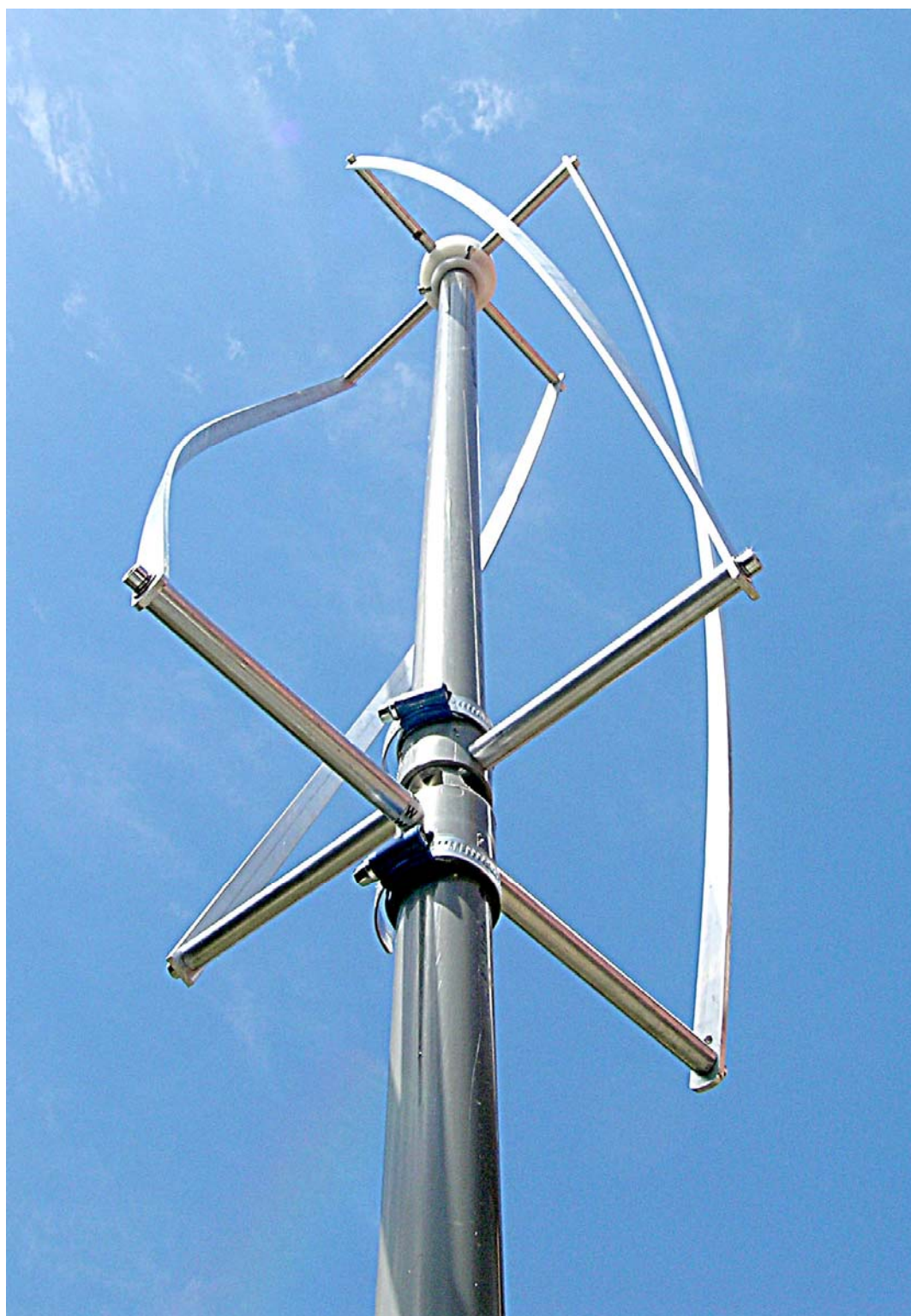


De PADAT137



De PADAT137, een RQH Antenne.

Voorwoord.

Dit artikel is een vervolg op een eerder door mij gepubliceerd artikel over een door mij ontworpen weersatelliet antenne, de **PITA137** (*note 1.*). Het door de weersatelliet uitgezonden 137 MHz signaal wordt “circulair “ richting aardoppervlak gestuurd. Onze antenne moet dus in staat zijn om, ongeacht de satelliet positie boven onze horizon, dit signaal zonder ruisbanden te ontvangen. De **PITA137** antenne, opgebouwd uit o.a. stukken meetlint van een z.g. rolcentimeter, was bedoeld om op reis mee te nemen of om binnenshuis op zolder op te hangen. Deze antenne is niet bepaald stormvast en bij mijn reis naar Brazilië in december 2004 (*note 2.*) waar naar ik mijn complete weersatelliet apparatuur had mee genomen leek tijdens de stevige wind die daar aan de noordoost kust stond, mijn mooie antenne meer op een kluwen verwarde meetlinten dan op een mooie cilindrische **Resonant Quadrifilaire Helical Antenne (RQHA)**. Daar ik zeer tevreden was (en ben) over dit type antenne, en in vergelijking met de “Turnstile”, “Lindenlad” e.a. ontwerpen zonder meer als beste naar voren komt, wilde ik een **stevige buiten** uitvoering van de RQHA maken. Deze antenne noem ik “PADAT137 “.

Koperpijp ontwerp.

Allereerst bouwde ik mijn eerste “solid-state” antenne van 12 mm koperpijp. Anders dan de antenne opgebouwd uit een grote en kleine loop (*note 3.*), wilde ik mijn antenne opbouwen uit twee gelijke loops. De noodzakelijke 90 graden faseverschuiving maak ik dan (net zoals bij de **PITA137**) door 1 loop “langer” te maken door een spoel in serie met een van de loops te zetten en de andere “korter”, door een condensator in serie met de andere loop te zetten. Daar ik mijn maximale gevoeligheid aan de horizon wilde hebben koos ik voor de lange, dunne uitvoering met een diameter/hoogte verhouding van ongeveer 0,25 (*note 4.*). Dus van koperpijp een dergelijke antenne gemaakt (*afb. 1*).



Helaas bleek de impedantie van die heel dunne antenne ongeveer 15 Ohm te zijn en bijzonder kritisch qua vormgeving. Een beetje mechanische vervorming van de loops (platter of boller) en de impedantie verandert. Bovendien is dan de fase verschuiving tussen de beide loops geen 90 graden meer. Ook gaf het solderen problemen. Door de kritische vormgeving werden er hoge eisen gesteld aan het soldeerwerk. Ik moest een complete mechanische opstelling maken om alle stukken koperpijp op hun plaats te houden tijdens het solderen. Na een paar weken solderen, zagen en meten, een boordenvolle afvalbak met resten koperpijp en kunststof, plus enkele brandblaren, heb ik er voor gekozen om toch een minder kritische antenne te ontwerpen. Een goede antenne voor mij zelf maken is geen probleem en met veel moeite had ik een bruikbaar exemplaar gefabriceerd, maar de opzet van mijn ontwerp is dat ook anderen deze antenne met goed succes kunnen nabouwen, ook wanneer zij niet over de door mij gebruikte elektronische meetapparatuur beschikken. Hieronder mijn verhaal over een aluminium strip RQHA.

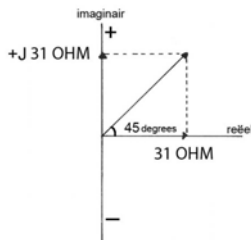
Aluminium strip ontwerp.

1^o Ontwerp.

Door mijn succes met mijn **PITA137** (verticale ijzeren meetlint elementen i.p.v. koperpijp) nam ik het besluit om deze antenne in een aluminium, stormvaste uitvoering uit te voeren. . Voor de horizontale delen van de loop aluminium staf van 12 mm rond en voor de verticale delen aluminium strip van 15 * 3 mm. De loop maakt een ¼ slag, net zoals bij de **PITA137**. Bij dit 1^o ontwerp van de **PADAT137** gebruikte ik een spoel en een condensator om de faseverschuiving te verkrijgen.

2^o Ontwerp.

Door nu beide loops qua afmetingen “te groot” te maken (Frequentie resonantie lager dan 137,5 MHz) en 1 van deze loops “korter” te maken door een condensator in serie te zetten, zou ik het aantal elektronische onderdelen van 2 tot 1 terug brengen. Door de afmetingen van de stukken staf en strippen precies aan te houden is het gewoon een zaak van vastschroeven. Door de afmetingen van de PITA137 ongeveer aan te houden en alleen de verticale delen een paar centimeter langer te maken ben ik aan een (dus te grote) loop gaan meten. Ik heb net zolang de twee verticale strippen ingekort totdat bij 137,5 MHz de faseverschuiving tussen de reële weerstand en de schijnbare weerstand +45 graden bedroeg. (*afb.2*).

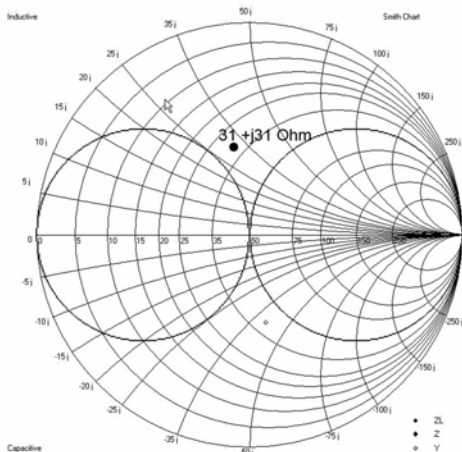


Dit is alleen het geval wanneer de reële waarde van deze loop gelijk is aan de positieve imaginaire waarde van deze loop.

Zie de ingetekende meetwaarden in een z.g. “Smith Chart” (*afb.3*).

De door mij gevonden impedantie waarde bestaat in dit geval uit een reële waarde van 31 Ohm en een imaginaire waarde van + j 31 Ohm. In formule $Z = 31 + j 31 \text{ Ohm}$. De loop is inductief en dus te groot (wisten we al).

Vervolgens heb ik de resonantie frequentie (zuiver Ohms dus) en de weerstand bij resonantie van deze loop gemeten. Hoewel in eerste instantie zo'n Smith chart er verschrikkelijk ingewikkeld uit ziet, valt het werken met deze manier van presentatie heel erg mee (*Note 5*). Vervolgens monteren we een tweede loop met dezelfde afmetingen als de te grote loop parallel aan de eerste loop. Om 90 graden faseverschuiving tussen deze beide loops te krijgen moeten we deze loop “kleiner” maken, dus capacitief. Dit doen we door een condensator in serie met deze loop te monteren. De waarde van deze capaciteit moet dan ongeveer 19 pF bedragen. Parallel schakeling van beide loops zorgt er dan weer voor dat bij de frequentie van 137,5 MHz de antenne zuiver “Ohms” is en



is de fase verschuiving tussen de stromen van de beide loops 90 graden. De waarde van 19 pF is echter zo kritisch laag dat elke kleine mechanische afwijking van de loop afmetingen resulteert in een andere impedantie (en dus fase verschuiving) en dus een onbruikbare antenne

3^e ontwerp.

Een andere manier om aan deze fase verschuiving te komen is de 2^e loop “echt” kleiner te maken. Een test antenne door mij op deze manier gemaakt en waarbij de hoogte van beide loops gelijk bleef maar waarbij de diameter van de 2^e loop kleiner werd gemaakt gaf het probleem dat bij dit model de reële (ohmse) weerstand van de smallere loop kleiner werd dan de 1^e “dikke” loop. Bovendien is de verhouding diameter/lengte van beide loops niet aan elkaar gelijk wat zal resulteren in een niet-symmetrisch stralingspatroon van onze antenne.

4^e ontwerp.

De laatste door mij gebouwde test antenne was een ontwerp waarbij niet alleen de diameter, maar ook de hoogte van de kleine loop zodanig wordt gewijzigd dat de verhouding diameter/lengte voor beide loops aan elkaar gelijk is en waarbij het probleem van twee verschillende stralingspatronen niet zal optreden. Ook zal het verschil tussen de reële impedantie van de “dunne” loop en de “dikke” loop minder groot zijn dan bij ontwerp twee en drie. Gemeten minder dan 2 Ohm verschil.

