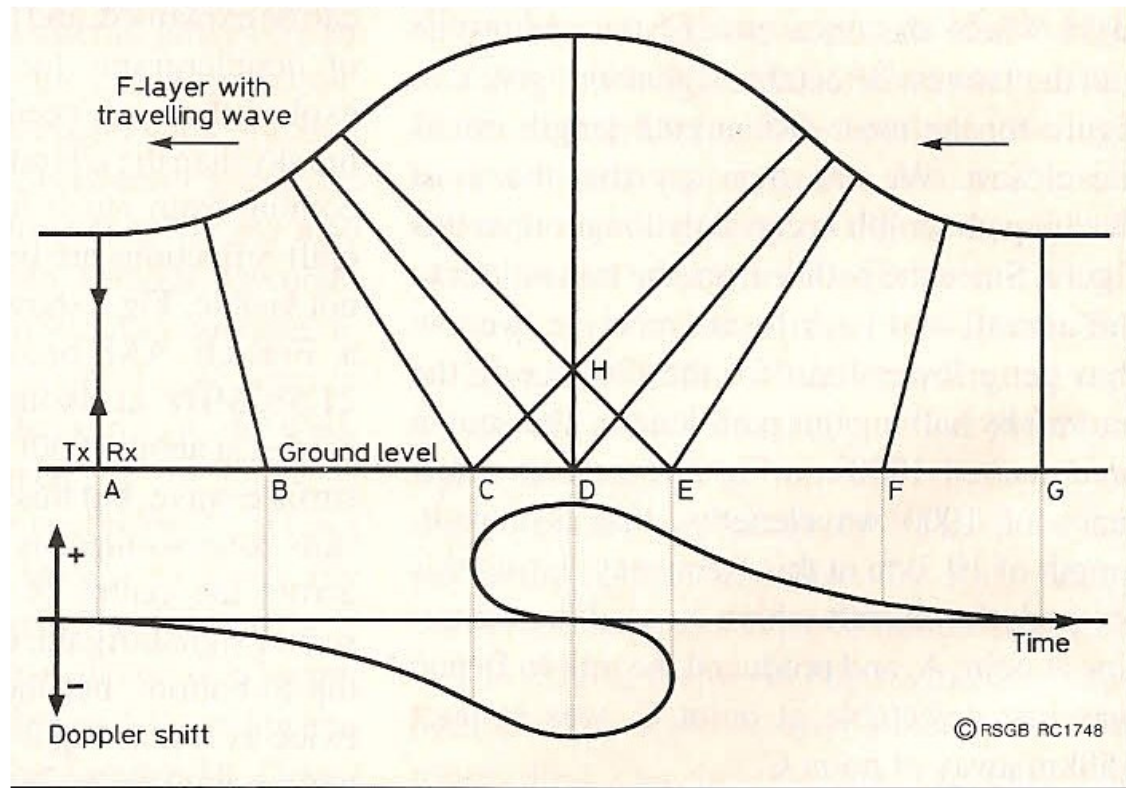
PA0RYL oude en nieuwe antenne
Geel 2 mtr act mag loop
Blauw 1 mtr act mag loop



Bijzondere Doppler



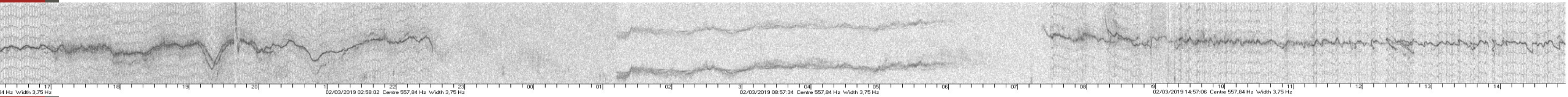
Bijzonder doppler



Bijzondere doppler lijkt terug te gaan in tijd

Reflectorlaag heeft een omega bult waardoor er meerdere reflecties tegelijk interfereren met elkaar

