

Att fånga upp bilder från vädersatelliter

-NOAA 15, 18 och 19 samt Meteor-M2



Elev: Lundqvist, Sara
Handledare: Grahn, Sofia och Richter, Cordula

Abstract

In this project, satellite signals were recorded from one of the analogue weather satellites NOAA 15, 18 and 19 and from the digital weather satellite Meteor-M2 using a homemade DCA (Double Cross Antenna) and the SDR (Software Defined Radio) NESDR SMARt. These signals were then translated to images showing both Sweden and the rest of Europe, using free software downloaded from the Web. The main purpose of this project was to see how different factors could affect the image quality and why. I also examined how the process of receiving images from the digital signals differed from the analogue signals, and investigated what the reason behind the differences was. Due to some complications occurring during the project, the project took about 100 hours to complete with a total cost of ~600 SEK. In order to build the antenna, the main materials needed were wood, copper, a male SMA-connector and coaxial cables.

Something I learned was how difficult it was to record digital signals, despite them being very similar to the analogue signals. I also learned that the software settings affected the image quality much more than any other factors did.

Innehållsförteckning	Sida
Abstract	2
1 Inledning	4
1.1 <i>Bakgrund</i>	4
1.2 <i>Frågeställningar</i>	4
1.3 <i>Syfte</i>	4
1.4 <i>Metod och material</i>	5
2 Avhandling	9
3 Avslutning	11
3.1 <i>Resultat</i>	11
3.2 <i>Diskussion</i>	11
3.3 <i>Slutsats/sammanfattning</i>	13
3.4 <i>Egen utvärdering</i>	13
Länkar	15
Källor	15
Bildkällor	16
Bilagor	17

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Jag har alltid fascinerats av rymden med alla dess enorma krafter och objekt, och av hur små vi är i förhållande till vår egna lilla obefintliga planet i det oändliga universum. Att få se jorden från rymden är min största dröm, och även om jag kanske inte blir en astronaut som åker upp dit kan jag åtminstone fånga upp satellitbilder över planeten.

Gymnasiearbetet är en möjlighet att lära sig mer om de satelliter som ständigt färdas över våra huvuden och den ofantliga mängd information som finns i luften som man annars kanske aldrig tänker på. Då projektet att fånga upp satellitbilder är avancerat, ger det en bra förberedelse inför vidare studier och arbete inom fysik och teknik.

1.2 Frågeställningar

1. Påverkar dopplereffekten bilderna och i sådana fall hur?
2. Går det att förbättra bildkvaliteten m.h.a. aluminiumfolie och varför?
3. Hur påverkas resultatet av moln?
4. Hur skiljer sig processen för att fånga upp bilder från Meteor-M2 med digital signal mot NOAA-satelliterna med analog signal?

Detta GA är framförallt kopplat till ämnena teknik och fysik. Inom fysiken ger det en bild av hur dopplereffekten och andra faktorer i omgivningen påverkar satellitbilden. Samtidigt kommer arbetet kräva både praktiska och teoretiska kunskaper, vilka är viktiga punkter i examensmålen. Dessutom får man se hur matematiken tillämpas i praktiken då man måste räkna ut våglängderna på satellitsignalerna för att anpassa måtten på antennen efter dem. Även problemlösningsförmågan och därmed kreativiteten sätts på prov.

1.3 Syfte

Syftet med arbetet är att ta reda på mer om hur antennen och programmen till antennen fungerar, samt hur yttre faktorer påverkar de olika signalerna och därmed bilderna. På så sätt får man en uppfattning om hur processen att fånga upp satellitbilder går till när man även i

verkliga arbetslivet jobbar med det.

1.4 Metod och material

Redovisning av arbetet gjordes i form av en muntlig presentation och denna rapport. Genom texten hänvisas det till bilagor i form av tabeller och bilder. Gymnasiearbetet avslutades med en opponering.

I detta arbete fångades satellitbilder upp från den digitala vädersatelliten Meteor-M2, samt den analoga vädersatelliten NOAA 19 med hjälp av en hemmagjord Double Cross Antenna. Bild på antenn finns i bilaga 1. Under rubriken Avhandling står det mer om analoga och digitala signaler. Bilder kan också fångas upp från NOAA 15 och 18 med samma metod som för NOAA 19. Till de analoga signalerna användes SDR:n¹ NESDR SMARt tillsammans med programmen SDRSharp som spelade in signaler, Audacity som ändrade frekvensen på inspelningarna till 11 025 Hz² och WxtoImg som tog fram bilderna. För de digitala signalerna från Meteor-M2 användes programmen enligt bilaga 3. Se information om programmen i bilaga 13. För antennens olika delar gäller mått och material enligt bilaga 1, där även verktygen som användes finns med. För att räkna ut måtten krävdes att man visste våglängden, då bl.a. dipolerna³ på antennen skulle vara $\frac{1}{2}$ våglängd långa, och två koaxialkablar (se bilaga 11) skulle vara $\frac{1}{4}$ våglängd längre än två andra som löddes fast på antennen. För att räkna ut våglängden användes formeln våglängd = våghastighet / frekvens. Våghastigheten för elektromagnetiska vågor motsvarar ljusets hastighet, d.v.s. ~ 300.000 km/s. Meteor-M2 hade frekvensen 137,9 MHz, NOAA-satelliterna låg på ~ 137 MHz⁴. Frekvensen var också viktig att veta för att hitta signalerna i SDRSharp. Satelliterna kunde spåras antingen genom hemsidan <https://www.n2yo.com/> eller med hjälp av programmet Orbitron. Inspelning av signalerna gjordes i detta projektet utomhus fyra gånger under hösten

1 SDR (Software Defined Radio) är enligt "SDR-Radio", <https://www.sdr-radio.com/>, hämtat vt 2019, "ett radiokommunikationssystem där komponenter som annars implementeras i hårdvaran" [...] (filter, förstärkare, modulator o.s.v.) "istället implementeras med en programvara på en persondator eller i inbyggda system". Citat översatt från engelska till svenska.

2 Frekvensen (Hz eller hertz) är ett mått på antalet svängningar en våg har i sekunden. Exempelvis motsvarar 10 Hz 10 svängningar per sekund. MHz betyder megahertz, eller en miljon Hertz. Alltså motsvarar 137 MHz 137 miljoner svängningar på vågen per sekund.

3 En dipol motsvarar en ände på antennen som består av 2 koppartrådar.

4 Atkin, Justin m.fl., "How to Pull Images from Satellites in Orbit (NOAA 15,18,19 and METEOR M2)", https://www.youtube.com/watch?v=cjCITnZ4Xh4&list=PLX_ue17EpGfMaG8md5jFzDprWSEn7JGqZ&index=3, 7 mars 2017, hämtat ht 2018.

och vintern 2018 på ett öppet område i närheten av skogen, där det fanns få störande signaler och få hinder i omgivningen.

Manlig SMA-kontakt (se bilaga 10) löddes fast på en koaxialkabel för att koppla den till SDR:n. I detta projekt beställdes SMA-kontakter speciellt anpassade för att lödas fast, där pinnen som ska vara i mitten av kontakten först drogs över koaxialkabelns mittledare och löddes fast (se bilaga 11), innan sedan resten av kontakten drogs över pinnen och löddes fast i skärmen på kabeln. Samtliga kablar löddes fast till antennen enligt kopplingsschemat i bilaga 2. Träpinnar användes som stöd till dipolerna, buntband höll kvar dipolerna på pinnarna. Träpinnarna spikades i sin tur fast på ett träkors (se bild i bilaga 1), efter det att träkorset och ställningen den stod på var färdig. Träpinnarna hade också diameter, vilket var viktigt att tänka på då det totalt skulle vara 54,7 cm mellan motstående dipoler. Längden på träpinnarna var oviktig, men motsvarade ungefär längden av en penna. För att knipsa av koppartrådarna som användes till dipolerna användes ett stämjärn och en hammare, men även en stark avknipsare hade gått bra. Trådarna böjdes sedan ut och hamrades på för att bli så raka som möjligt.

Träkorset byggdes genom att spika fast två träplankor på varandra i formen av ett kors (det hade även gått bra att skruva fast dem). Korset placerades sedan på en trä-hals som stod upp med hjälp av en "fot". På foten ställdes sedan tunga stenar för att antennen ej skulle blåsa omkull. I detta arbete användes en fot som även den var byggd som ett kors enligt följande bild:



Privat bild, tagen ht 2018. Visar fot på antennen.