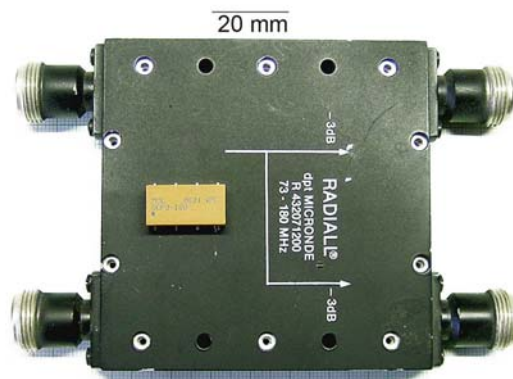
Samenvattend:

- A1. met twee gelijke loops en twee componenten (condensator en spoel) om de 90 graden fase verschuiving tussen de beide loops te krijgen.

Voordeel: alle mechanische horizontale en verticale onderdelen aan elkaar gelijk.

Nadeel: twee verschillende componenten nodig (1 condensator en 1 spoel).

Opmerking: i.p.v. 2 componenten kan men ook een “fabrieksblokje” kopen. Er bestaan verschillende uitvoeringen. De grote uitvoering bestaat uit een stripline uitvoering, de miniatuur uitvoering uit een blokje met daarin een kleine ringkern of andere componenten (*afb.4*). Het kleine gele blokje is het Mini-Circuits blokje type SCPQ-180. Het nadeel van deze blokjes is echter de aanpassing aan de antenne. De twee loop impedanties moeten elk eerst naar 50 Ohm omgezet worden. Beide blokjes zijn namelijk ontworpen voor 50 Ohm toepassingen.



- A2. met twee gelijke “te grote” loops waarbij 1 loop “kleiner” wordt gemaakt door een serie condensator met een kleine capaciteit.

Voordeel: alle mechanische horizontale en verticale onderdelen aan elkaar gelijk en slechts 1 component (condensator) nodig.

Nadeel: door de kleine serie capaciteit geeft elke afwijking in de aansluit draden en/of condensator waarde een groot verschil in faseverschuiving en impedantie tussen beide loops. In de praktijk eigenlijk een onbruikbaar ontwerp.

A3: met een dikke en een dunne diameter loop van gelijke hoogte.

Voordeel: horizontale delen op gelijke hoogte.

Nadeel: de impedantie van beide loops bij resonantie frequentie zijn niet aan elkaar gelijk. Ook de diameter/hoogte verhouding van beide loops is niet aan elkaar gelijk. Doordat de o.a. de diameter/hoogte verhouding bepalend is voor het stralingspatroon zullen dus de stralingspatronen van de twee loops niet aan elkaar gelijk zijn.

A4: met een grote en een kleine loop waarbij voor beide loops de diameter/lengte verhouding het zelfde is en beide loops het zelfde middelpunt delen. .

Voordeel: gelijk stralingspatroon voor beide loops.

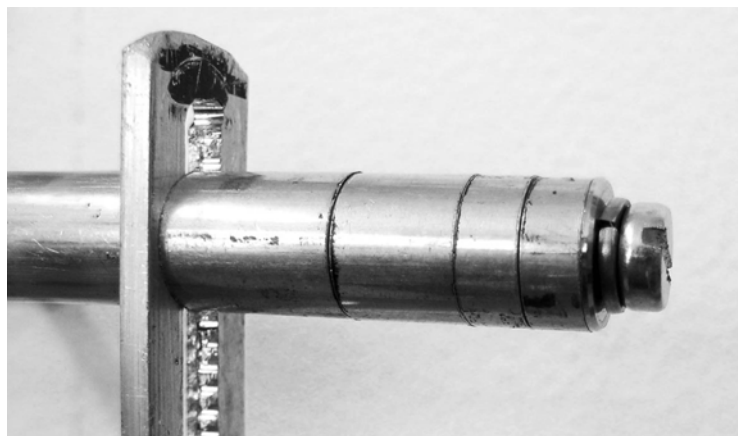
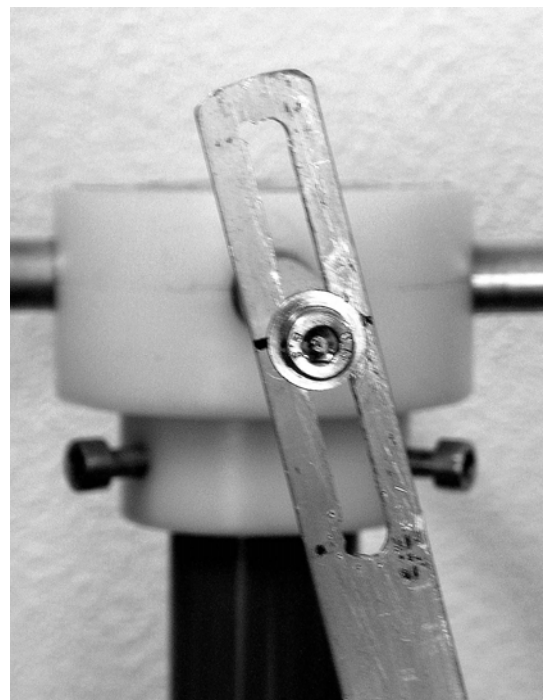
Nadeel: horizontale delen van beide loops op verschillende hoogte en geen gelijke (plus en min) impedantie (verschil echter veel kleiner dan in ontwerp A3) van beide loops bij de resonantie frequentie.

Besloten wordt om alle vier de ontwerpen te bouwen en metingen aan deze ontwerpen te doen. Een probleem is dat ik op mijn zolder wel globaal metingen aan mijn antennes kan doen, maar door de omliggende muren, elektrische leidingen etc zijn de metingen onbetrouwbaar. Voor de frequentie van 137 MHz heb ik eigenlijk rondom de antenne een vrije ruimte nodig van tientallen meters, helaas beschik ik daar niet over. Ik moet dus wachten op een paar dagen droog weer zodat ik de hele meetopstelling in de tuin kan neerzetten. (afb. 5).

De coaxiale kabel moet zo kort mogelijk zijn daar de demping van deze kabel invloed heeft op het meetresultaat.

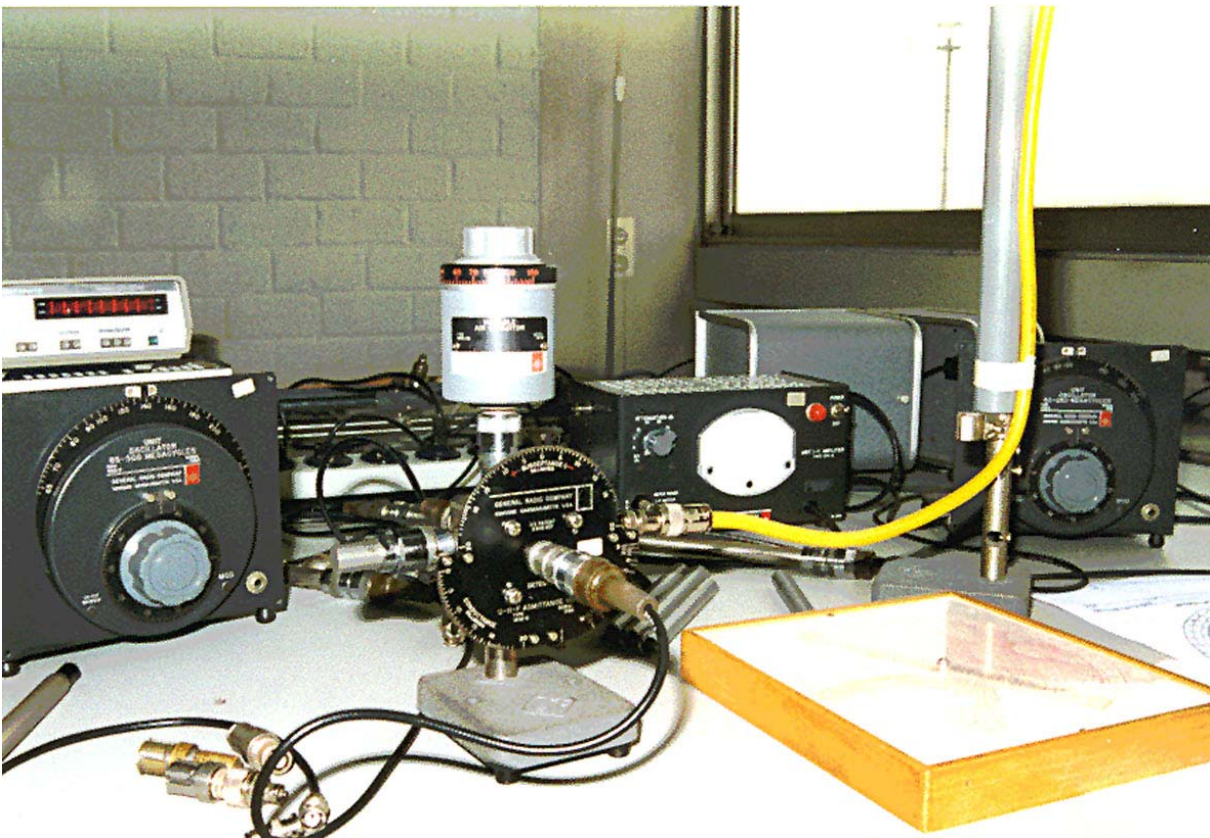


Om deze vier typen antennes te bouwen en hieraan metingen te verrichten heb ik een antenne gebouwd waarvan ik zowel de hoogte van de loops (*afb. 6 en 7*) de diameter van de beide loops (*afb. 8*) als ook de verhouding tussen beide loops kan wijzigen d.m.v. verwisselbare en/of in lengte instelbare horizontale en verticale delen. Om de diameter te kunnen wijzigen heb ik een aantal aluminium stukjes staf gedraaid (*afb. 9*) die in het verlengde van de al aanwezige horizontale delen (240 mm) gemonteerd werden. Door nu telkens een kleiner of groter stukje staf te kon ik de diameter per 2 mm verkleinen of vergroten. Om de verticale strippen kleiner of groter te maken begon ik met strippen die al te groot waren maar d.m.v. voorgeboorde gaten of sleuven “kleiner” te monteren waren. Na het kopen van de diverse materialen en enige dagen achter de draaibank staan was het wachten op droog weer.





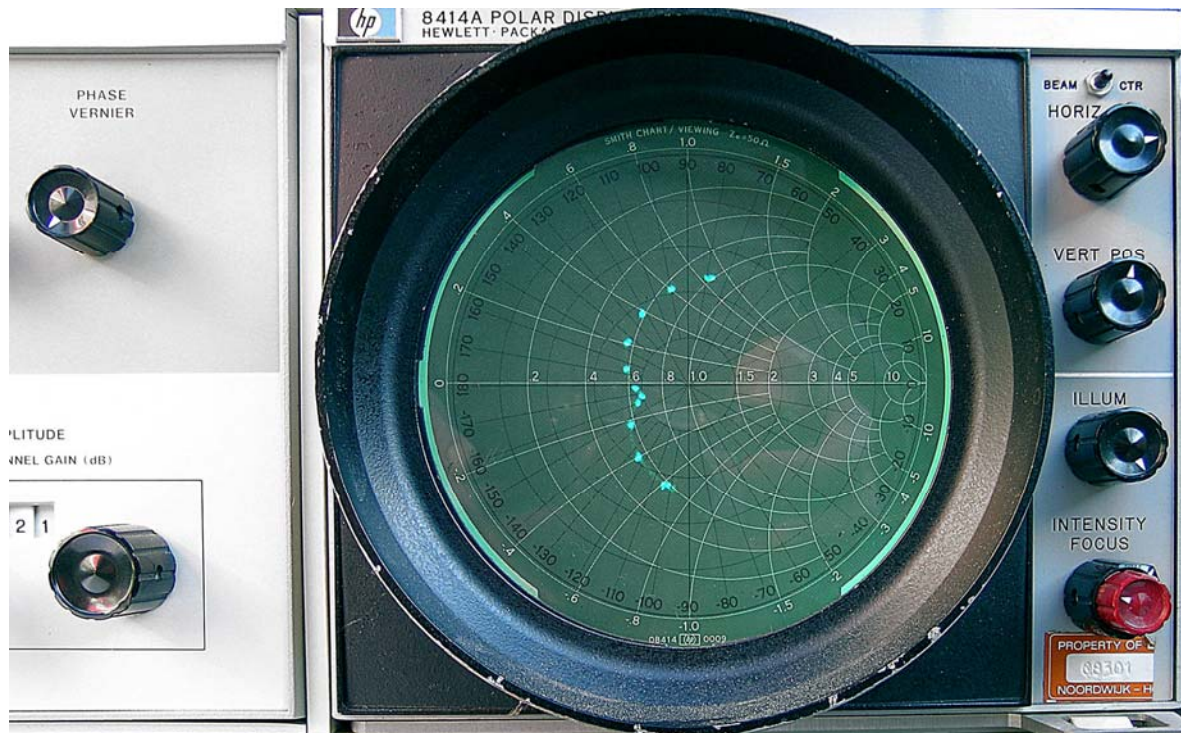
De meetmethode.