1 naar 2 maart 2019

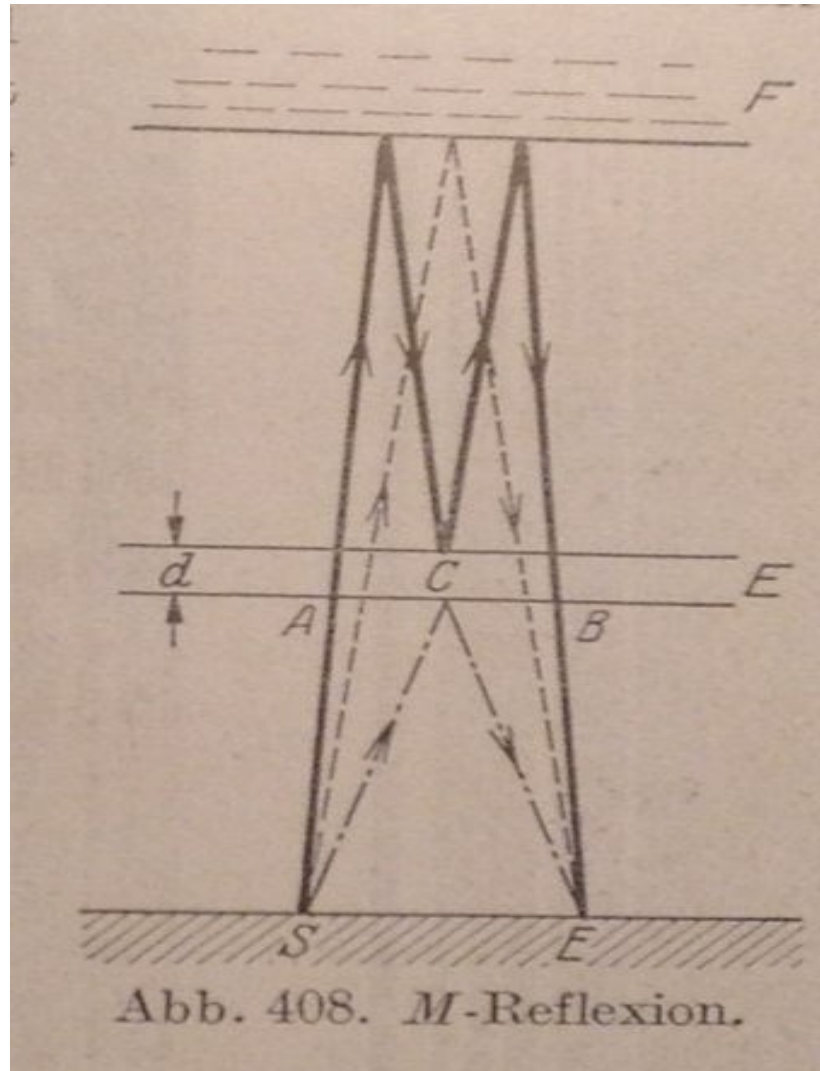


Oorzaak zonnestorm

Mogelijk M reflectie

Reflectie tegen E laag direct en tegen F naar E naar F laag

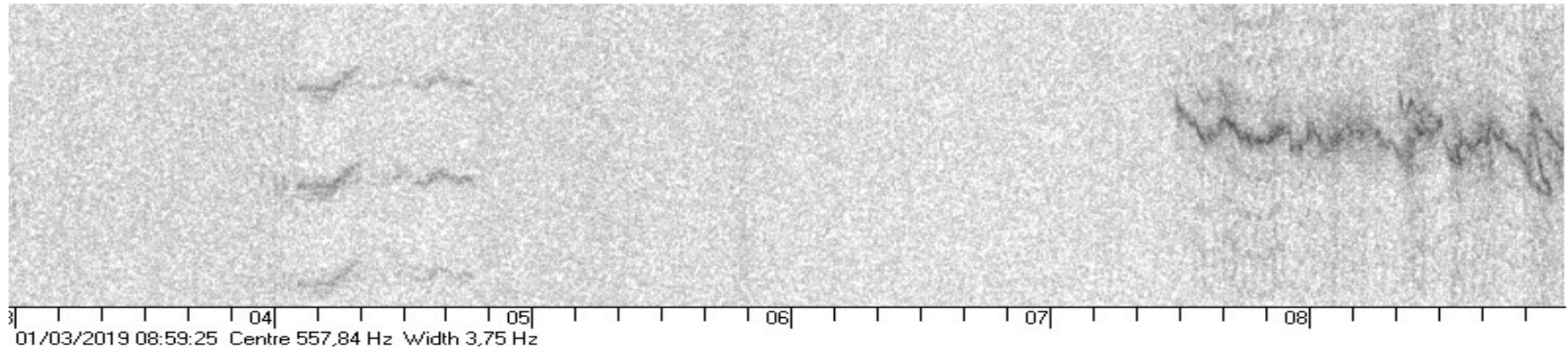
M reflectie (Vilbig)



M reflectie

Mogelijkheid voor drievoudig reflectie aanwezig

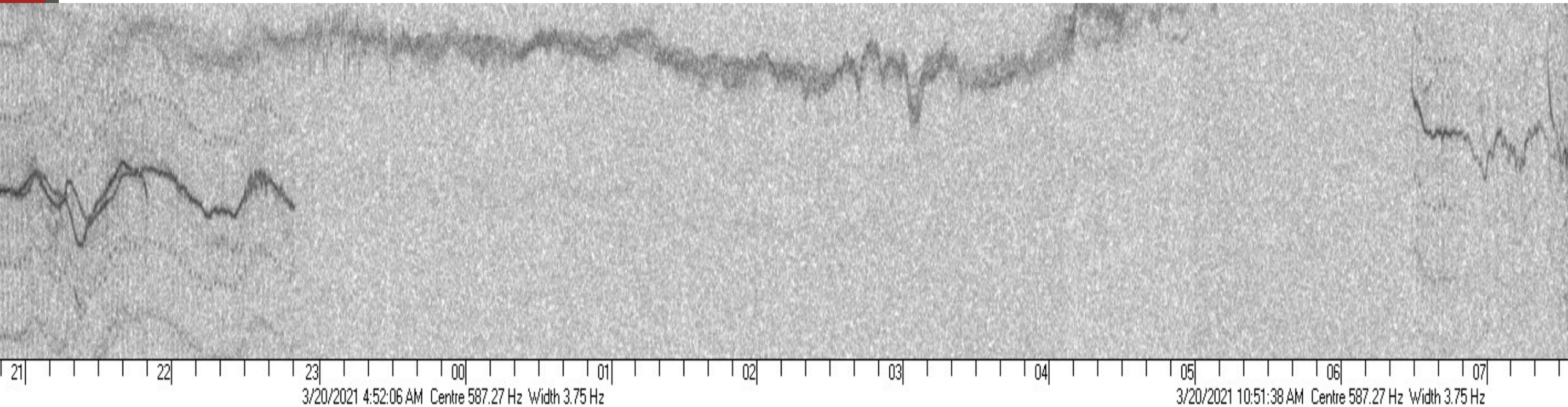
Kijk hier !!!!