För att testa om bildkvaliteten kunde förbättras laddades SDR:n NESDR SMARt in i aluminiumfolie så att foliet nuddade vid USB-kontakten till datorn, innan foliet sedan jordades - d.v.s. kopplades till marken med en strömförande ledare. Detta skulle bilda en slags "faraday-bur", som är en bur som stänger ute signaler och därmed i teorin hade minskat påverkningen radiosignaler i omgivningen hade på satellitsignalen.

För att undersöka hur moln påverkade resultatet så fångades flera bilder upp under olika väderförhållanden, som sedan jämfördes med varandra. I detta projekt fångades fyra bilder upp. Väderförhållandena var molnigt, klart och regnigt. Satellitsignalerna gick att spela in i ca. en kvart då satelliten passerade. Förberedelserna inför inspelningarna gjordes ca. en halvtimme innan. Vid ett tillfälle då signaler spelades in från NOAA 19 när det var en stjärnklar natthimmel, sågs en ljusprick färdas förbi på himlen som möjligtvis var självaste satelliten.

Även dopplereffektens inverkan på resultatet undersöktes genom att observera vad som hände då bilderna togs fram. För att läsa om dopplereffekten, se under rubriken Avhandling.

Vid undersökning om bilder från Meteor-M2 kunde fångas upp, spelades både Audio och Baseband in i SDRSharp vid olika tillfällen. Basbandet kan läsas om under rubriken Avhandling. Signalerna spelades också in både då selektorn⁵ i SDRSharp justerades manuellt så signalerna hölls centrerade i den - det går att skapa egna Plug-in:s/tilläggsprogram för detta - och då selektorn bara stod stilla så signalerna fick färdas inom selektorns frekvensområde. Detta då signalerna ändrade frekvens i och med dopplereffekten.

För att kontrollera så programmen fungerade som de skulle laddades IQ-filer/redan inspelade satellitsignaler ned från nätet. Plug-in:et IF-recorder behövdes för att skapa egna IQ-filer.

Min huvudsakliga källa har varit kanalen The Thought Emporium av Atkin, Justin, Licina, Gabriel och Korniakova, Vesta, vilka har lagt upp instruktionsvideorna "How to Pull Images from Satellites in Orbit (NOAA 15,18,19 and METEOR M2)" (7 mars 2017) och "Receiving Images From Satellites Part 2: Decoding and Demodulating NOAA and METEOR Transmissions" (29 maj 2017) på Youtube. De har även en instruktionsbeskrivning på hemsidan Instructables, <https://www.instructables.com/>. Deras videos gav en bra överblick

5 Selektorn utgör det frekvensområde som man väljer att spela in signaler inom.

över hur man skulle bygga antennen, samt hade kommentarer som förstärkte deras trovärdighet. Dock behövde jag använda mig av fler källor och min kreativitet för att lösa problem som uppstod på vägen. Exempelvis tog jag reda på hur man kunde förbättra bildkvaliteten genom att ändra inställningen RF Gain i SDRSharp, och klurade på hur man skulle fånga upp bilder från Meteor-M2. Detta eftersom de Plug-in:s som användes i instruktionsvideorna till Meteor-M2 fanns på virussidor och eftersom jag åtminstone till en början misslyckades få fram bilder genom att spela in Baseband.

Totalt tog arbetet ca. 100 h att genomföra och kostade ca. 600 SEK.

2. Avhandling

Skillnaden mellan de analoga signalerna från NOAA-satelliterna och den digitala signalen från Meteor-M2, är att medan hela den analoga signalen innehåller information om hur bilden ska se ut, så ses endast sektioner av den digitala signalen som viktiga. Hos en digital signal motsvarar en 1:a ett värde över x och en 0:a ett värde under x , eller tvärtom. Detta gör att den digitala signalen kan innehålla mer information än vad en analog signal kan - som exempelvis information om färg. För övrigt ser en digital signal ungefär likadan ut som en analog signal och kan aldrig bli en "perfekt" digital signal där signalen hoppar direkt från topp till dal på vågen mellan två bestämda värden, bara nästan.⁶ (Se bilaga 12.) Skillnaderna gör dock att processen för att fånga upp bilder från Meteor-M2 blir något annorlunda än från NOAA-satelliterna, och dessa signaler måste dessutom demoduleras⁷. En möjlig lösning på detta hade varit att spela in Baseband istället för Audio, eftersom basbandet ska representera den omodulerade/ursprungliga signalen. I detta gymnasiearbete spelades därför både Audio och Baseband in vid olika tillfällen.

För alla signaler finns det vissa hinder de inte klarar av att ta sig igenom. Om man tar exemplet ultraljud, har de en sådan frekvens att de kan ta sig igenom vissa kroppsvävnader och material, men inte alla. Detta kallas för akustisk impedans, och är vad som gör det möjligt att se en bild på barnet i magen.⁸ Därmed är det även möjligt att moln kan förhindra vissa signalfrekvenser på satellitsignalen från att ta sig igenom dem, vilket leder till en sämre signalstyrka och sämre bildkvalitet.

Syftet med att bilda en slags "faraday-bur"/bur som stänger ute radiosignaler kring SDR:n, är att elektromagnetiska signaler från omgivningen annars skapar en slags ström i SDR:n som skickar impulser till datorn och programmen om deras utseende. Detta riskerar störa signalerna från de satelliter vi vill fånga upp bilder ifrån. Med aluminiumfoliet kring SDR:n och jordat, kan man alltså leda bort den här överflödiga strömmen från SDR:n och förhindra

6 Eriksson, Henrik (Elgot), Civilingenjör Linköping, <https://www.sweclockers.com/forum/trad/1225158-vad-ar-definitionen-av-en-digital-och-en-analog-signal>, 2013-07-24. Hämtat ht 2018.

7 Att demodulera, innebär att man hämtar den originella informations-signalen (i detta fall den binära datan av 1:or och 0:or) m.h.a. en bärvåg (våg som moduleras/ändras för att bära ett meddelande om en signal, eller i detta fall 1:or och 0:or, genom ett medium som luft eller vakuum).

8 Gustafsson, Jörgen, *Fysik - Fysik 1 och Fysik 2*, Poland 2017. Hämtad ht 2018.

att den stör signalerna/strömmen från antennen.^{9 10}

Dopplereffekten är den effekt som uppstår då en källa i rörelse mot eller ifrån dig sänder ut en signal. Avståndet mellan signalens "våg-svängningar" blir då kortare när objektet färdas mot dig, och längre när objektet färdas ifrån dig vilket resulterar i en förändring av frekvensen.¹¹ Denna ändring i frekvens kan eventuellt påverka utseendet av bilden som fångas upp, genom att möjligtvis få den att börja luta på sig.

Att vågorna ändrar frekvens, beror inte på att objektets egna frekvens skulle ändras. Objektet har samma frekvens som innan, skillnaden är dock att om objektet är i rörelse mot dig och därmed mot samma riktning som vågorna, så bildas vågorna tätare på varandra - även om skillnaden i tid för att bilda en våg är densamma/objektets egna svängning är detsamma - vilket leder till ökad frekvens. Om man ser till ljudvågor, knuffar alltså objektet på luften och bildar på så sätt vågor i samma takt som innan, men vågorna bildas tätare på varandra. Samma sak fast tvärtom sker när objektet färdas ifrån dig.

9 Atkin, Justin, m.fl., "How to Pull Images from Satellites in Orbit (NOAA 15,18,19 and METEOR M2)", https://www.youtube.com/watch?v=cjCITnZ4Xh4&list=PLX_ue17EpGfMaG8md5jfzDprWSEn7JGqZ&index=3, 7 mars 2017, Hämtat ht 2018.

10 <http://www.radioforeveryone.com/p/reducing-electrical-noise.html?m=1>, bloggare. Hämtat ht 2018.

11 Gustafsson, Jörgen, *Fysik - Fysik 1 och Fysik 2*, Poland 2017. Hämtad ht 2018.

3. Avslutning

3.1 Resultat

Då satelliten passerar förbi, gör dopplereffekten att frekvensen ändras på signalen. Detta påverkar dock ej bilderna från NOAA-satelliterna så länge selektorn i SDRSharp har ett frekvensområde något större än signalens (ca. 50 kHz) för att kompensera för dopplereffekten.