Mijn eerste RQHA's had ik jaren geleden in het HF-laboratorium op mijn school (HTS Haarlem) gemeten (*afb. 10*). De gehele meetopstelling bestond uit General Radio apparatuur. Het hart van die meetopstelling is de Admittance Bridge 1602. De meetmethode is zeer omslachtig, de meetresultaten moeten eerst nog gecorrigeerd worden voor de elektrische kabellengte en moeten na elke verandering aan de antenne herhaald worden.

Om niet afhankelijk te zijn van de school apparatuur heb ik met veel moeite zo'n zelfde meetopstelling als ik op school gebruikte, op vlooiemarkten en in dumpwinkels bij elkaar kunnen verzamelen. Hoewel ik op zich best tevreden was met mijn meet apparatuur vond ik toch de meetmethode te omslachtig. Een Network Analyzer in combinatie met een Sweep Generator en een z.g. "Polar display" geeft meteen in een grafisch plaatje de frequentie

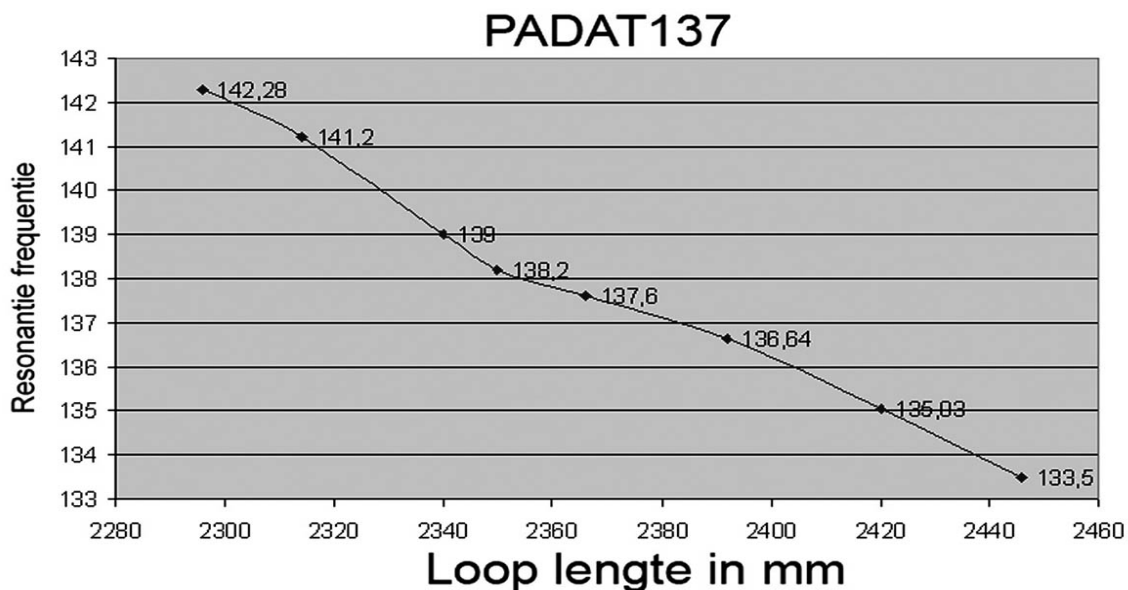
resonantie en de impedantie weer (*afb.11*). Na enige jaren zoeken kon ik ook over die apparatuur beschikken.



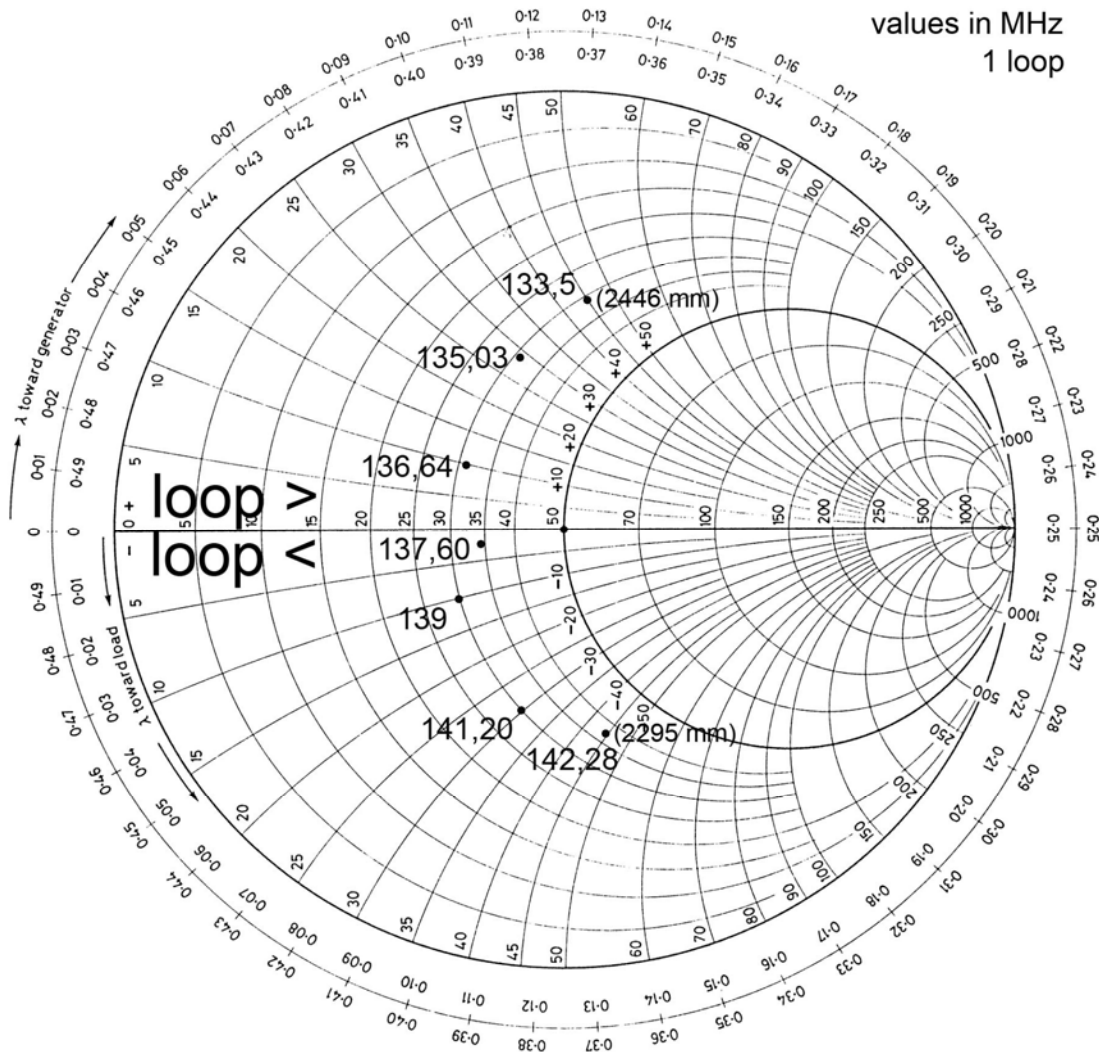
Toen er een aantal dagen droog weer voorspeld werden heb ik mijn meetapparatuur van mijn zolder naar mijn tuin gesjouwd en daar opgesteld. Voor mijn eerste metingen gekozen voor een antenne met een looppdiameter/hogte (D/h) verhouding van 0,33. Enerzijds wilde ik een zo groot mogelijke D/h verhouding hebben (reële antenne weerstand tussen de 30 en 38 Ohm), anderzijds wilde ik een zo klein mogelijke D/h verhouding hebben omdat ik dan aan de horizon een grotere gevoeligheid heb.

Zie de gegevens van Wang (**Note. 6**), Kilgus (**Note. 7**) en het artikel van Rob Hollander (Technical Note 1999-1).

Ik ben begonnen met een loop met een diameter van 360 mm waarvan zowel de resonantie frequentie alsook de impedantie bij 137,5 MHz werden gemeten. Vervolgens werd, met handhaving van de D/h verhouding, de loop telkens een beetje verkleind en weer gemeten. De meetresultaten staan afgebeeld in een grafiek (*afb. 12*).



Een andere methode om deze meetresultaten af te beelden is gebruik te maken van een z.g. Smith kaart (*afb. 13*).