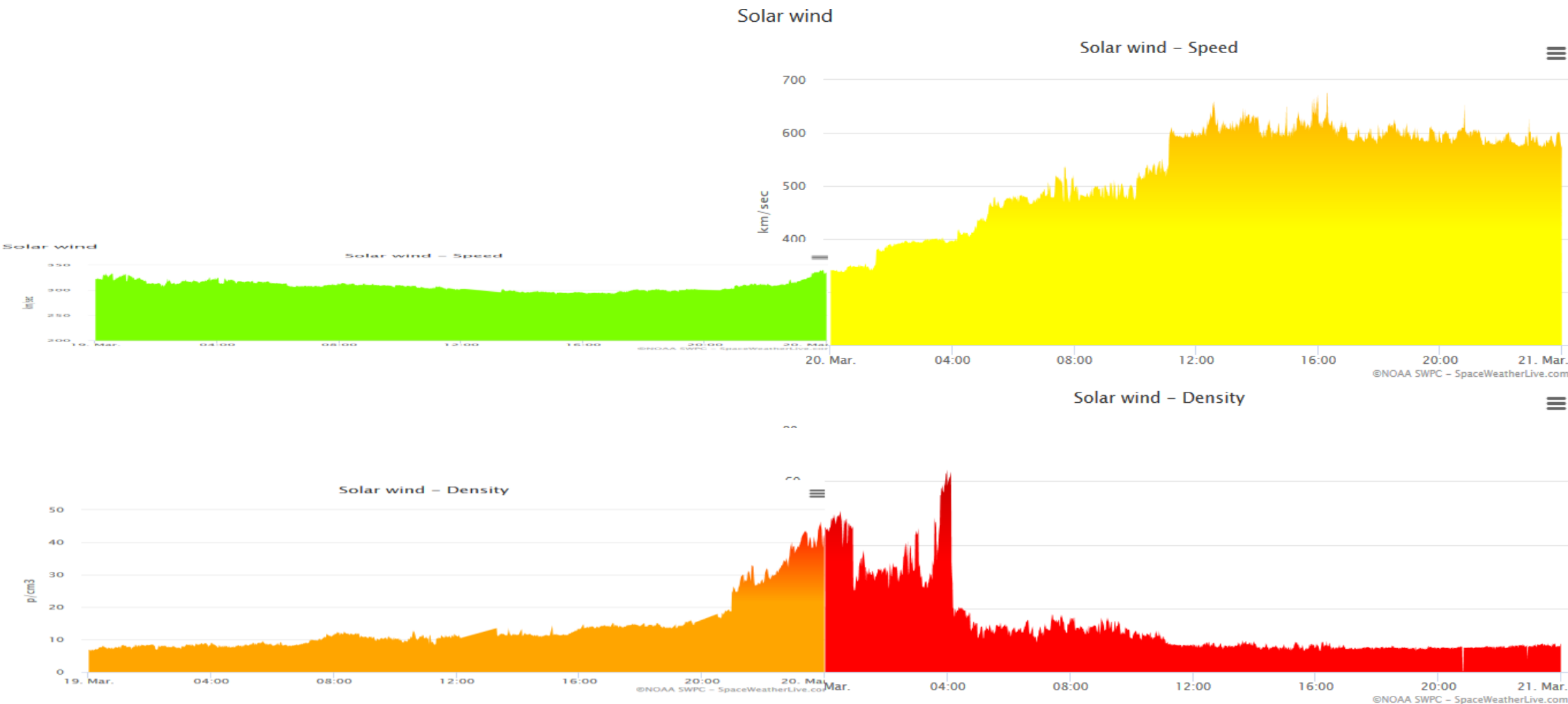
Andere zonnestorm

Zonnestorm 20 maart 2021

Bijzonder aan een kant een langdurige doppler



Zonnewind



Enkele bevindingen

Grondgolf over 45km, afh antenne

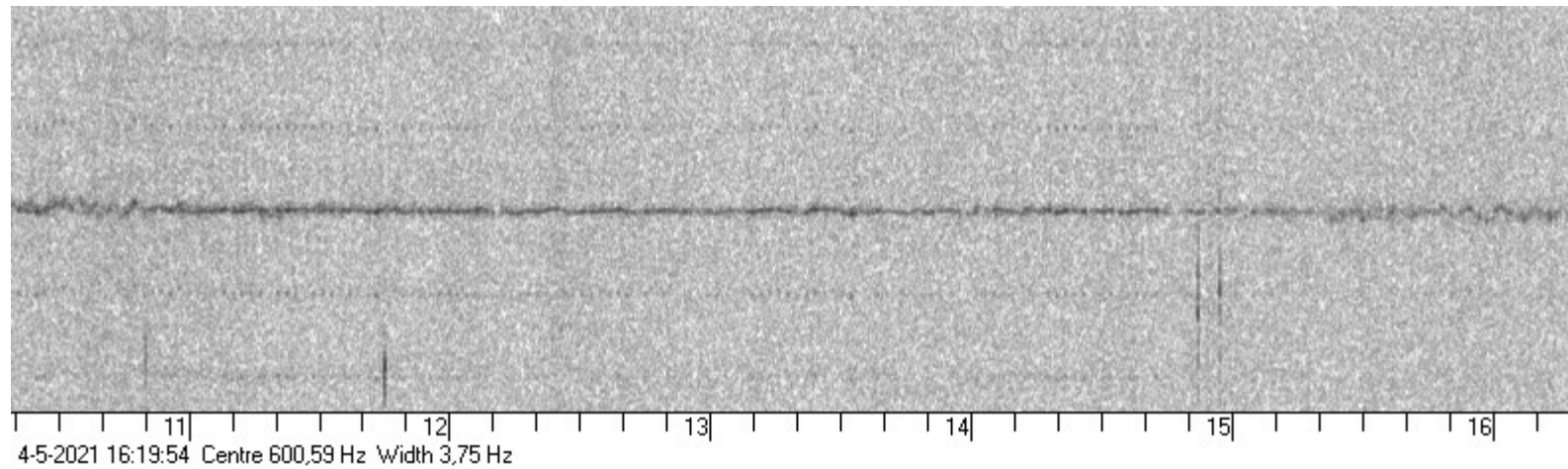
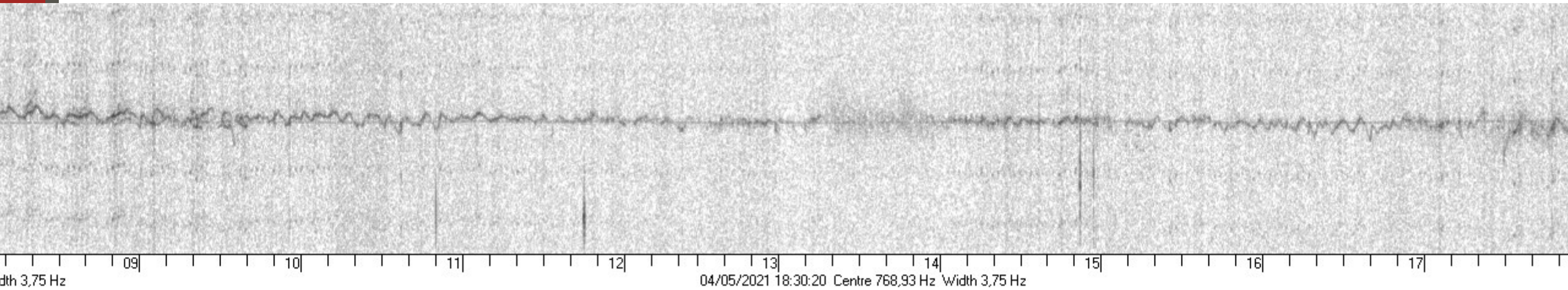