För att få fram bilder från Meteor-M2, tycks signalen behöva hållas centrerad i selektorn även då Baseband spelas in. Är dock möjligt att fånga upp bilder från Meteor-M2 med en Double Cross Antenna. Se bilaga 8 för resultat.

Aluminiumfolie tycks ej förbättra bildkvaliteten.

För att se hur moln påverkar bilderna från NOAA-satelliterna, se bilaga 4-7.

3.2 Diskussion

För att svara på fråga 1 och 4 under rubriken frågeställningar och se varför man kan fånga upp bilder från de analoga NOAA-satelliterna utan att flytta selektorn i sidled efter dopplereffekten i SDRSharp, men ej från Meteor-M2, måste vi återigen ta en titt på vilka skillnader som finns i både signalerna och programmen som används.

Som nämnts tidigare delar man in digitala signaler i sektioner där exempelvis ett värde över x motsvarar 1, ett värde under x motsvarar 0. Om vi antar att dessa 1:or och 0:or avgörs beroende på skillnaderna mellan signalens olika frekvenser, så kan det vara en rimlig förklaring till varför SDRSharp måste vara kopplad till programmet Orbitron som spårar satelliterna i realtid och justerar selektorn efter satelliternas position under inspelningen. Detta för att räkna ut vad skillnaden i frekvensen på vågens olika delar hade varit om de varit opåverkade av dopplereffekten, och på så sätt få fram 1:orna och 0:orna. Dock bör jag vara tydlig med att detta endast är mina egna spekulationer och att jag ej lyckats finna källor som varken stödjer detta, eller föreslår en annan orsak till varför inspelningen av den digitala signalen kompliceras på detta vis.

Som konstaterats kan man ändå fånga upp bilder från Meteor-M2. Varför det inte fungerade att spela in basbandet, kan bero på felkällor som att signalen var för svag p.g.a. olika hinder som hus, träd, moln eller markstrålning. I sådana fall minskar detta trovärdigheten även i mitt tidigare testresultat om att selektorn måste justeras efter signalen i realtid oavsett om Audio eller Baseband spelas in. En möjlighet är att jag faktiskt hade Baseband iklickad då jag spelade in den signal som gav en liten bild, utan att jag noterade det. Varför jag inte utesluter detta är för att det annars nog är svårt att få fram en bild genom att justera selektorn manuellt - lite beroende på hur stor felmarginal det får vara för att signalen ska kunna betraktas som centrerad. Dock kan konstateras att jag aldrig märkte någon skillnad på vågens utseende i SDRSharp oavsett om Audio eller Baseband spelades in.

En annan orsak till att det var så svårt att få fram en bild från Meteor-M2, och till att den bild jag fick är ganska otydlig, kan vara att antennen var byggd efter signaler på ca. 137 MHz och ej Meteor-M2:s 137,9 MHz. Men trots detta så lyckades jag spela upp musik från radion på lägre frekvenser än så (ca. 104 MHz). För att göra detta, är allt som krävs att du har igång ljud i SDRSharp och placerar selektorn över radiosignalerna, så hör du musiken omedelbart. I SDRSharp visades även signaler med högre frekvenser än så. Programinställningarna kan också vara en möjlig förklaring till varför bilden från Meteor-M2 inte var så tydlig.

Då det kommer till fråga 2 under rubriken frågeställningar, om man med aluminiumfolie lindat kring SDR:n kan förbättra signalkvaliteten och därmed även bildkvaliteten, så blir resultaten väldigt osäkra men lutar åt ett nej (se bilaga 9). Osäkerheten beror på att SDR:n aldrig kopplades till antennen när den lindades in och jordades för att jag skulle hålla mig inom tidsramen 100 h. Därmed hade jag endast skillnaden i styrkan från bruset av den kosmiska bakgrundsstrålningen att gå på.

Vad gäller huruvida moln påverkar signalerna eller ej - fråga 3 under rubriken frågeställningar - så är resultaten även här aningen osäkra men tyder på att mycket moln och regn kan påverka något. Detta då bilderna som fångats upp har haft högre kvalitet ju mindre moln det varit - se bilaga 4-7. Orsaken till den tjocka linjen av brus längst ned i bilaga 5 är att jag under en kort stund vid inspelning råkade flytta selektorn i SDRSharp ur frekvensområdet där signalen var. Övriga brus beror på andra faktorer.

Orsaken till att moln stör signalen men inte slår ut den helt och hållet, måste bero på att det endast är vissa frekvenser av satellitens signaler som stoppas av molnen (se under rubriken Avhandling). För övrigt är det förståeligt om de elektromagnetiska vågorna är anpassade för att störas så lite som möjligt av stormar m.m. för att kunna ge väderrapporter även vid dessa tillfällen.

3.3 Slutsats/sammanfattning

Dopplereffekten ändrar frekvensen på signalerna, vilket knappt påverkar processen för att fånga upp bilder från de analoga signalerna men gör det svårare att fånga upp bilder från de digitala signalerna. Detta då de digitala signalerna ser annorlunda ut än de analoga signalerna för att man på så sätt ska kunna lagra och skicka över information på två olika sätt.

Moln påverkar troligtvis bilderna, men endast lite då det troligtvis bara är vissa frekvenser av signalerna som hejdas av molnen, medan de flesta signal-frekvenserna kan ta sig igenom molntäcket.

Aluminiumfolie lindat kring SDR:n påverkar troligtvis ej signalkvaliteten, men kan möjligtvis göra det om det är många störande signaler i omgivningen eller utrustningen är känsligare.

3.4 Egen utvärdering

För att få säkrare testresultat hade fler tester behövt göras, vilket hade krävt mer än ca. 100 h arbete. Detta är värt att tänka på i framtida projekt där man har en tidsram att förhålla sig till. Det bästa hade varit om jag valt att istället undersöka en eller ett par enklare frågeställningar, alternativt samarbetat med någon annan för att öka arbetstakten.

Ett annat sätt som arbetet kunde ha gjorts bättre på - vad gäller källkritik - vore om alla källor jag använde hade varit trovärdiga källor (nyligen uppdaterade, detaljrika och trovärdiga, har med författare o.s.v.). Nu valde jag endast att försöka hitta så bra huvudkällor som möjligt.

Överlag är jag ändå mer än nöjd med min insats och tyckte detta var bland det häftigaste och roligaste jag gjort. Möjliga undersökningar inför framtiden kan vara hur längden på

koaxialkablarna påverkar resultatet, om materialet dipolerna är gjorda av har någon inverkan och även deras tjocklek, samt även om bilder kan fångas upp från samma satelliter med samma program, men med andra antenner. Om man dessutom vill avancera projektet lite så kan den med en hemmagjord eller från Altelix köpt "2.4GHz 24dBi Directional Grid Parabolic Antenna" och SDR:n HackRF One fånga upp bilder från satelliterna GOES-15, 16 och 17 samt Himawari 8 HRIT, vilka bl.a. tar bilder på hela jordklotet och på solen. Planen är att fortsätta med detta som ett sommarprojekt, förutsatt att tid och pengar finns för det.

Ett annat sätt att fortsätta arbetet på hade även kunnat vara att undersöka vad mer för signaler och information det är som man kan spela in - antingen från samma satelliter eller andra objekt. Vet bl.a. att man ska kunna kommunicera med varandra, lyssna av osäkra telefonlinjer, samt kunna spela in signaler från bilnycklar som man sedan kan spela upp igen och låsa upp bilen med, förutsatt att man har rätt program, antenn och SDR. Väljer man att spela in signaler från sin bilnyckel, så krävs för enkelhetens skull att bilnyckeln har en "Fixed Code". D.v.s. att signalen från bilnyckeln ej ändras för att undvika hackare, utan alltid är densamma.