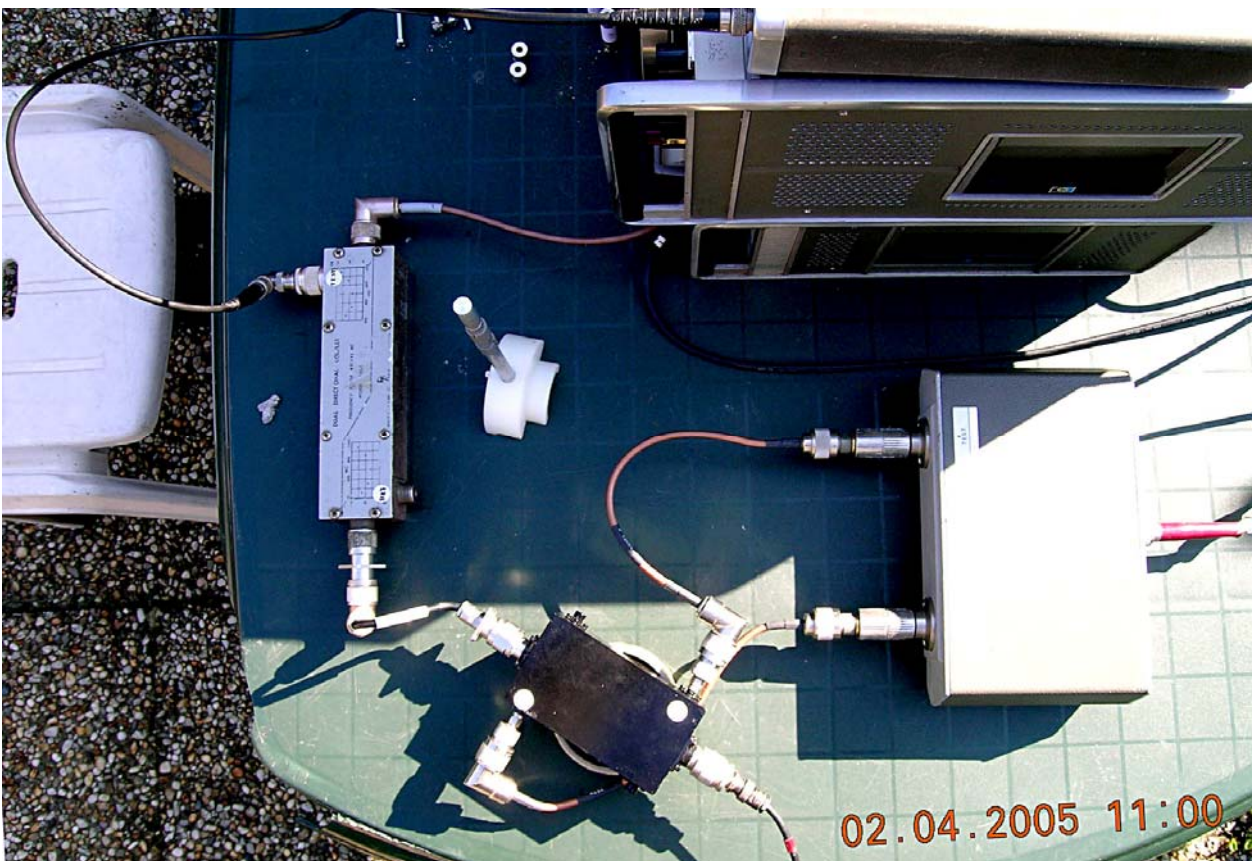
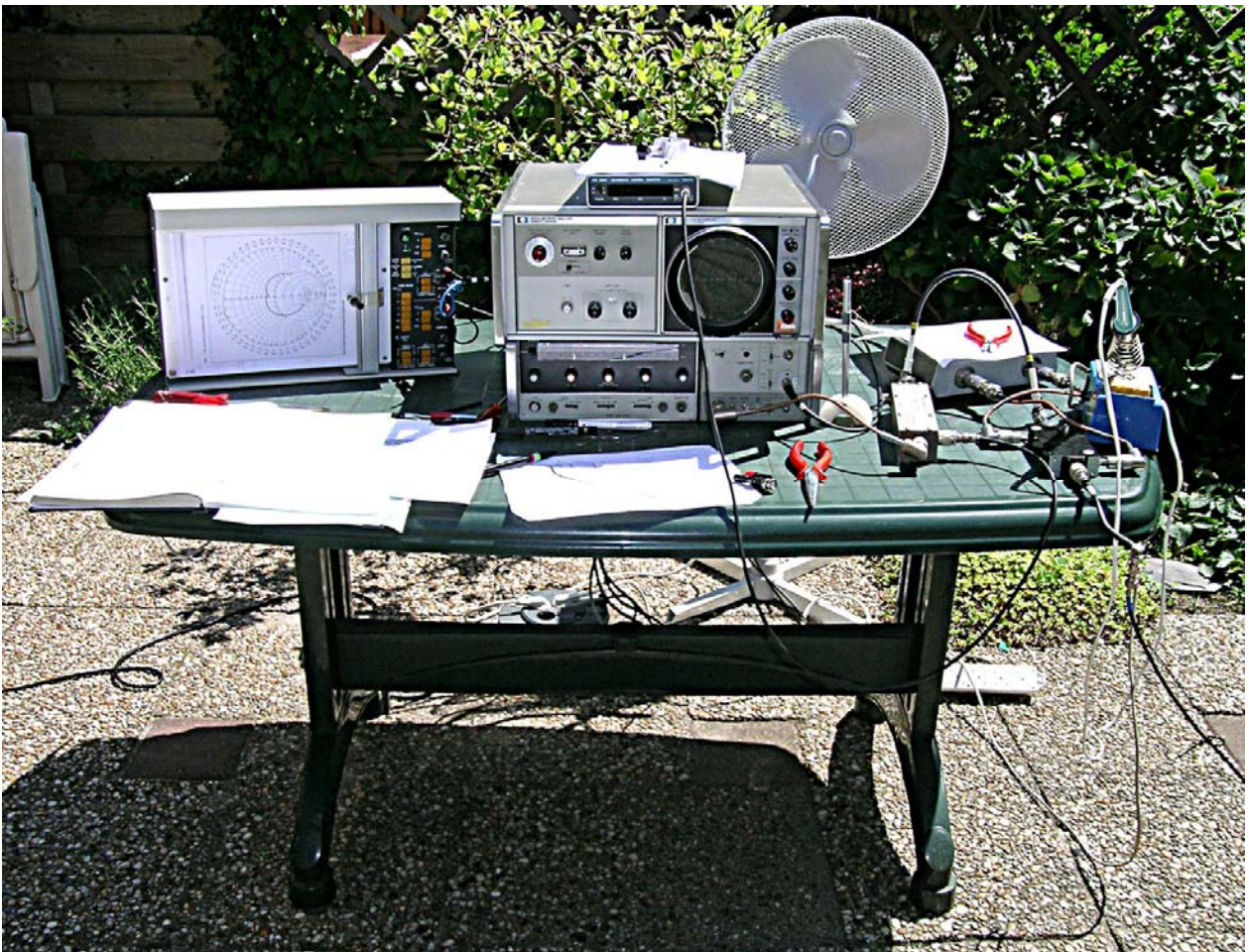


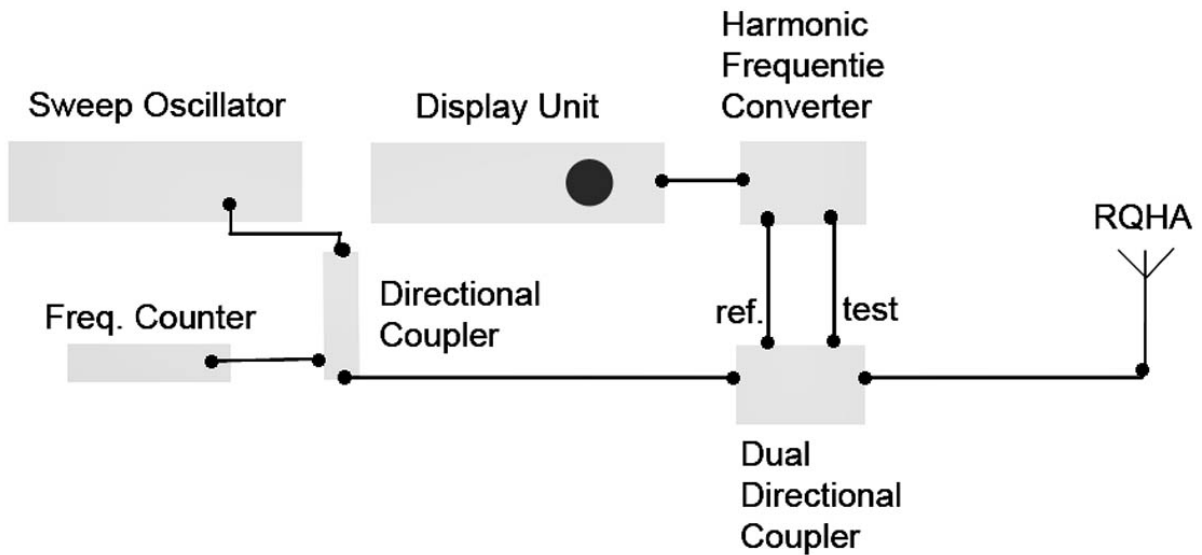
Na een aantal dagen antennes samenstellen en meten beschikte ik over tientallen tabellen met meetresultaten waarmee ik de vier typen antennes van aluminium strips kon bouwen.

1. antenne met twee gelijke loops (F.res. 137,5 MHz) maar één loop met serie condensator en de andere loop met serie spoel ($\pm 45^\circ$ fase verschuiving).
2. antenne met twee grote loops maar met één loop met serie condensator ($- 90^\circ$ fase verschuiving)
3. antenne met twee loops van gelijke hoogte, maar met dikke en dunne diameter.
4. antenne met grote en kleine loop ($\pm 45^\circ$ fase verschuiving).

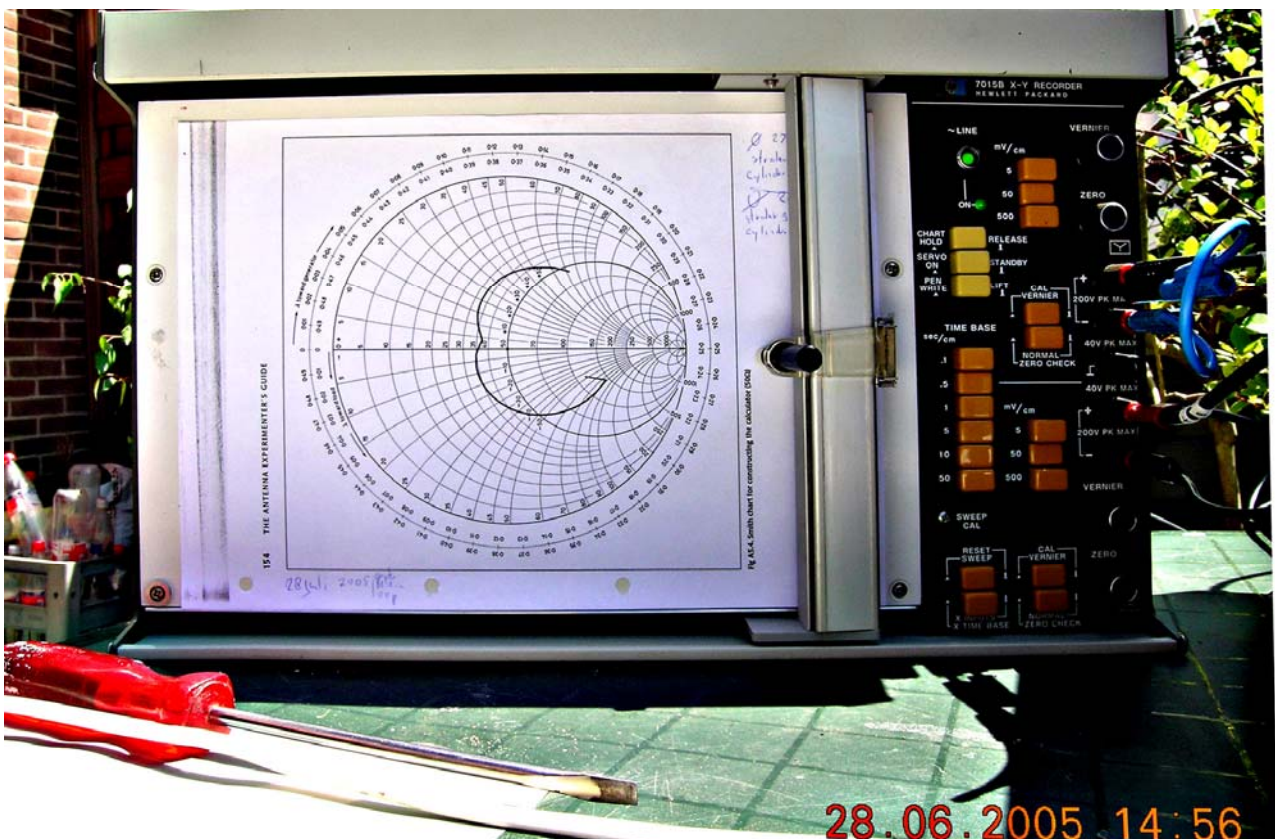
Na weer een paar weken zagen, boren, achter de draaibank staan, sjuwen met meetapparatuur zolder tuin v.v. en meten (op zolder en in de tuin) is er uiteindelijk 1 type overgebleven, n. m. 1 type A4. Ik heb echter de bovenste horizontale delen op gelijke hoogte gehouden. De afstand tussen de onderste twee horizontale delen is 40 mm. De afstand tussen de middelpunten van beide loops dus 20 mm. Dit geeft een zeer klein verschil in stralingspatroon tussen beide loops. Dit is echter in de praktijk te verwaarlozen.

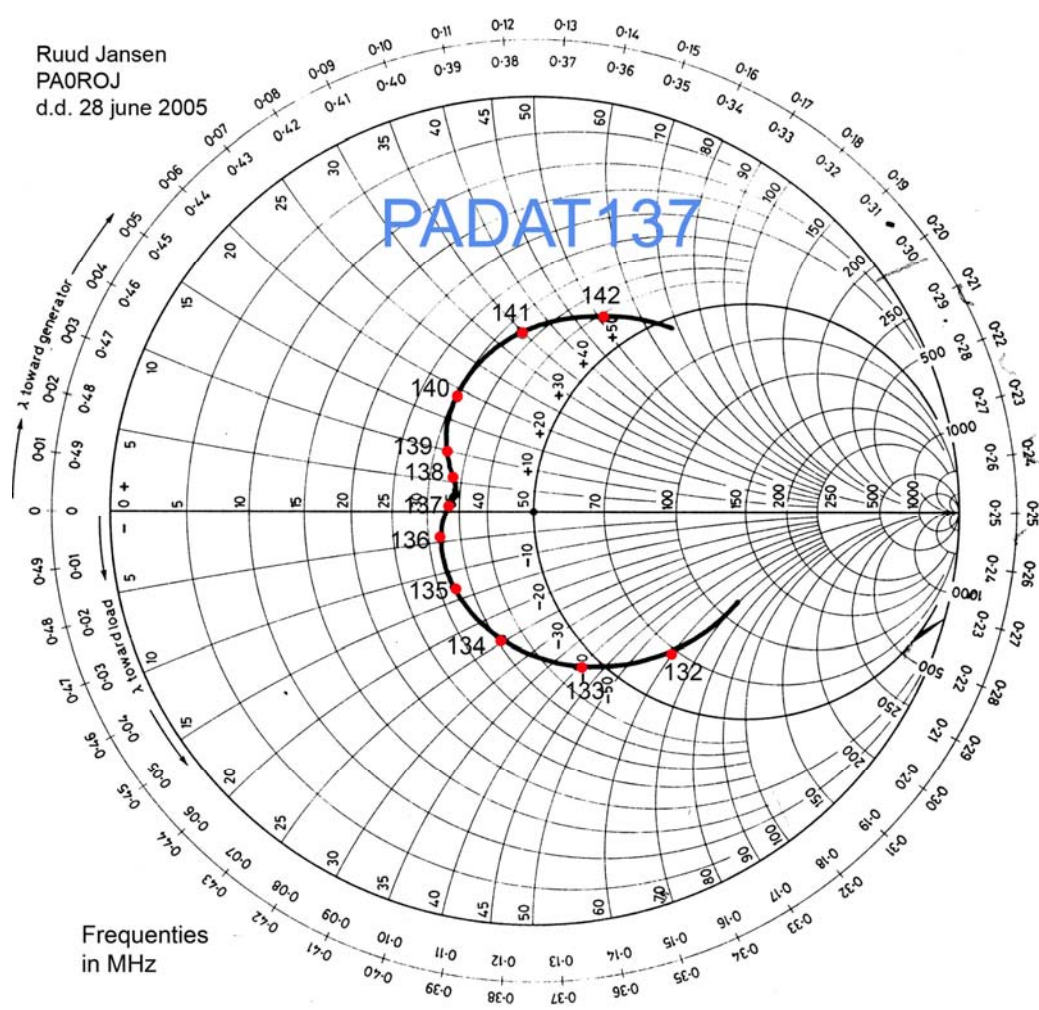
De impedantie van de uiteindelijke antenne is gemeten met mijn meetopstelling als weergegeven in (*afb. 14* en *afb. 15*). Het schema van deze opstelling is weergegeven in (*afb. 16*).