De D laag is geen gesloten laag maar meer een geïoniseerd wolkendek, soms zwaar bewolkt soms veel minder bewolkt

Veel effecten bij zonne stormen

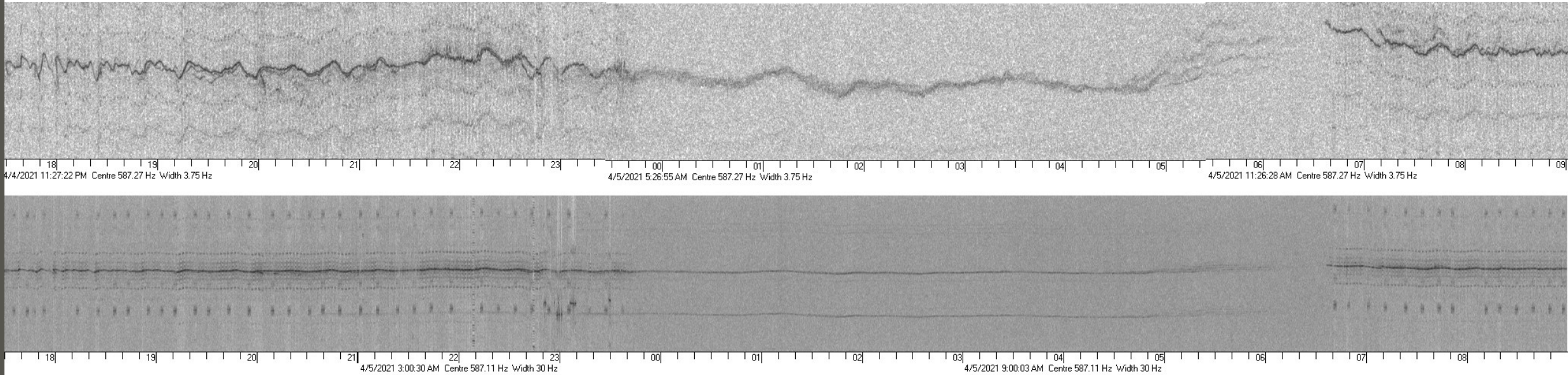
M reflectie door zonne-activiteit

Hele propagatie is een door de zon aangejaagd patroon waar geïoniseerde wolken met zon meedriften