Länkar:

1. Audacity: <https://www.audacityteam.org/download/windows/>
2. [Klart.se](http://klart.se)
3. Ladda ned IQ-fil till Meteor M2 (behöver extraheras):
[https://www.sigidwiki.com/wiki/Low_Rate_Picture_Transmission_\(LRPT\)](https://www.sigidwiki.com/wiki/Low_Rate_Picture_Transmission_(LRPT))
4. Lista över olika Plugins: <https://www.rtl-sdr.com/sdrsharp-plugins/>
5. LRPTimageprocessor: <http://www.satsignal.eu/software/LRPT-processor.html>
6. LRPTofflinedecoder: <http://185.26.115.106/>
7. LRPTrx: <https://www.dropbox.com/s/qq1fjyitpa3j14o/software.zip>
8. Länk att ladda ned Orbitron ifrån borttagen av säkerhetsskäl.
9. Plugin, IF-Recorder: <http://www.rtl-sdr.ru/page/dobavlen-novyj-plugin-if-recorder>
10. SDRSharp: <https://airspace.com/download/>
11. Smooth Meteor: <http://leshamilton.co.uk/meteor3m.htm>
12. Spåra satelliter Live: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=33591>
13. WXtoimg:
<https://web.archive.org/web/20171209052450/http://www.wxtoimg.com:80/downloads/>

Källor:

1. Administratör, "RTL-SDR TUTORIAL: DECODING METEOR-M2 WEATHER SATELLITE IMAGES IN REAL-TIME WITH AN RTL-SDR", <https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-tutorial-decoding-meteor-m2-weather-satellite-images-in-real-time-with-an-rtl-sdr/>, 11 maj, 2015. Hämtat ht 2018.
2. Administratör, "RTL-SDR TUTORIAL: RECEIVING NOAA WEATHER SATELLITE IMAGES", <https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-tutorial-receiving-noaa-weather-satellite-images/>, maj 2013. Hämtat ht 2018.
3. Atkin, Justin m.fl., "How to Pull Images from Satellites in Orbit (NOAA 15,18,19 and METEOR M2)", https://www.youtube.com/watch?v=cjCITnZ4Xh4&list=PLX_ue17EpGfMaG8md5jfzDprWSEn7JGqZ&index=3, 7 mars 2017, hämtat ht 2018.
4. Atkin, Justin, m.fl., "Receiving Images From Passing Weather Satellites (NOAA and METEOR M2) Using a Cheap SDR", <https://www.instructables.com/id/Receiving-Images-From-Passing-Weather-Satellites-N/>. Hämtat ht 2018.
5. Atkin, Justin, m.fl., "Receiving Images From Satellites Part 2: Decoding and Demodulating NOAA and METEOR Transmissions", https://www.youtube.com/watch?v=L3ftfGag7D8&index=5&list=PLX_ue17EpGfMaG8md5jfzDprWSEn7JGqZ&t=1s, 29 maj 2017. Hämtat ht 2018.
6. Martes, Gerald, "Double Cross - A NOAA Satellite Downlink Antenna", <http://www.qsl.net/py4zbz/DCA.pdf>, feb 2008. Hämtat ht 2018.
7. MKme Lab, "High Detail Weather Images from Russian Meteor M2 Satellite Using SDR", <https://www.youtube.com/watch?v=ivQ0QuXBFsU>, 8 nov 2014. Hämtat ht 2018.
8. Okänd bloggare, "Radio for Everyone", <http://www.radioforeveryone.com/p/reducing-electrical-noise.html?m=1>. Hämtat ht 2018.

9. RCModelReviews, "FPV: Soldering SMA connectors to RG402 coax", <https://www.youtube.com/watch?v=yFEzE1H9kgQ>, 11 sep 2014. Hämtat ht 2018.
10. SDRaus, "SDR# Sharp Installation on Windows", <https://www.youtube.com/watch?v=CiBH5XJOqUw&t=44s>, 24 maj 2016. Hämtat ht 2018.
11. "SDR-Radio", <https://www.sdr-radio.com/>, hämtat vt 2019
12. SignalsEverywhere, "How To Record an IQ File In SDRSharp", <https://www.youtube.com/watch?v=RWfpELT5m3Q&t=182s>, 7 juni 2017. Hämtat ht 2018.
13. Sweclockers, Henrik Eriksson (Elgot), Civilingenjör Linköping, 2013-07-24. Hämtat ht 2018.

Bildkällor:

1. "3.1 Analog and Digital", <http://computerscience.chemeketa.edu/cs160ReaderOld/Binary/Analog.html> . Hämtad vt 2019.
2. Atkins, Justin, m.fl., "Receiving Images From Satellites Part 2: Decoding and Demodulating NOAA and METEOR Transmissions", https://www.youtube.com/watch?v=L3ftfGag7D8&list=PLX_ue17EpGfMaG8md5jfzDprWSEn7JGqZ&index=4, 29 maj 2017. Hämtat ht 2018.
3. Caesar m.fl., "Koaxialkabel", <https://sv.wikipedia.org/wiki/Koaxialkabel>. Senast uppdaterad 25 juli 2016. Hämtad ht 2018.
4. Martes, Gerald, "Double Cross - A NOAA Satellite Downlink Antenna", <http://www.qsl.net/py4zbz/DCA.pdf>, feb 2008. Hämtat ht 2018.
5. Privat arkiv, bilder och tabeller, ht 2018 och vt 2019.
6. TecknologyUK, "Digital Signals", <http://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom-principles/digital-signals.shtml> . Hämtad vt 2019.
7. Uwe W., "File:NOAA-M.jpg", <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOAA-M.jpg> , 23 April 2006, hämtad ht 2018.

4 Bilagor

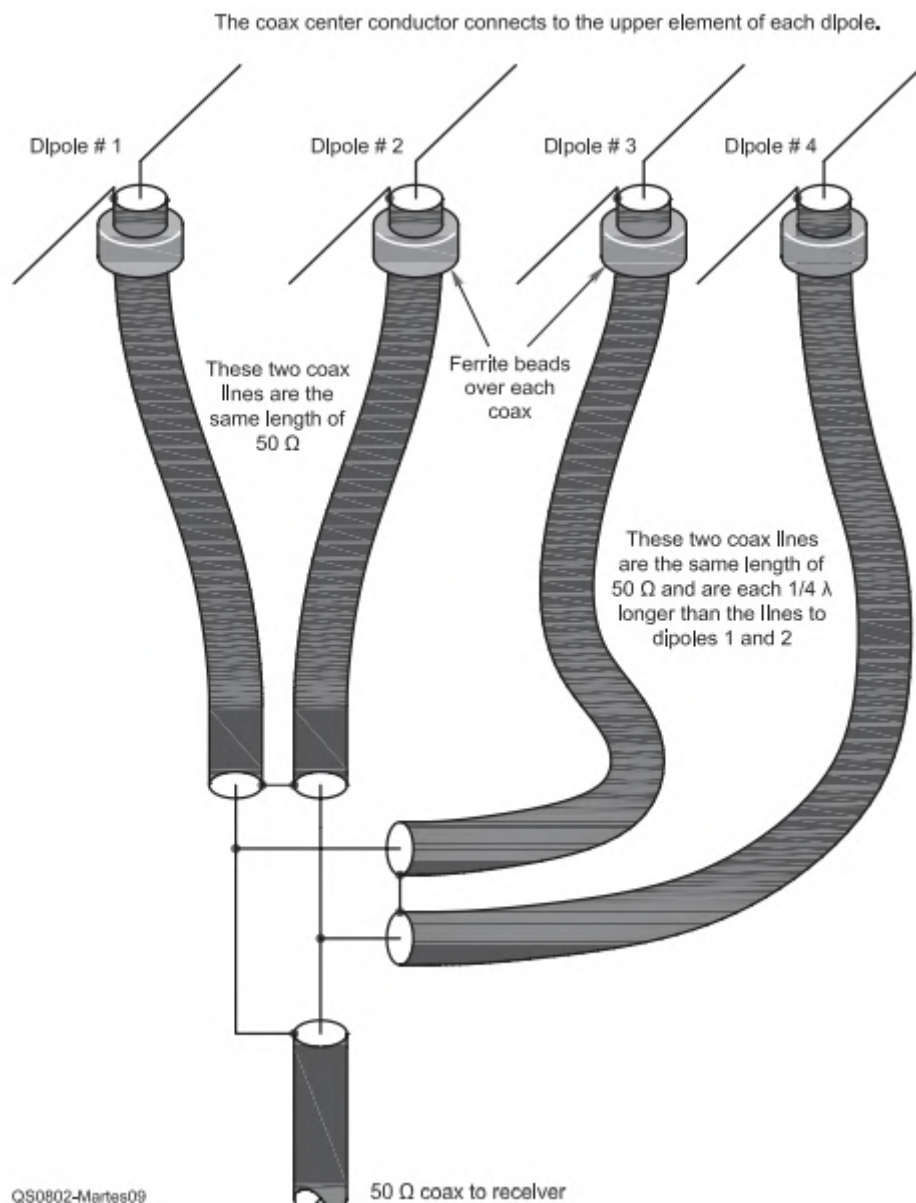
Bilaga 1.