Door nu het signaal uit de Sweep-Oscillator te laten veranderen (zweepen) tussen 132 en 142 MHz kan de impedantie en frequentie resonantie direct worden afgelezen op het scherm van de Network Analyzer. Door op de uitgang van deze Analyzer een X-Y recorder aan te sluiten, kan de impedantie kromme direct op een papier worden geschreven (afb. 17).





Op dit (gescande) plot-papier heb ik de frequenties ingevuld (*afb. 18*).

Duidelijk is hierop te zien dat de antenne “Ohms” is (en dus resonant) bij ongeveer 137 MHz en dat de impedantie dan 35 Ohm is.

De antenne heeft nu dus zijn definitieve vorm gevonden en geeft in de praktijk al uitstekende weerbeelden.

Nu dient echter de antenne nog verder aangepast worden aan de a-symmetrische coaxiale kabel en de 50 Ohm ingang impedantie van onze ontvanger.

Het aanpassen van een antenne.

Er zijn twee zaken die de eigenschappen van een antenne negatief kunnen beïnvloeden.

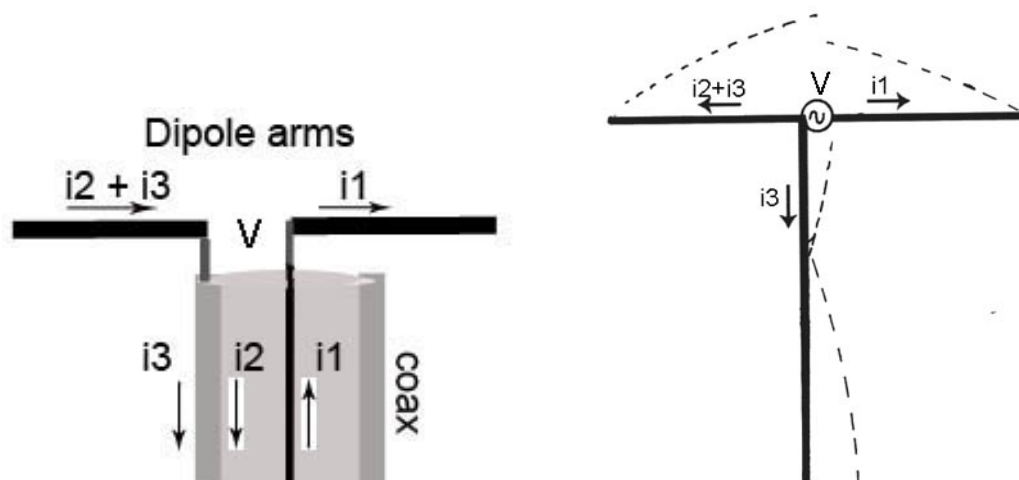
1. de afwezigheid van een aanpassing om een symmetrische RQHA aan de a-symmetrische coaxiale kabel aan te passen d.m.v. een z.g. “Balun” (**B**alanced-**u**nbalanced) schakeling.
2. de (mis)aanpassing van de antenne impedantie aan de ontvanger impedantie.

Het aanpassen van een symmetrische antenne aan de a-symmetrische coaxiale kabel

Waarom is de aanpassing van een van een symmetrische antenne aan een a-symmetrische coaxiale kabel zo belangrijk? Bij geen of een onjuiste aanpassing zal er aan de buitenkant van de coaxiale kabel een z.g. “mantelstroom” i_3 ontstaan (*afb. 19*). De buitenkant van de coaxiale kabel zal dus deel uitmaken van de antenne en dus zal de antenne een a-symmetrisch

straling patroon vertonen. Op de afbeelding (*afb. 20*) is te zien wat voor effect dat heeft. Als eerste zien we dat bij het uitzenden van een signaal bij een niet juiste **Balanced-UnBalanced** aanpassing het uitgezonden signaal zich niet symmetrisch in de ether zal verspreiden. Voor de ontvangst van signalen zal deze antenne zich “scheel”gedragen en bij een RQHA richting gevoelig zijn (**Note. 8**). Ten tweede zal bij het uitzenden van een signaal een gedeelte van het uitgezonden signaal via de buitenkant van de coax mantel worden uitgezonden. Daar meestal de coaxkabel van de antenne van boven naar beneden zal lopen zal er dus een gedeelte van dit signaal door de coax kabel verticaal gepolariseerd worden uitgezonden. Bij de ontvangst van een horizontaal gepolariseerd signaal zal er op de ingang van de ontvanger dus niet alleen dit door de dipool ontvangen signaal staan maar ook het door het als verticale antenne werkende coax kabeldeel ontvangen signaal.

Dit betekent in de praktijk dat bij een goede maar niet juist aangesloten antenne veel stoorsignalen (meestal zijn deze verticaal gepolariseerd en wat te denken van pagers?) het gewenste signaal zullen verstoren met als resultaat ruisbanden.

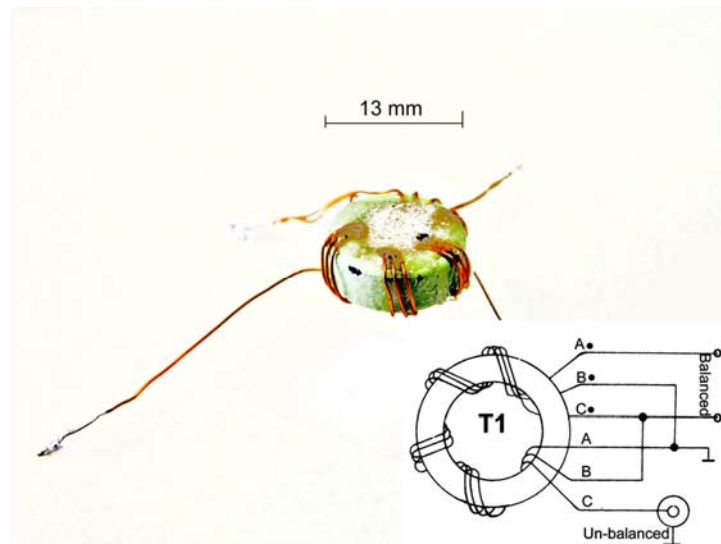


Voor onze antenne zou dat betekenen dat hij richtinggevoelig wordt en bovendien geen ideale circulaire rondom gevoeligheid heeft. De lengte van de coaxiale kabel is ook van invloed op deze beide gevoeligheden. Een goedgebouwde RQHA zal dan in de praktijk kunnen tegenvallen (ongevoelig en/of richting gevoelig en ruisbanden).

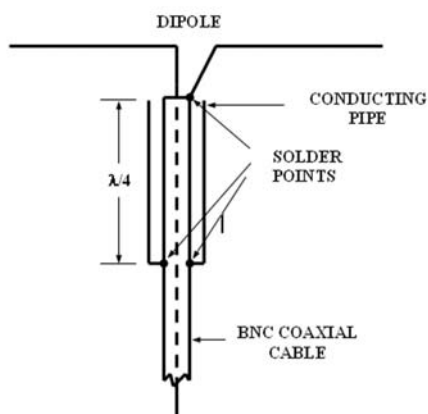
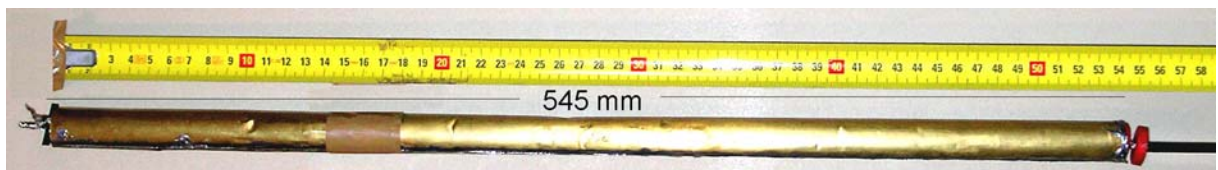
Er zijn verschillende mogelijkheden om zo'n aanpassing te maken. Een aantal hiervan zal ik bespreken.

- De **trifilaire** gewikkelde 1 : 1 transformator.
 - De Bazooka.
 - De 2-elementen Bazooka
 - De inductief gewikkelde kabel smoorspoel
 - De ferrite ringkern Balun
- a.** De **trifilaire** gewikkelde 1: 1 transformator. Deze wordt vooral op de kortegolf gebruikt. Enige modellen door mij gebouwd voor 137 MHz gaven geen goede resultaten. De capaciteit tussen de drie wikkelingen heeft grote invloed op de juiste werking van deze balun. Een kleine Ferrite ringkern met drie wikkelingen van 0,1 mm doorsnede gaf nog het beste resultaat (*afb. 21*).

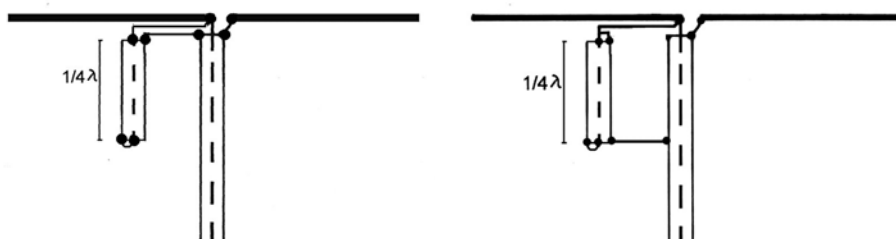
Opmerking: Tijdens het lezen van Amidon documentatie kwam ik een regeltje tekst tegen waarin werd aangeraden voor hoge frequenties juist de drie draden te twisten ter vermijding van onderlinge capaciteve beïnvloeding. Ga ik later onderzoeken!



b. De Bazooka (*afb.22 en 23*) bestaat uit een koperen of blikken cilinder met een lengte van een $\frac{1}{4}$ golflengte waarbij de onderkant wordt verbonden met de afscherming van de coaxiale kabel. Wanneer deze cilinder strak gemonteerd wordt om de kunststof mantel van de coaxiale kabel moet er rekening worden gehouden met de z.g. verkorting factor. Afhankelijk van de kunststofmantel (PE of Teflon) moet deze $\frac{1}{4}$ golflengte met de factor 0,66 of 0,7 vermenigvuldigd worden. Wordt er gekozen voor een cilinder met een groter doorsnede zodat de ruimte tussen de cilinder en coaxiale kabel uit lucht bestaat, hoeft er geen correctiefactor toegepast worden. Haal echter dan wel de kunststof mantel van de coaxiale kabel af voor zover hij zich in de cilinder bevindt.



c. De 2-elementen Bazooka is een andere mogelijkheid. (*afb. 24 en 25*). I.p.v. een cilinder om de coaxiale kabel wordt er nu een 2^e stuk coaxiale kabel met dezelfde buitendiameter als de coaxiale kabel naar de antenne, parallel aan de coaxiale kabel gemonteerd. Daar de werking van deze balun (evenals de vorige ontwerpen) afhangt van de mechanische constructie heb ik deze constructie niet verder uitgewerkt.



d. Deze ook bij al al eerder gepubliceerde bouwontwerpen van een RQHA vaak gebruikte balun (RF-Choke) is niet erg effectief voor 137 MHz. Op de kortegolf wordt deze vaak toegepast, maar voor hogere frequenties is deze minder geschikt daar de capaciteit tussen de wikkelingen onderling de smoorspoel werking negatief beïnvloed. De wikkelingen mogen dan ook niet tegen elkaar liggen. Ook dit ontwerp heb ik na enige experimenten niet verder uitgewerkt (*afb.26*).