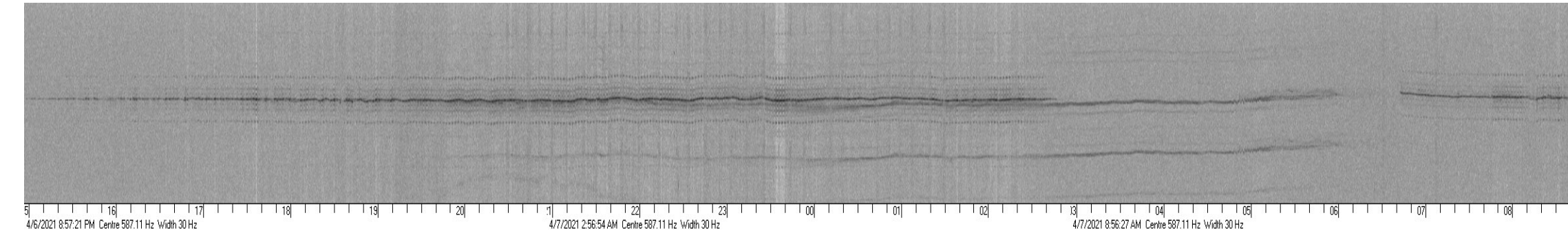
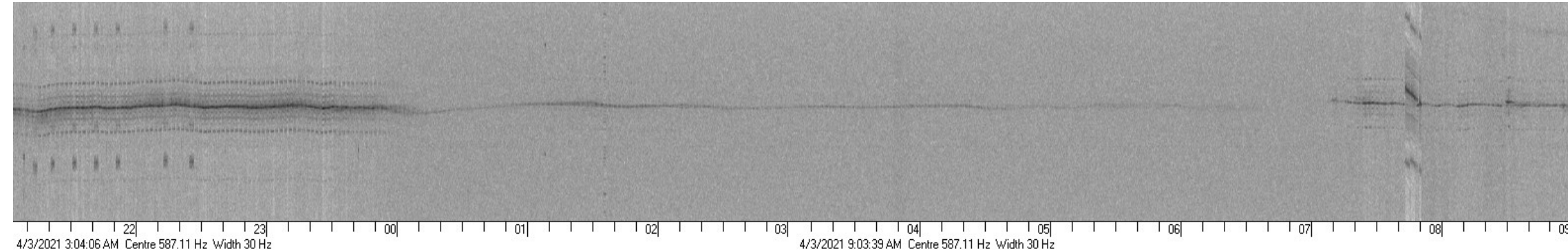
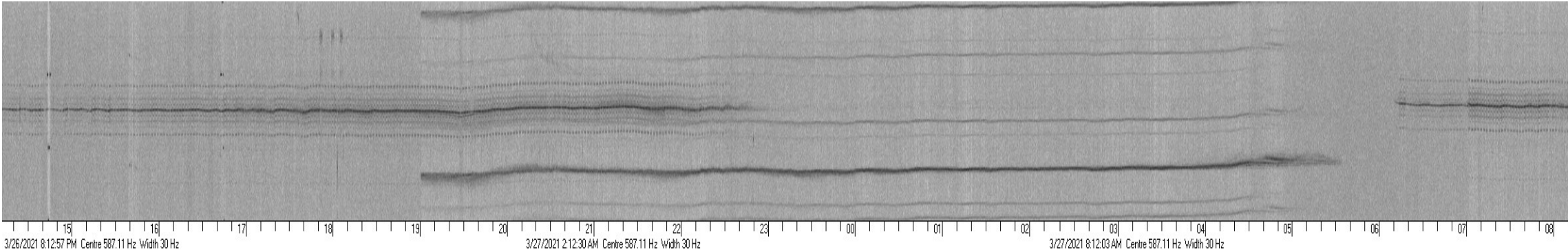
Onbegrepen remote & local