Del av antennen	Material/materiel	Mått
Trådar till dipoler (2 trådar/dipol)	Koppartråd	8 st 54,7 cm långa ($\frac{1}{4}$ våglängd), 0,5 cm i diameter. Dipoler lutas 30 grader moturs från att vara vertikala för att passa in med vågen som är "right-hand circularly polarized".
Kablar	Koaxialkabel, 50 Ohm	2 st 109,4 cm ($\frac{1}{2}$ våglängd), 2 st 54,7 cm ($\frac{1}{4}$ våglängd) + 1 längre kabel att koppla mellan SDR och antenn.
Ställning mellan dipoler. Dipoler markerade i ordningen 1, 4, 2, 3.	Trä alt. plast	54,7 cm ($\frac{1}{4}$ våglängd) mellan varje dipol + hals och fot till antennen enligt följande bild över min hemmagjorda antenn:  <i>DCA (Double Cross Antenna).</i> <i>Privat bild, tagen ht 2018.</i>

Verktyg
Avknipsare alt. stämjärn och hammare, måttband/måttstock, gradskiva (går bra i mobilen), hammare eller skruvmejsel/elektrisk borr, såg, kniv till koaxialkablarna, eltejp för att

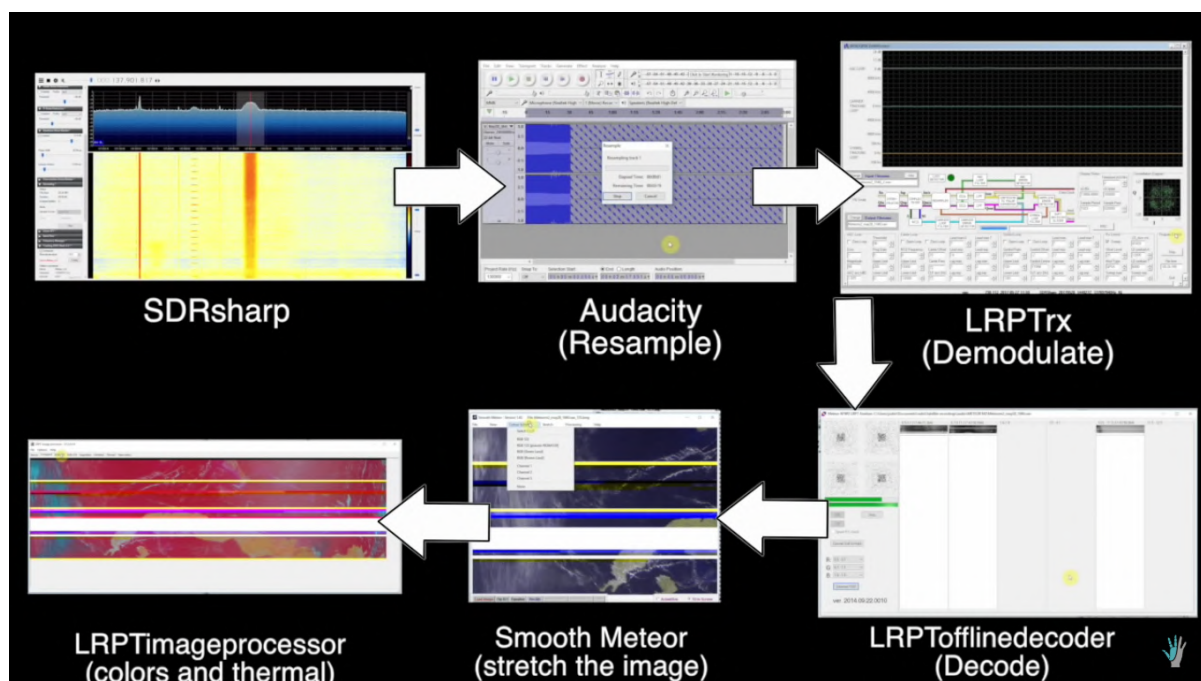
undvika kortslutning mellan kablar, buntband, manlig SMA-kontakt, lödkolv, lödtråd, sandpapper för att putsa bort eventuellt korrosions-lager på koppartrådar.

Bilaga 2.



Martes, Gerald, "Double Cross - A NOAA Satellite Downlink Antenna",
<http://www.qsl.net/py4zbz/DCA.pdf>, feb 2008. Hämtat ht 2018.

Bilaga 3.



Atkins, Justin, m.fl., "Receiving Images From Satellites Part 2: Decoding and Demodulating NOAA and METEOR Transmissions", https://www.youtube.com/watch?v=L3ftfGag7D8&list=PLX_ue17EpGfMaG8md5jfzDprWSEn7JGqZ&index=4, 29 maj 2017. Hämtat ht 2018. För Meteor-M2 ändras frekvensen på inspelningarna till 300 000 Hz i Audacity.

Bilaga 4.

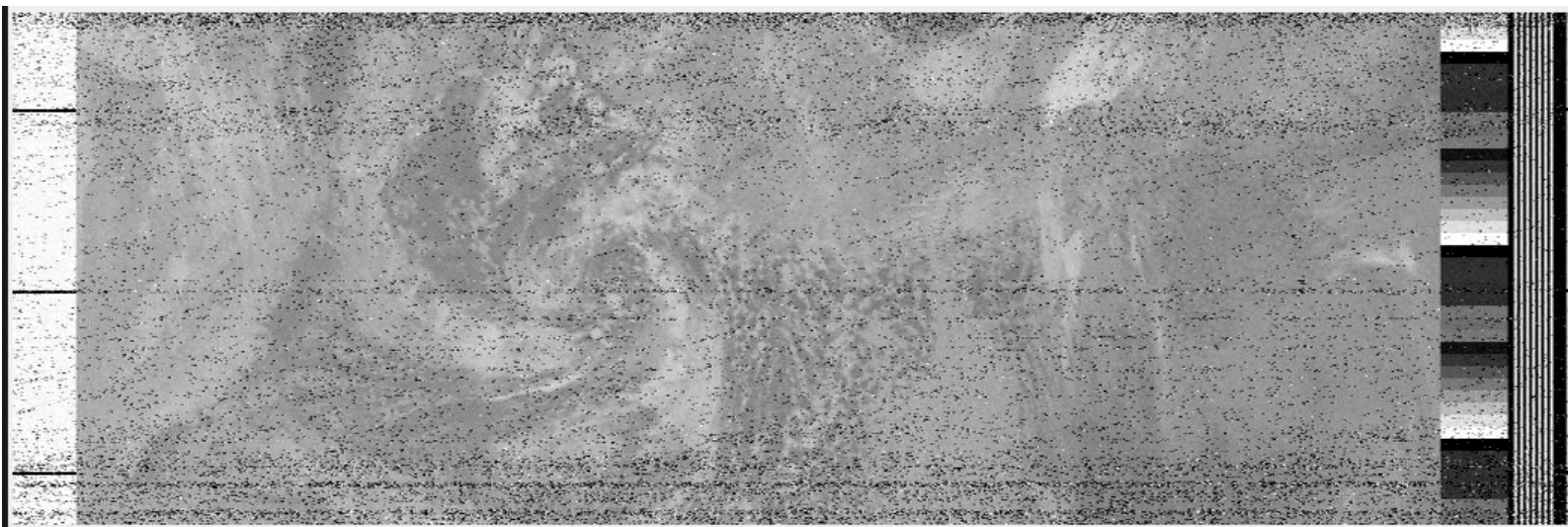


Bild från NOAA 19 över okänt område. Privat bild, tagen ht 2018.

Bilaga 5.