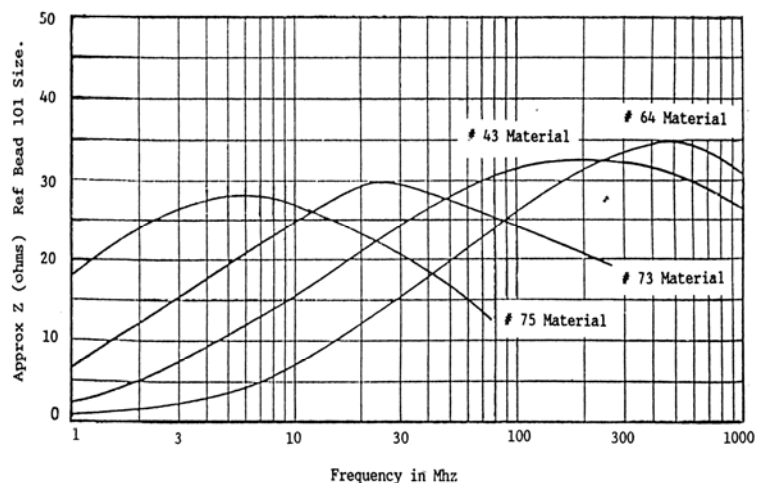


e. Dit ontwerp is eigenlijk geen echte balun. Eigenlijk is het een “ferrite-loaded coaxiale RF-choke”, maar het effect is dat van een 1:1 current balun. Het gebruik van ferrite ringkernen of buiskernen is weliswaar niet goedkoop maar heeft vele voordelen t.o.v. de andere baluns. Geen ingewikkelde constructies, geen frequentie afhankelijke werking (werkingsgebied een tiental MHz). Volgens de gegevens van Amidon (**Note. 9**) komt het materiaal type 43 in aanmerking. Zie de grafiek (*afb.27*).

Dit geeft de grootste demping in het gebied tussen 100 en 300 MHz. De totale lengte van deze over de coaxiale kabel geschoven ferrite ringen of buizen bepalen de impedantie en dus de balun choke functie. Metingen door mij zelf en gegevens van derden geven aan dat een totale ferrite lengte langer dan 1/8 golflengte geen nut heeft. Bij gebruik van RG58 coax kabel zijn er verschillende kernen toepasbaar. Daar een impedantie van 800 tot 1000 Ohm voldoende is om de mantelstroom te onderdrukken hangt het aantal kernen van de hoogte van deze kernen af. Van Amidon zijn er 25 kernen van het type FB-43-2401 of 12 van het type FB-43-6301 nodig. De totale lengte van de kernen is dan ongeveer 12 cm. Ook kernen van het merk Richcom zijn bruikbaar (en bovendien goedkoper), zie de onderdelen lijst aan het eind van dit artikel. De binnen diameter van deze kernen is ongeveer 5 mm. Wanneer deze kernen niet over de coax kabel geschoven kunnen worden dient de isolatie over de afscherming van de coax kabel verwijderd te worden.

Material vs Frequency vs Impedance

* Impedance Factor: This chart is based upon the '101' size bead. Impedances for other size beads may be approximated as follows: Find the 'Z' of the same material at your operating frequency in the chart below. Multiply that 'Z' by the Impedance Factor shown above.



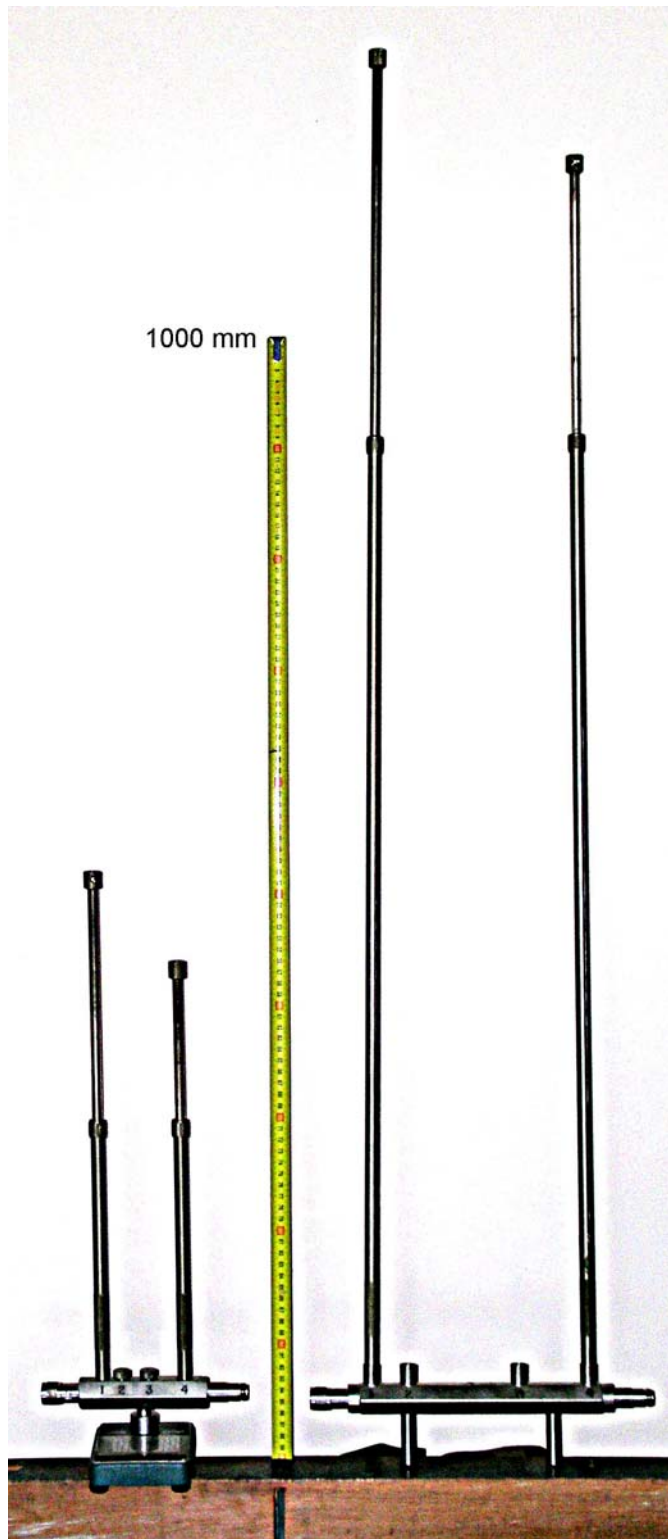
Ik heb dus uiteindelijk gekozen voor balun type “e”. Ik heb voor mijn experimenten ferriet ringkernen en buiskernen gebruikt, maar toepassing van buiskernen is goedkoper dan ringkernen, je hebt er dan minder van nodig. Zie foto (*afb.28*). De Baluns waren opgebouwd uit 25 Amidon ringkernen of 15 Richcom buiskernen . Deze kernen hebben bij 137,5 MHz een impedantie van ongeveer 35 Ohm (Amidon) of 65 Ohm (Richcom) per stuk. Bij “serieschakeling” van deze kernen mogen de impedanties van de gebruikte kernen bij elkaar worden opgeteld.



Vaak worden deze buiskernen op radiobeurzen goedkoop aangeboden. Wees er wel zeker van dat het type 43 materiaal is.

De antenne impedantie aanpassing voor de ontvanger.

Uit onze meetresultaten blijkt dat de impedantie tussen de 33 en 35 Ohm is bij 137,5 MHz. De meeste ontvangers hebben een ingang impedantie van 50 Ohm. Om nu een maximale overdracht te krijgen van de door de antenne ontvangen energie naar de ontvanger dient de antenne impedantie van 35 Ohm naar 50 Ohm getransformeerd te worden.

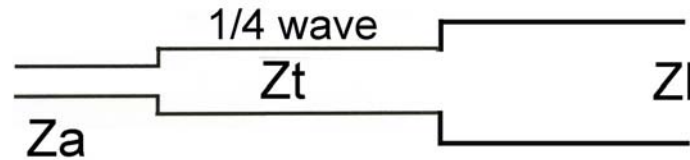


Wanneer de ingang impedantie van de ontvanger ongeveer 70 Ohm is, kan er een goede aanpassing worden bereikt door de antenne coaxiale kabel een oneven aantal $\frac{1}{4}$ (elektrische) golflengtes lang te maken. De impedantie aan het einde van de coaxiale kabel is dan ongeveer 71 Ohm. Een andere mogelijkheid is bij het gebruik van een (meestal niet nodig, alleen bij lange coaxiale kabel) een z.g. antenne versterker. Door de ingangskring impedantie te verhogen naar 70 Ohm kan een goede aanpassing bereikt worden.

Andere mogelijkheden zijn b.v. het gebruik van "stubs". Dit zijn coaxiale kringen die uit stukken coaxiale kabel gemaakt kunnen worden. De lengte van deze kortgesloten of open stukken coaxiale kabel en de plaats waar, kunnen berekend worden (**Note. 10**). De werking is echter afhankelijk van de precieze afmetingen en posities van deze stubs. Zonder de juiste meetapparatuur in de praktijk moeilijk te realiseren.

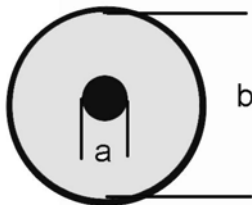
Voor mijn antenne metingen heb ik zo nu en dan gebruik gemaakt van een fabrieksuitvoering van het merk **Weinschel Engineering** (*afb. 29*). De grote voor 137 MHz gebied, de kleine voor het frequentie gebied 1-10 GHz.

Een andere oplossing om de antenne impedantie aan te passen is een impedantie trafo. Deze bestaat uit een coaxiale kring van een $\frac{1}{4}$ elektrische golflengte. De impedantie van deze kring kan berekend worden door de formule $Z_t = Z_a * Z_l$. Z_t is de impedantie van de impedantie trafo, Z_a de antenne impedantie en Z_l de impedantie van de coaxiale kabel en ontvanger ingang impedantie (*afb. 30*).



Voorbeeld:

Z antenne is 36 Ohm en Z lijn is 50 Ohm. Z trafo is dan $\sqrt{36 \times 50} = 42$ Ohm



De afmetingen van de impedantie trafo kunnen worden berekend door de formule

$Z_t = 138 \log b/a$, waarbij b = de binnen diameter van de buiten geleider en a = de buiten diameter van de binnen geleider (*afb. 31*).

In dit artikel ga ik uit van mijn eigen situatie. D.w.z. een HRX137 zelfbouw ontvanger (ontwerp werkgroep Kunstmanen) met een ingang impedantie van 50 Ohm (oorspronkelijk 75 Ohm) en gebruik van een antenne coaxiale kabel van 50 Ohm. Oorspronkelijk bedraagt de ingang impedantie van deze ontvanger 75 Ohm, maar door het wijzigen van C1 en C2 heb ik dat naar 50 Ohm gebracht.

De eerste door mij gebruikte impedantie aanpassing bestaat uit stukken 50 Ohm coaxiale kabel type RG58 U. M.b.v. een software programma PASAN genaamd (**Note.11**) zijn er verschillende mogelijkheden toe te passen. Ook combinaties van stukken 50, 75 en 93 Ohm zijn mogelijk. Het software programma PASAN van Marien van Westen is een goede hulp bij het berekenen en samenstellen van zo'n aanpassing. Gegeven zijn de coaxiale kabel en ontvanger impedantie van beiden 50 Ohm en een antenne (de PADAT137) met een impedantie van 35 Ohm. Start het programma PASAN op en vul de impedantie (Z load) van de antenne in, vul ook de gebruikte frequentie 137,5 MHz in. Z_n (Z normalized 50 Ohm). Haal onder **Options, preferences**, het "V" teken weg in het vakje "Show Smithchart Normalized". Vul dan voor de componenten 1 en 2 een stuk coaxiale kabel in (line). Eerst een stukje coaxiale kabel van 50 Ohm met een lengte van 0,101 golflengte en dan een stukje coaxiale kabel van 25 Ohm en een lengte van 0,038 golflengte.