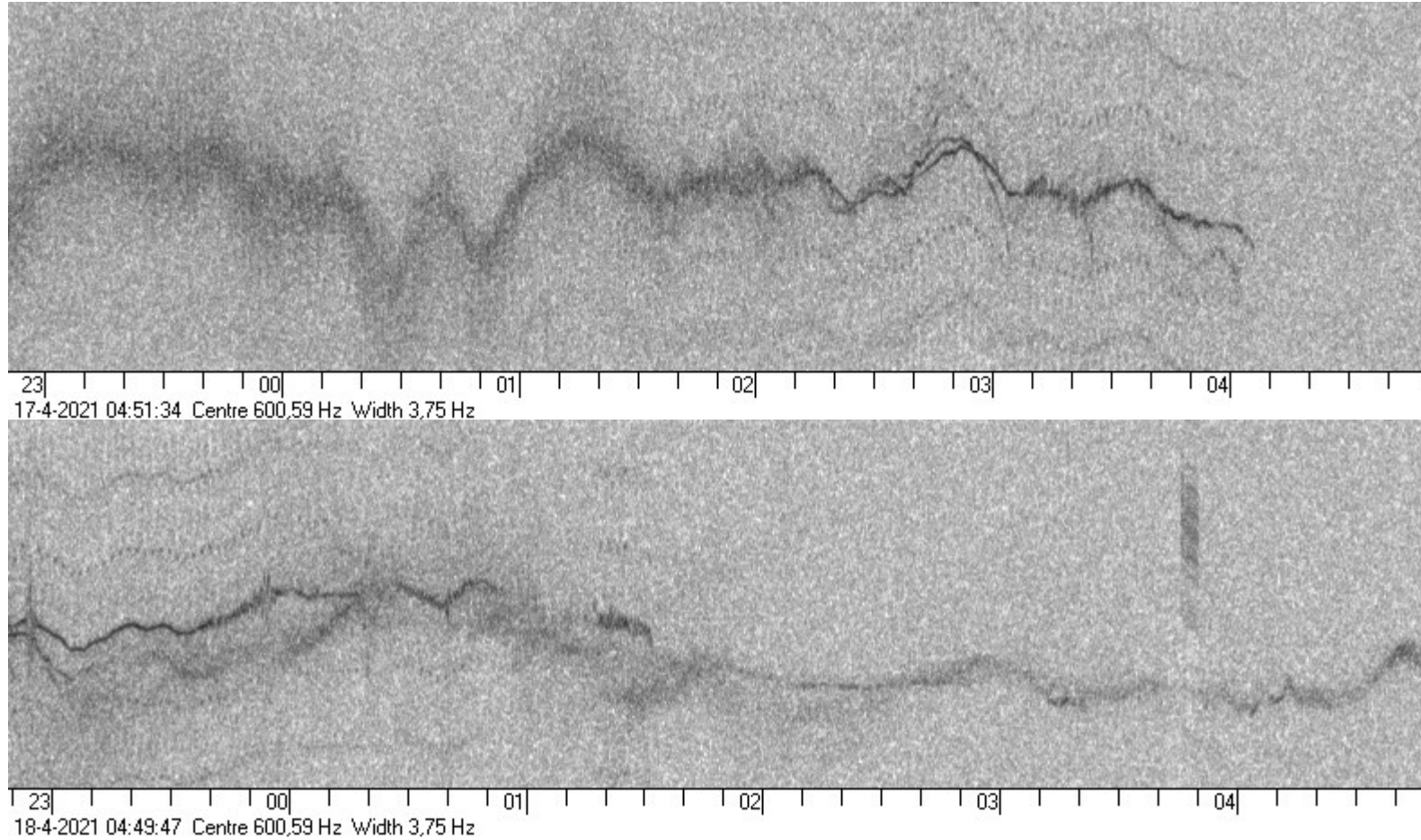
Meting 30 Hz en 3.7 Hz



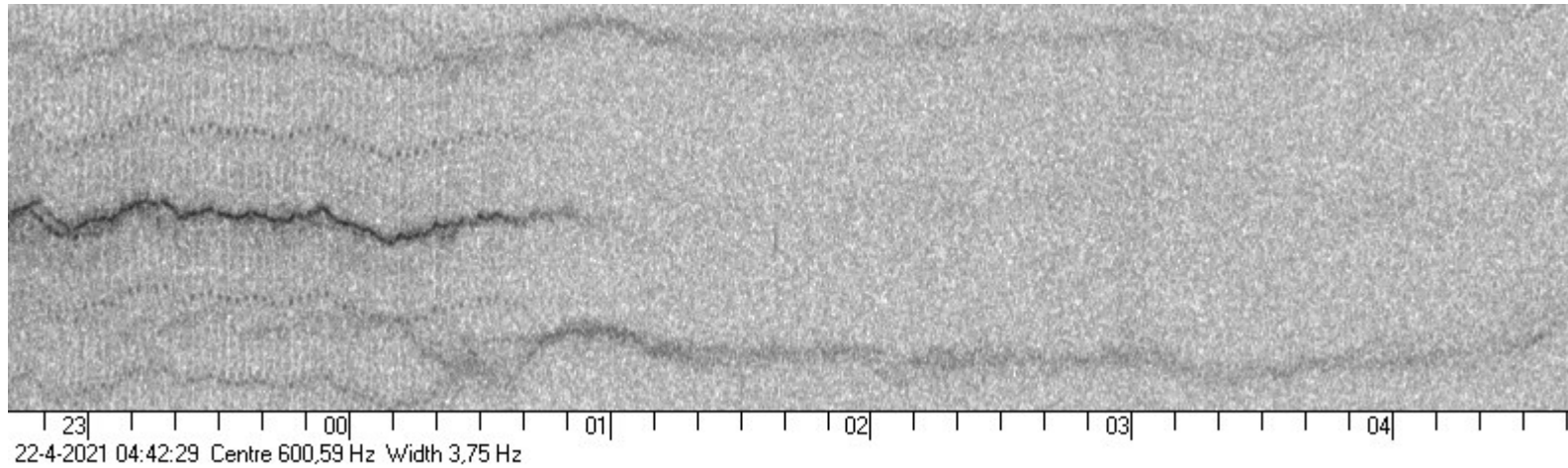
30 Hz, hoofdstuk nog onbegrepen ?



Grote verschillen



M reflectie



Enkele bevindingen

Gebruik van zeer smalle ontvang bandbreedte is de weg om het 10 milliwatt qrp signaal uit de ruis te halen en voldoende diep te kunnen meten

Dankzij SDR is ontvangst met filter van 0,5 Hz mogelijk maar met speciale software nog veel smaller maar dan wel langer integreren

Loopt tegen de ionosfeer doppler aan wat op zichzelf weer heel interessant is om te bekijken

Ionosfeer doppler in zomer anders dan in winter, in zomer is ionosfeer veel meer een gesloten wolkendek dan in winter

Enkele bevindingen

Werken met SBSpectrum geeft nog extra gevoeligheid, lang integreren nog 10 dB tot 15 dB extra winst

Gebruik 1 Hz Resolutie filter tov 100 Hz geeft 20 dB winst in s/n

Tov 3 kHz filter dus bijna 35 dB

Met SBSpectrum dus 45 dB tot 50 dB beter dan luisteren in SSB filter

Het gehoor kan ongeveer tot -16 dB s/n horen

SBSpectrum meet dus 30 dB dieper dan het zwakste wat je kan horen

Storing bewust

Sinds december 2018 dagelijks langdurig storing door DK2SC bovenop het signaal de OM had bepaald geen onbevlekt verleden

Veel opmerkingen op cluster tegen DK2SC over storen op verschillende banden, dx pedities of special callsigns.

Loopt al vanaf 2012

Ook op JT65 langdurig veel storing veroorzaakt

Ik heb eind maart 2019 klacht ingediend bij Bundesnetzagentur

In april en mei nogmaals, daarna eerste reactie dat men er mee bezig is

heeft tot medio 2020 geduurd voordat het gestopt is, **wel een forse demotivator**
erg jammer dat er geen exclusief stukje is voor bakens in 80 mtr band (IARU ??)