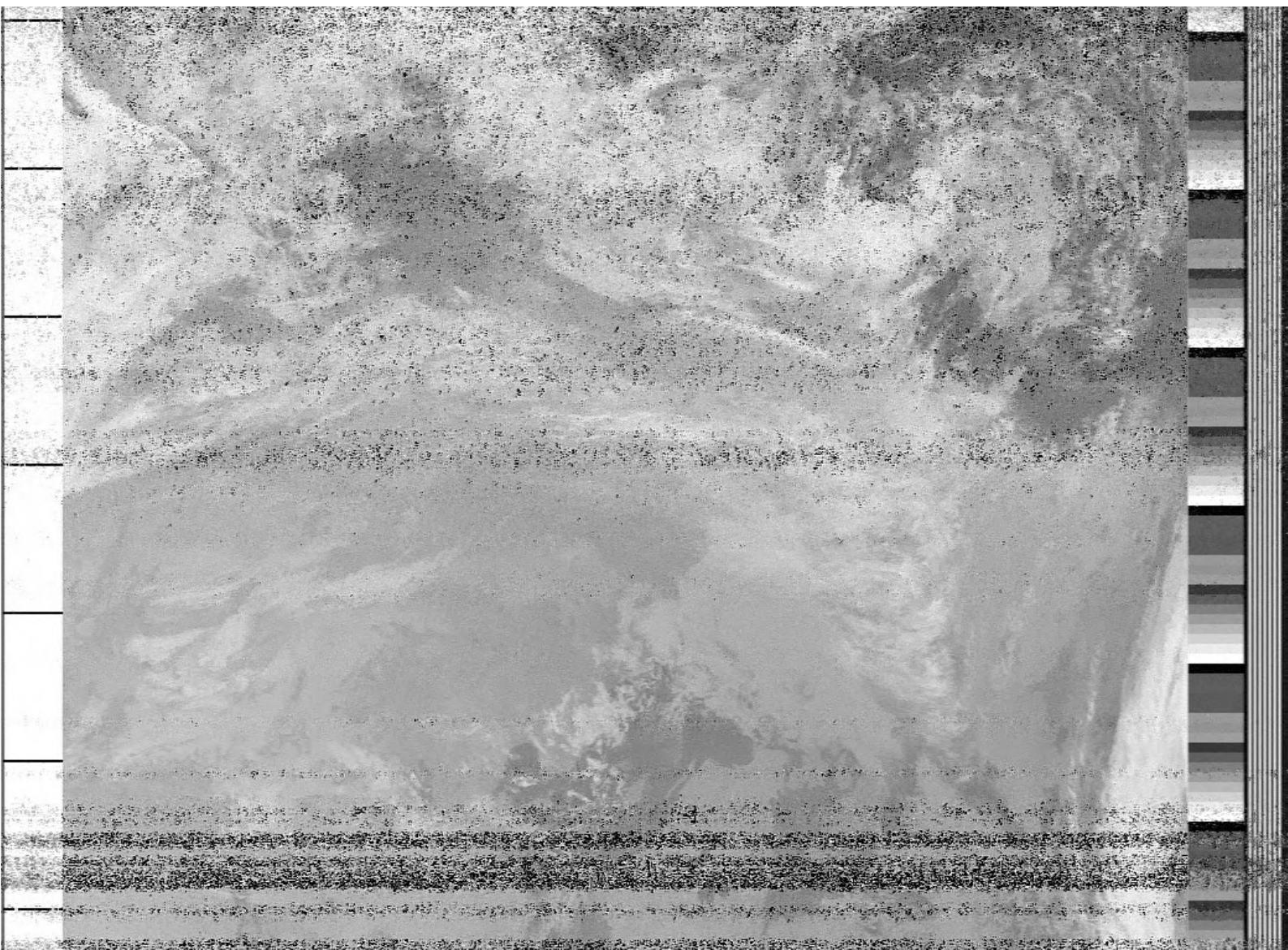


Bild från NOAA 19 visar Östersjön och halva Sverige längst ned i mitten. Möjligt att även Storbritannien syns till höger. För att lättare jämföra bild med kartor, vänd den upp och ned och spegla den. Privat bild, tagen ht 2018.

Bilaga 6.

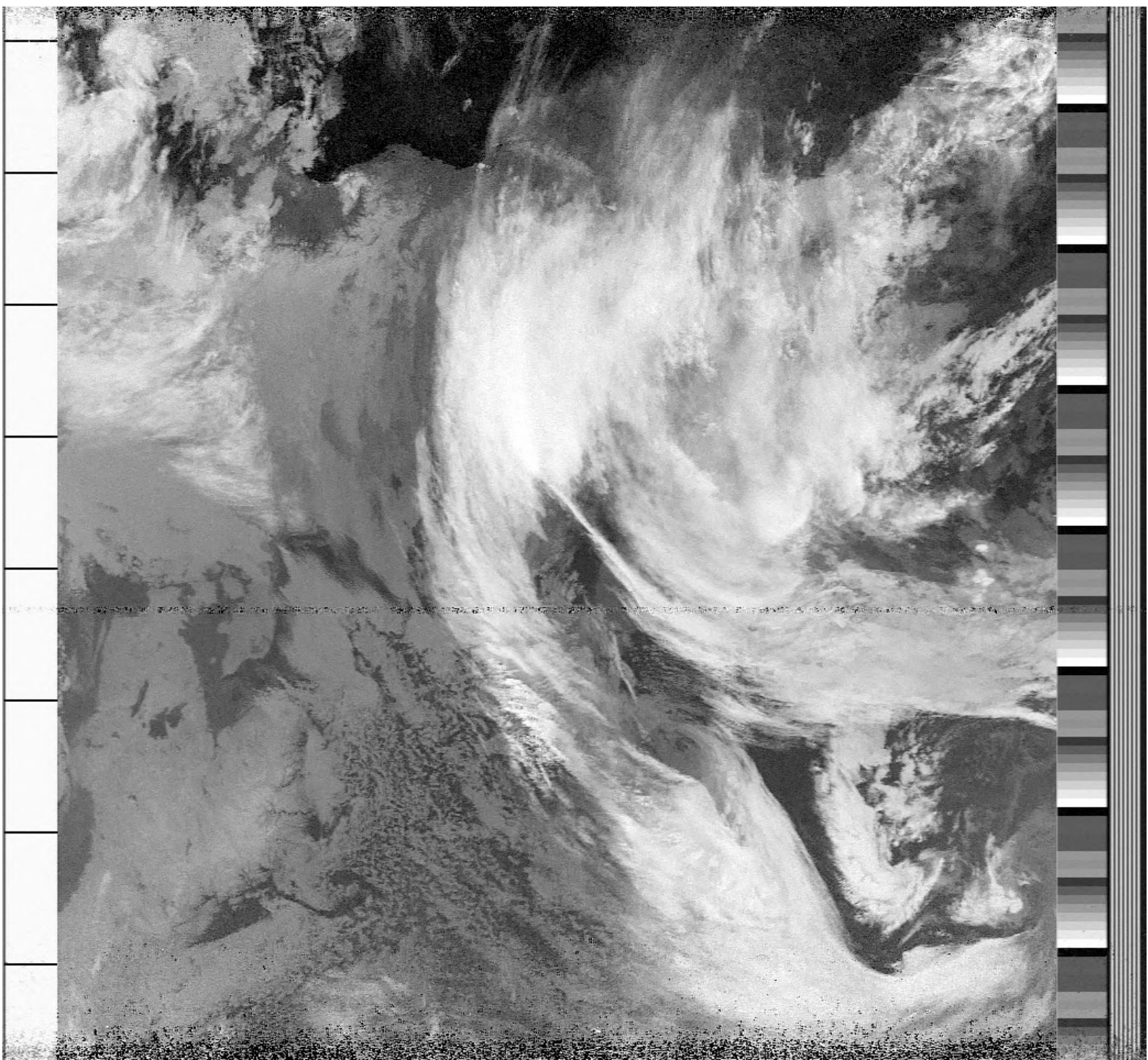


Bild från NOAA 19 visar Sverige och Norge längst ned till vänster. Troligtvis Medelhavet mellan Spanien, Frankrike och Italien längst upp mot mitten. För att lättare jämföra bild med kartor; vänd den upp och ned och spegla den. Privat bild, tagen ht 2018.

Bilaga 7.