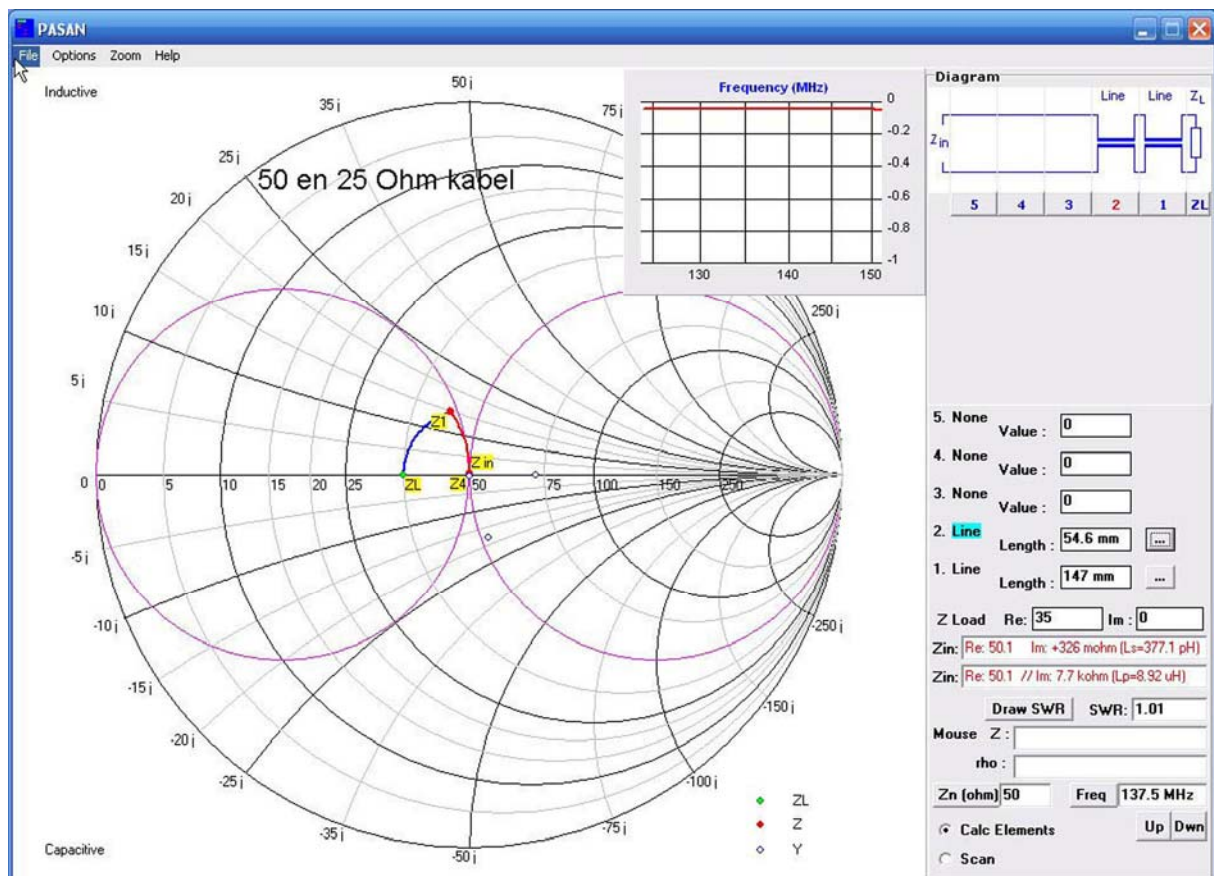
Coaxiale kabel met deze impedantie is zeer moeilijk te verkrijgen maar door twee stukjes van 50 Ohm parallel te zetten krijgen we ook 25 Ohm. Wanneer we uitgaan van een coaxiale kabel verkortingsfactor van $V_f = 0,66$ betekend dat dus een stuk coaxiale kabel (50 Ohm) van 147 mm en een stukje van 2 parallel gesoldeerde stukjes coaxiale kabel (ook 50 Ohm) met een lengte van 54,6 mm. Een andere oplossing is een combinatie van een stuk coaxiale kabel van 50 Ohm (0,349 golflengte), lengte 505 mm ($V_f=0,66$) en een stukje Netwerk coaxiale

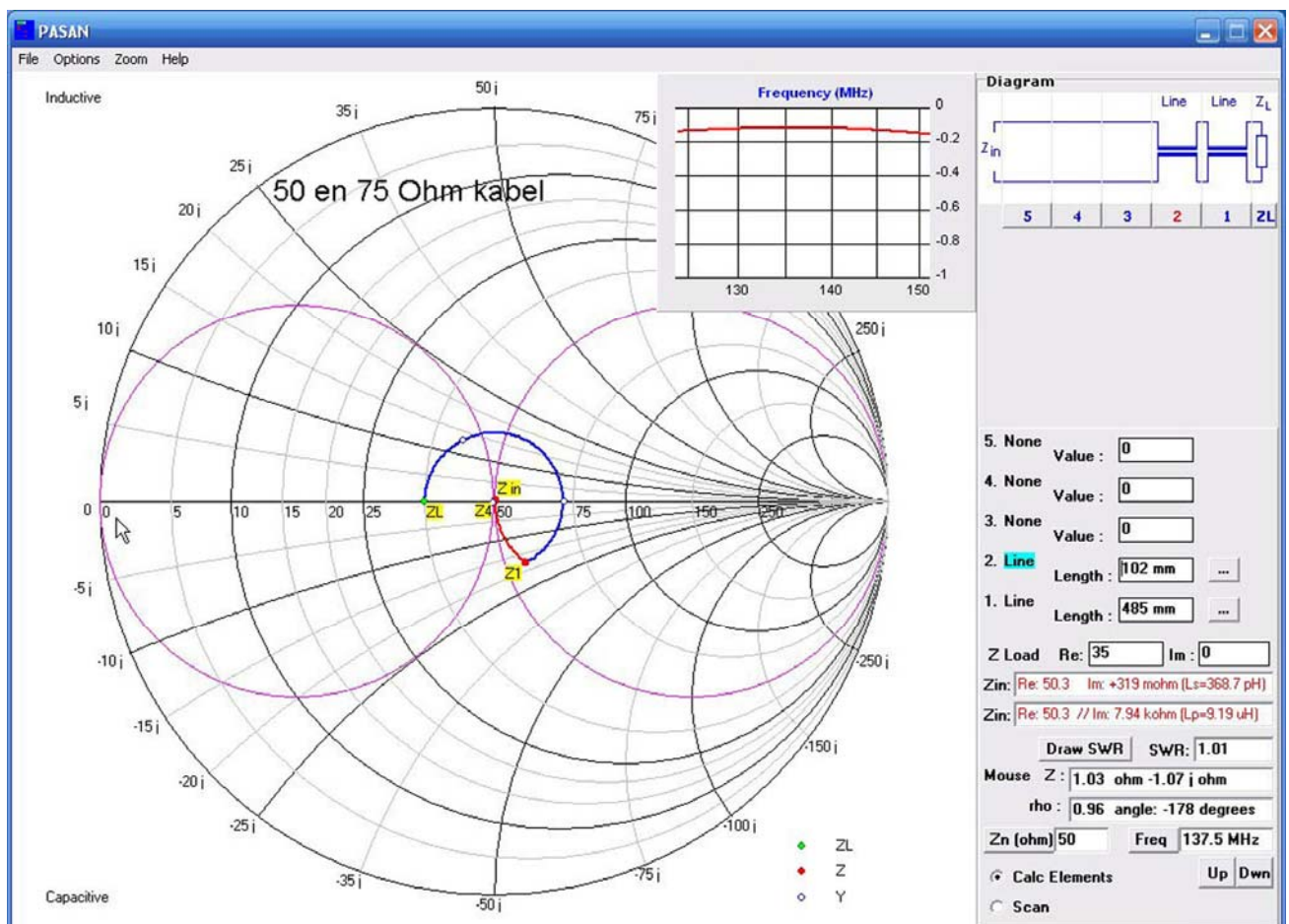
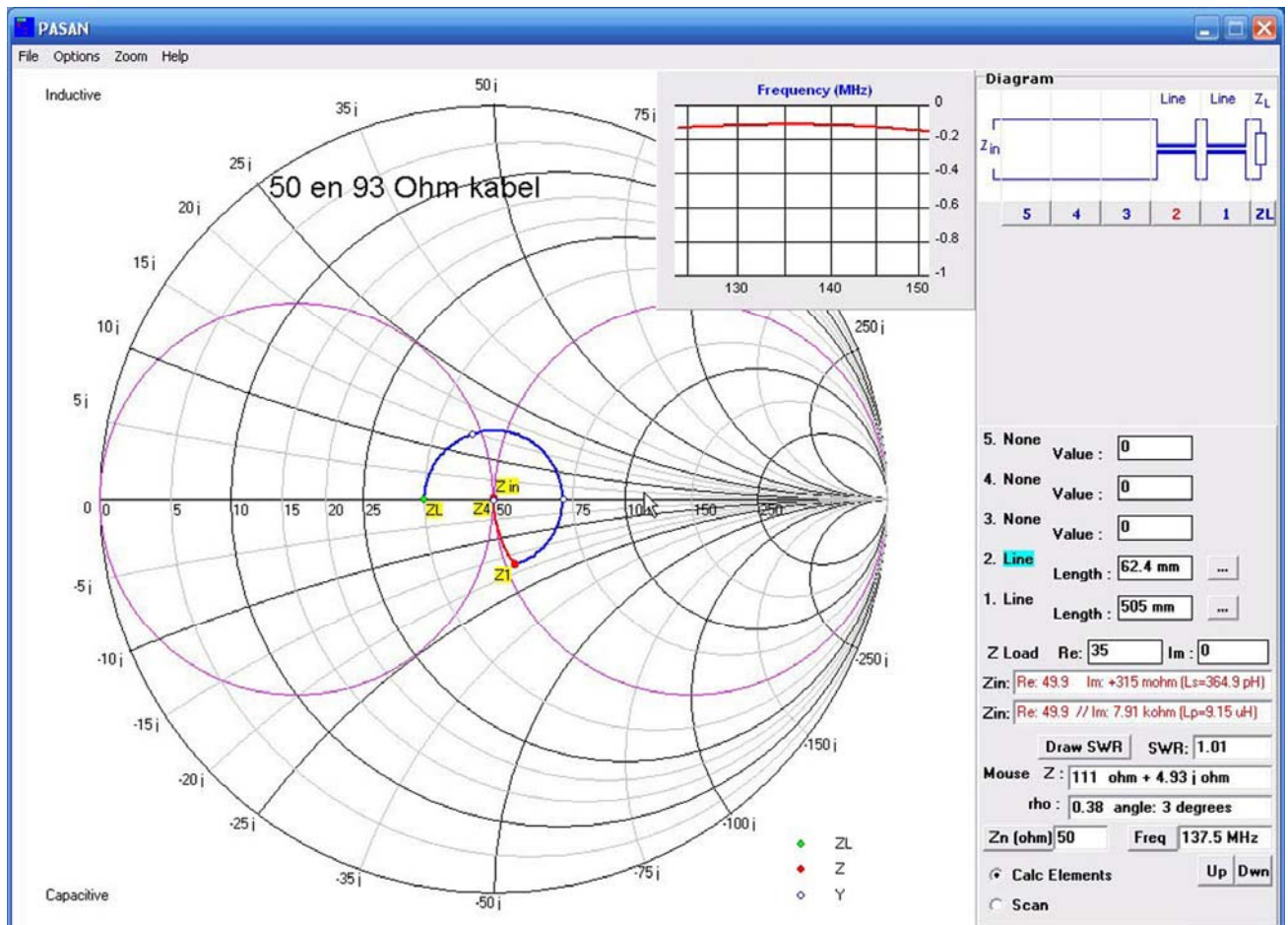
kabel van 93 Ohm (0,042 golflengte) met een lengte van 62,4 mm ($V_f=0,66$). Ook combinaties van alleen coaxiale kabel met capaciteiten en/of zelfinducties zijn mogelijk. In mijn laatste ontwerp heb ik gekozen voor een combinatie van 50 en 75 Ohm kabel (487 en 101 mm lengte). In deze toepassing ga ik voor de beide coax kabels uit van ook een $V_f = 0,66$ (RG58 en RG59).