Onderdrukken lokale storing draaien loopantenne

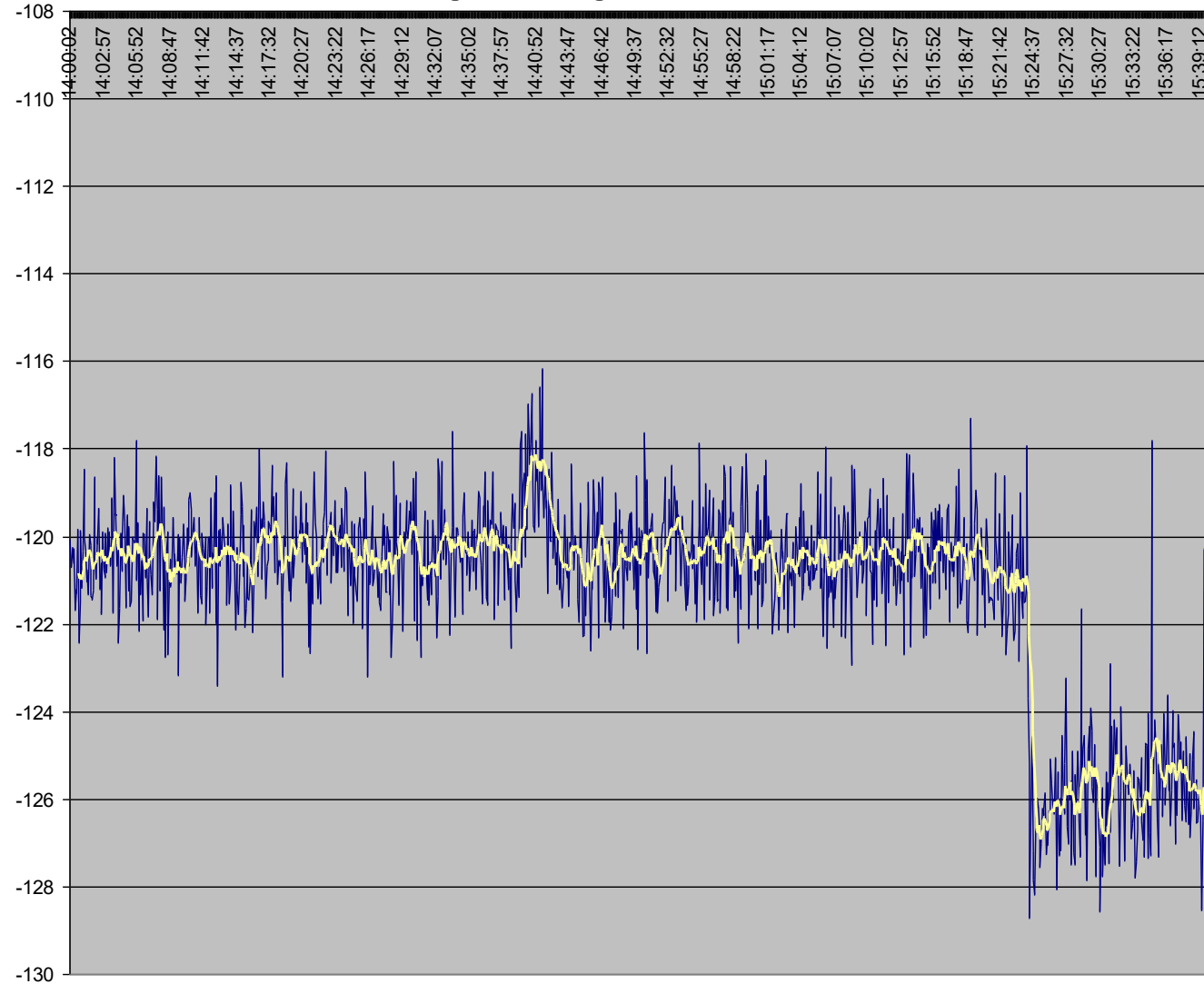
Merkte op een bepaald moment dat het signaal duidelijk zwakker was geworden S/N verhouding slechter dan voorheen

Bekend van een loopantenne dat deze heel scherpe nul in het stralingsdiagram hebben

Nooit iets mee gedaan omdat draaien van de loop geen effect geeft op ontvangst van de NVIS signalen