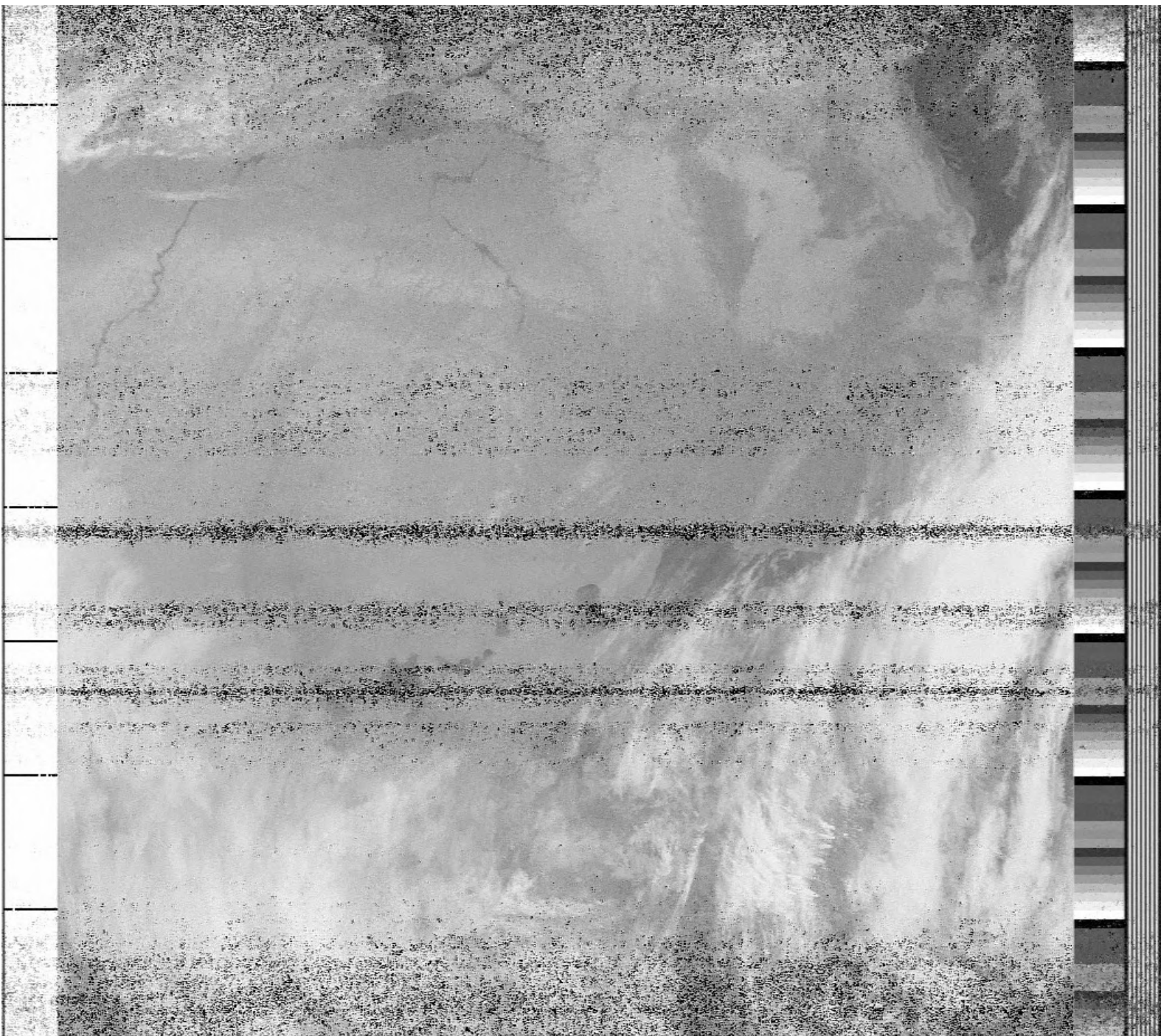


Bild från NOAA 19 visar en del av Svarta havet längst upp, något till vänster. Sverige befinner sig någonstans under molntäcket. För att lättare jämföra bild med kartor, vänd den upp och ned och spegla den. Privat bild, tagen ht 2018.

Bilaga 8.

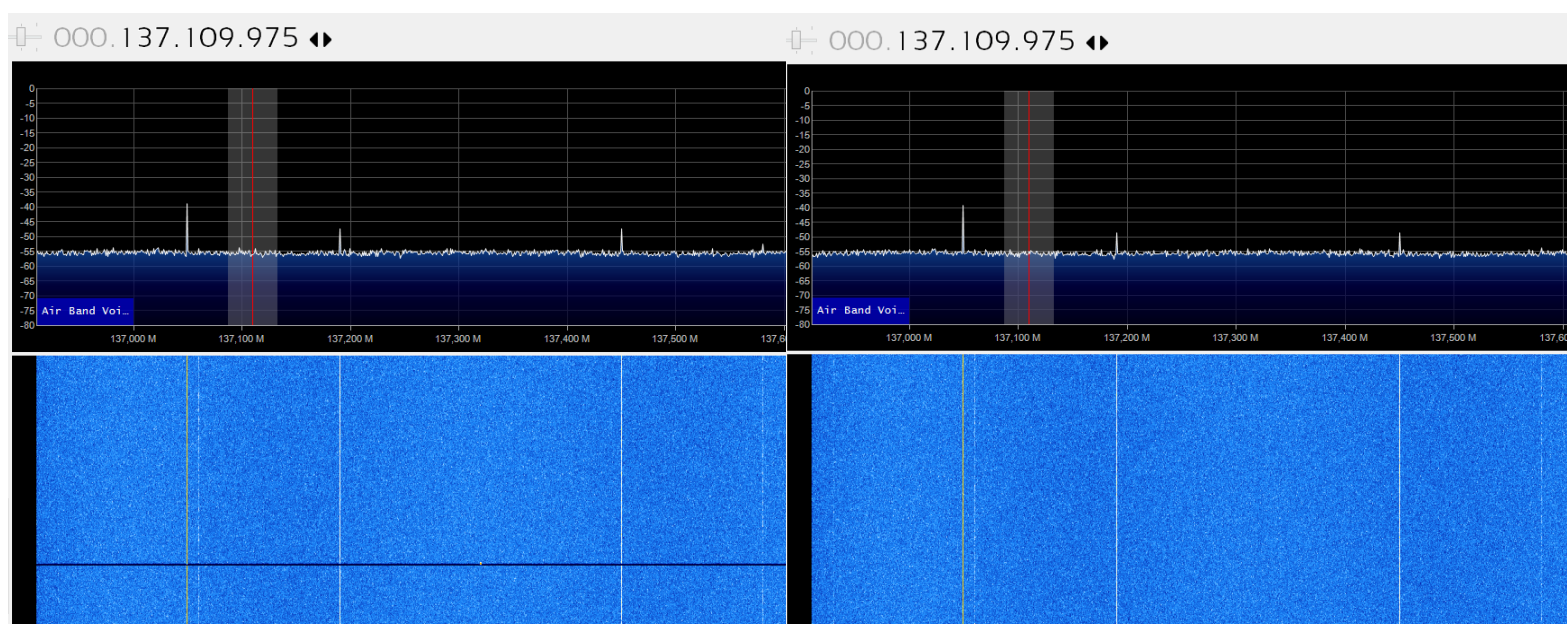


Bild från Meteor-M2 över okänt område. Privat bild, tagen ht 2018.

Bilaga 9.