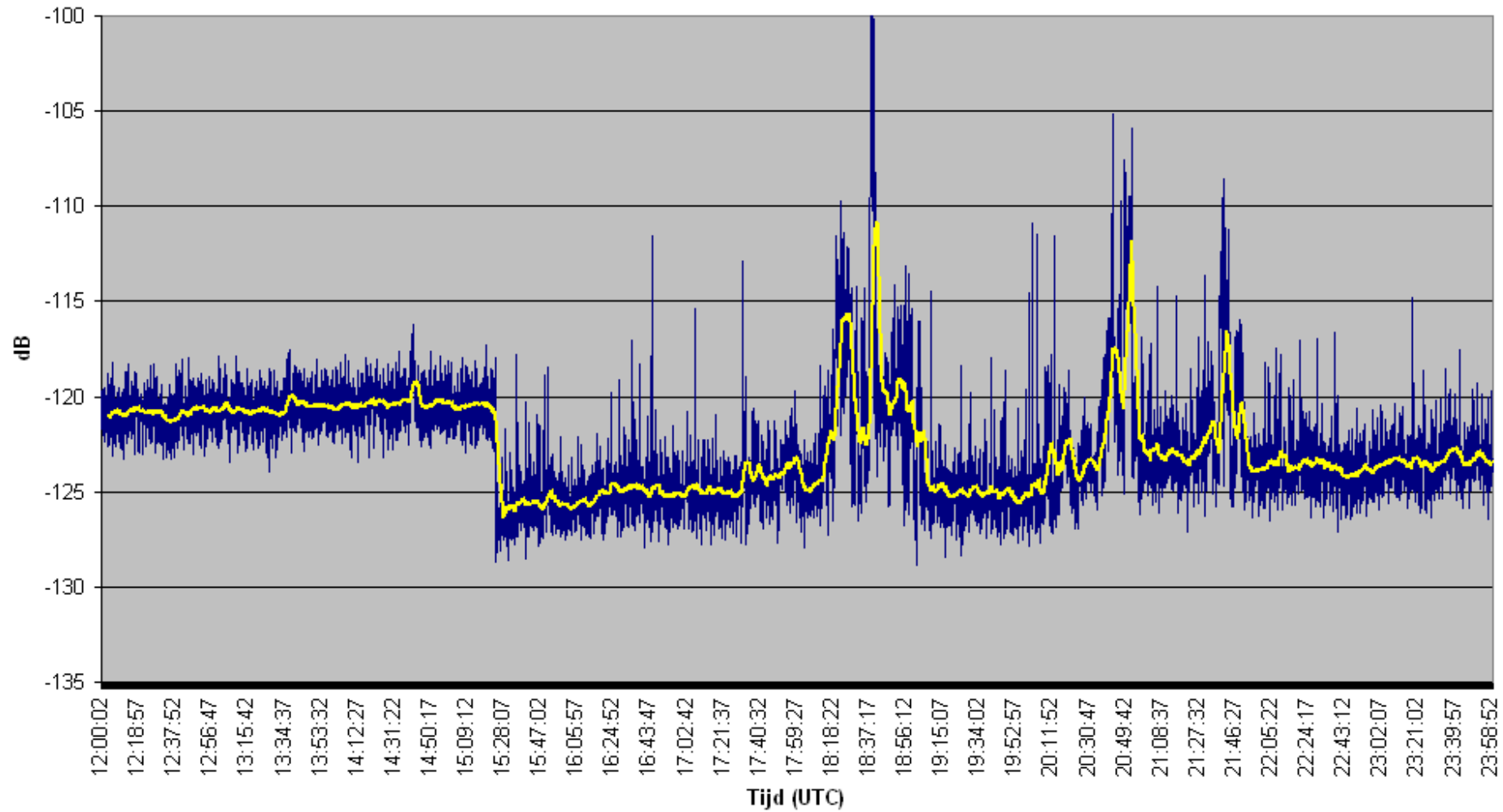
Nu toch maar eens de antenne gaan draaien en daarmee vond ik een heel scherp punt waarbij de ruis duidelijk lager werd

Uitrichten loop op minimum storing



Storingsonderdrukking draaien loop

storing onderdrukking uitrichten loop



Modificatie Perseus SDR

Had al heel lang het plan om de LO van de Perseus te stabiliseren door gebruik te maken van een GPSDO ipv de ingebouwde oscillator

Op internet een modificatie gevonden door W7MLG maar die vond ik nogal complex

Nadat ik een gelegenheid had om een extra Perseus aan te schaffen ben ik begonnen aan de door mij bedachte modificatie

Twee printspoortjes doorsnijden, twee draadjes solderen en een connector maken voor aansluiting extern zijn belangrijkste handelingen

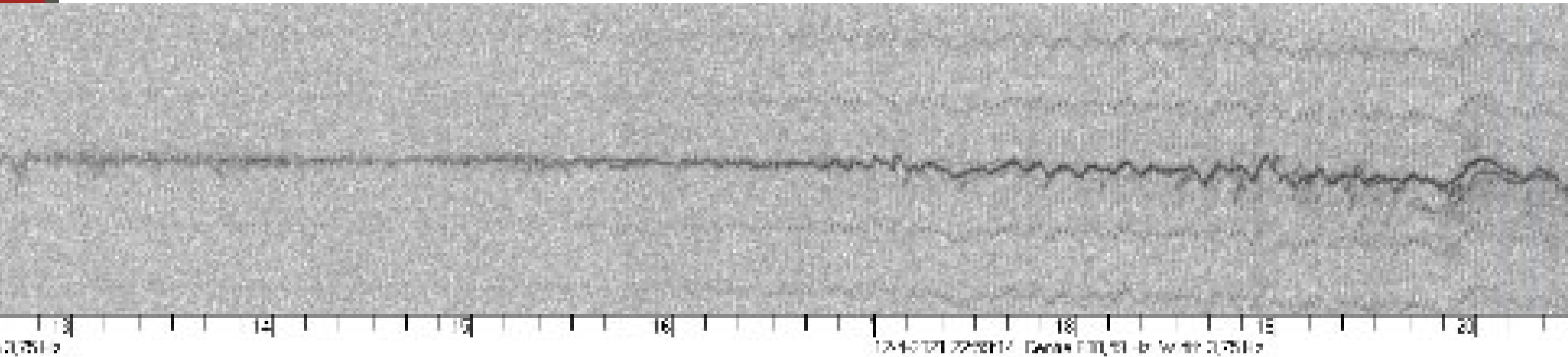
Daarna een GPSDO aansluiten op 80 MHz en testen en het werkt prima

De dagen daarna kon ik vrijwel meteen iets duidelijk zien wat tot voorheen wel vermoed werd maar wat ik niet voldoende hard kon maken omdat mijn eigen LO niet voldoende stabiel was

Nu zie je in de ontvangen signalen een duidelijke dagelijkse gang welke direct gerelateerd is aan de zon, opkomst, hoogste punt, ondergang.

Dagelijkse gang heel kleine afwijking

Dagelijkse gang door zon welke opkomt, dichterbij komt, hoogste stand en daarna verder weggaat en ondergaat afwijking in de orde van 0,1 Hz



Niks nieuws onder de zon

Interessant lectuur

Leerbuch der hochfrequenztechnik F Vilbig 4e auflage 1942, Ebay.de

Wel leuk om dit soort verschijnselen nu ook zelf te kunnen meten met amateur middelen

Zijn nog volop ideeën om de metingen uit te breiden

Het experiment gaat door

Tot zover mijn verhaal, vragen ?

The End