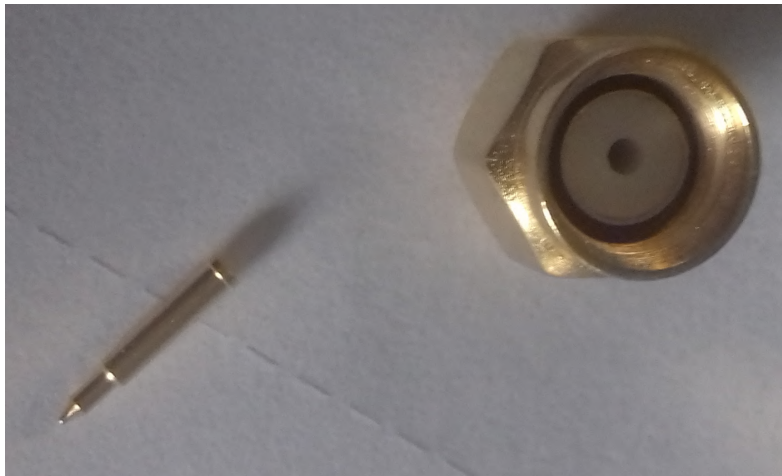
SDR utan aluminiumfolie:

SDR med aluminiumfolie:



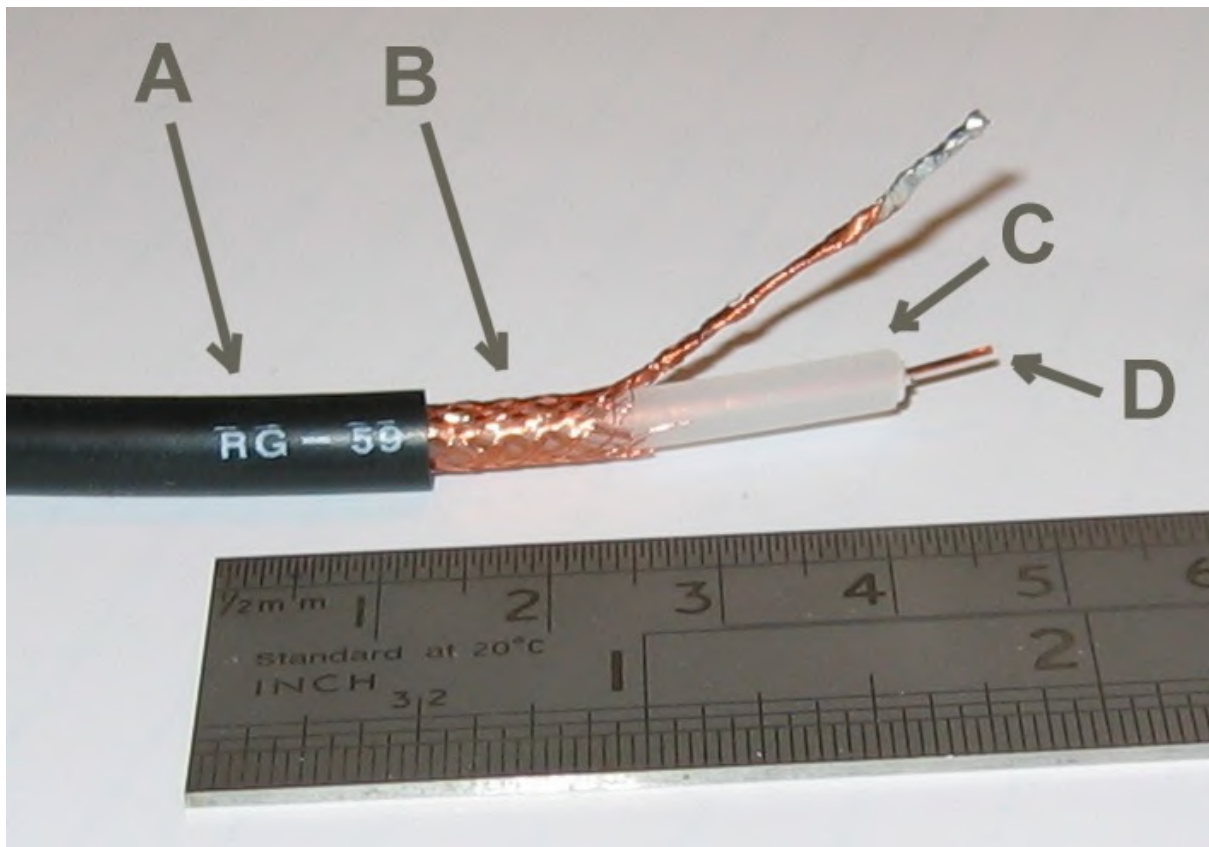
Skärmdumpar tagna ht 2018. Hämtade från privat arkiv.

Bilaga 10



Manlig SMA-kontakt, speciellt gjord för att lödas fast på kabel. Pinnen till vänster löds fast i mittledaren på koaxialkabeln, innan delen till höger dras över och löds fast i skärmen på kabeln. Bild hämtad från privat arkiv, tagen ht 2018.

Bilaga 11

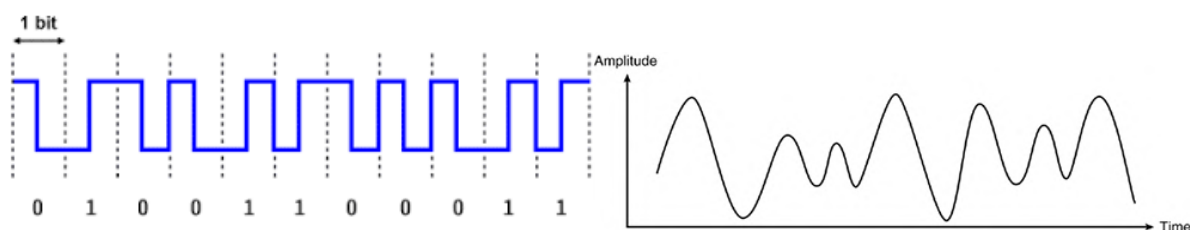


Koaxialkabelns olika delar: A = yttre plasthölje, B = skärm, C = isolator, D = mittledare. Källa: Caesar m.fl., "Koaxialkabel", <https://sv.wikipedia.org/wiki/Koaxialkabel>. Senast uppdaterad 25 juli 2016. Hämtad ht 2018.

Bilaga 12

Digital signal

Analog signal



Bildkälla digital signal: TechnologyUK, "Digital Signals",
<http://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom-principles/digital-signals.shtml>. Hämtad vt 2019. Bildkälla analog signal: "3.1 Analog and Digital",
<http://computerscience.chemeketa.edu/cs160ReaderOld/Binary/Analog.html>. Hämtad vt 2019.

Bilaga 13.

Program, NOAA 19:		Program, Meteor-M2:	Fortsättning, program för Meteor-M2:
SDRSharp: 137,1 MHz Audio iklickad Baseband Noise Blanker: - "Disable" - 5,0 dB - 50,00 µs - 10,00 ms Klicka på kugghjulet i SDRSharp - 2,4 MSPS - Offset tuning avböckad - PPM: 0 Justera RF Gain för att få bra signal Bandwidth: 50 kHz (+ extra utrymme för dopplereffekten)		137,9 MHz Baseband iklickad Baseband Noise Blanker: - Enable - 12,0 dB - 52,50 µs - 10,00 ms Klicka på kugghjulet i SDRSharp - 1,024 MSPS - Offset tuning ibockad - PPM: 70 Justera RF Gain för att få bra signal Bandwidth: 120 kHz	LrptRX: - I/Q Swap iklickad - Klicka change och välj exporterad fil - Då hela filen är färdig: klicka stopp - Hitta filen under Dator och Lokal disk (C:)
Audacity: Ändra projektets frekvens till 11025 Hz (nedersta hörnet åt vänster). Klicka på Spår, Återsampling och skriv in samma frekvens igen. Exportera till WXTolmg för bild			LRPTOfflinedecoder: - Klicka 72k och välj filen, måste välja all (*.*) - R: 0,5:0,7 - G: 0,7:1,1 - B: 10,5:11,5 - När filen är färdig: klicka Generate RGB och Save.
			Smooth Meteor: - Load a raw Meteor Image (File) - Color scheme: none - Rectify (Processing) - Save as JPEG
			LRPT image processor: - RGB122 - realistisk bild. (Går även att få fram vegetation, temperatur m.m.)

Vid inspelning av satellitsignaler i SDRSharp, ska WFM (Wideband Frequency Modulation) vara iklickad under avsnittet Radio.

Vid installation av Plug-in: s installeras en mapp. Programmen i mappen flyttas över till mappen innehållande SDRSharp. Kod i textdokument skrivs in i filen Plugins => nytt avsnitt i SDRSharp bildas som berör Plug-in:et.

För att installera SDRSharp extraheras filerna i mappen som laddas ned, klicka sedan på filen install-rtl2dr i mappen. Zadiq installeras nu. Klicka på Zadiq, Options, Show all devices och välj att installera SDR drivern/enheten (SDR:n måste vara kopplad till datorn). När du sedan öppnar SDRSharp välj SDR:n som din källa/Source för att kunna spela in signaler med den. För samtliga program som installeras till NOAA-satelliterna och Meteor-M2, kan filer behöva extraheras.

Information om programmen gäller för Windows OS. Tabeller tagna från privat arkiv, vt 2019. Filer exporterats från Audacity som WAV-filer. WAV/WAVE-filer lagrar ljud i digital form.