Gebruik de “Bode plot” grafiek (onder opties) om de aanpassing demping te tonen. Zie (*afb. 32, 33 en 34*).

Wanneer er voor de 75 Ohm kabel gebruik wordt gemaakt van z.g. satelliet coax (lagere demping) houd dan rekening met een V_f van ongeveer 0,8 en voor teflon kabel met een V_f van ongeveer 0.70. In de laatste twee aanpassing wordt een langer stuk 50 Ohm kabel bovenin gebruikt dan in de eerste aanpassing. Dat geeft het voordeel dat er nu meer ruimte bovenaan de coax kabel is om een Bazooka of ferrite ringkern balun te monteren.

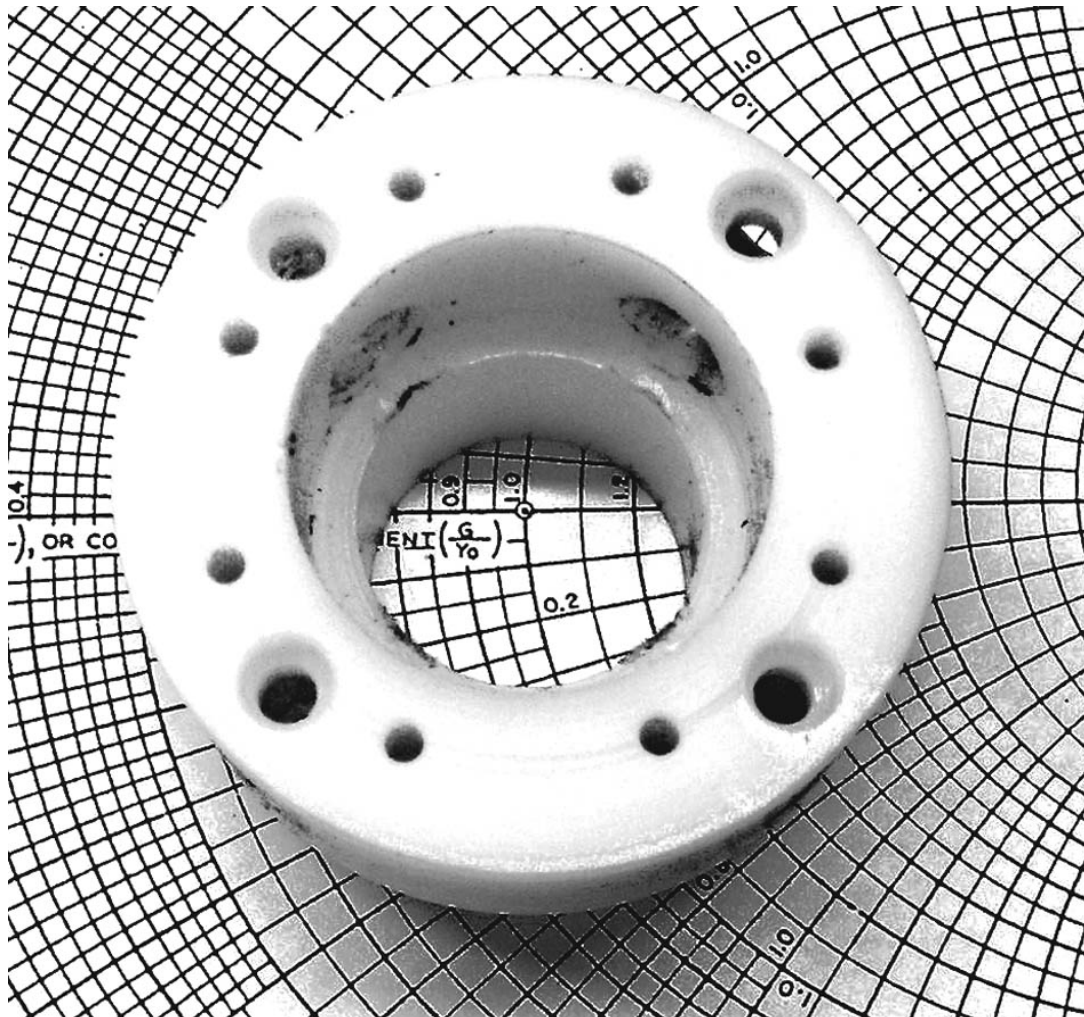
Wanneer u vragen over het programma PASAN heeft (werking, instellingen etc), neem dan a.u.b. met mij contact op. Zie onderaan dit artikel voor mijn gegevens. Voor diegenen die iets meer wil weten over Baluns, Smith Charts en RQHA's (**Note.12**). Walter Maxwell, W2DU heeft niet alleen een boek geschreven over deze materie, hij is ook de ontwerper van de Quadrifilar en andere antennes aan boord van de TIROS, ESSA en NOAA weersatellieten.





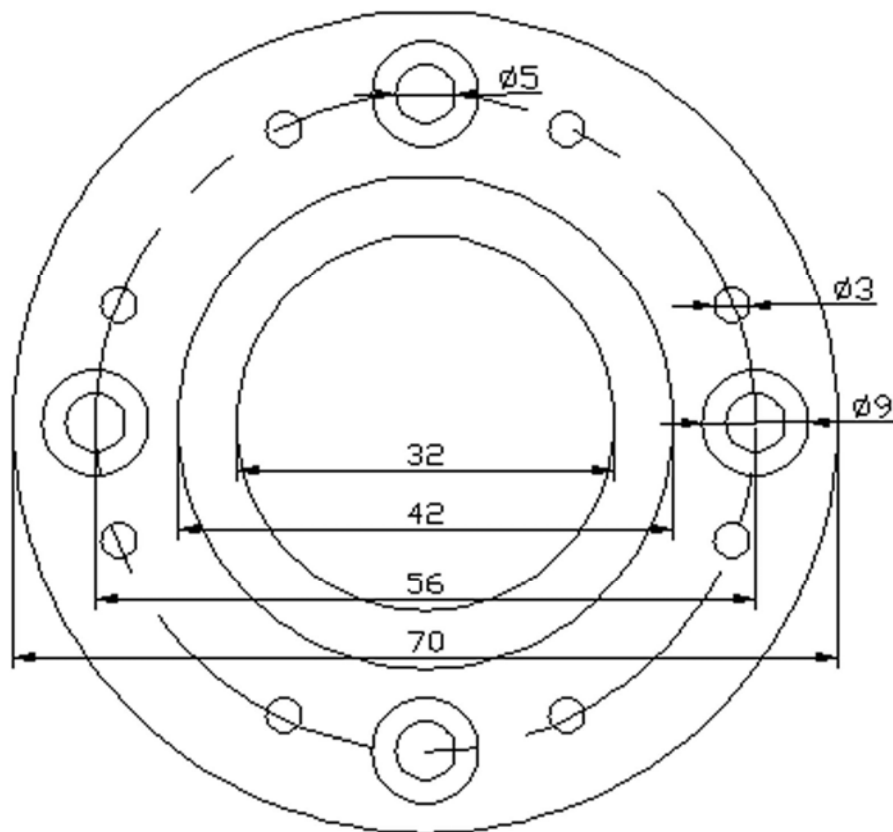
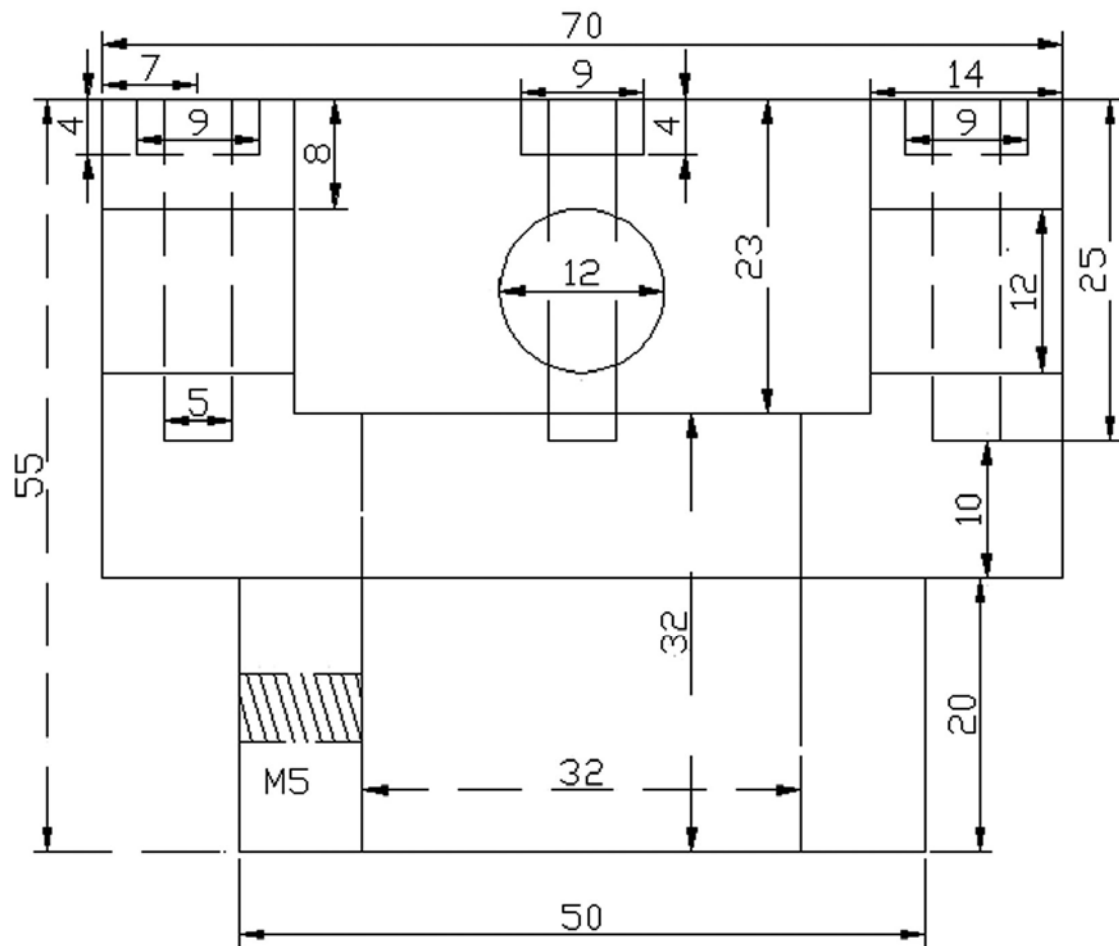
Realisatie.

De kop



Het lastigste onderdeel van deze antenne is het bovenste deel wat uit een stuk POM (**Note.13**) gemaakt moet worden. Het gat onderin dit stuk POM wordt uitgedraaid tot 32 mm doorsnede. Hierin moet de verticale PVC pijp gestoken worden die als mast en drager voor de loops functioneert. Bovenin moet een gat worden uitgedraaid van 42 mm. Hierin komt het printplaatje waarop de uiteinden van de stukken staf d.m.v. soldeerlippen soldeer verbonden worden.

Bovenin moeten de 4 horizontale gaten voor de horizontale aluminium stafdelen geboord worden. Dit is een precies werkje daar de 4 stukken staf zuiver horizontaal gemonteerd moeten worden. Een afwijking verticaal van enkele millimeters aan het uiteinde van het stukje staf zorgt voor enkele centimeters afwijking in diameter van de antenne en dus een afwijking in impedantie (en dus fase verschuiving tussen beide loops) en straling patroon. Vervolgens moeten de 4 gaten van bovenaf geboord worden waarmee d.m.v. vier M5 bouten de stukken staf vastgezet worden. Ik heb gekozen om bouten met een cilinder kop te gebruiken (zie tekening). Ook de 8 gaten van 2,4 mm waarin M3 getapt moet worden en waarmee het deksel moet worden vastgezet komen nu aan de beurt (*afb. 35, 36 en 37*).



In het onderste deel van het stuk POM moeten (haaks op de mast) twee gaten van 4 mm geboord worden waarin daarna in deze gaten M5 schroefdraad wordt getapt. Met deze twee bouten wordt het stuk POM op de PVC pijp vastgezet.

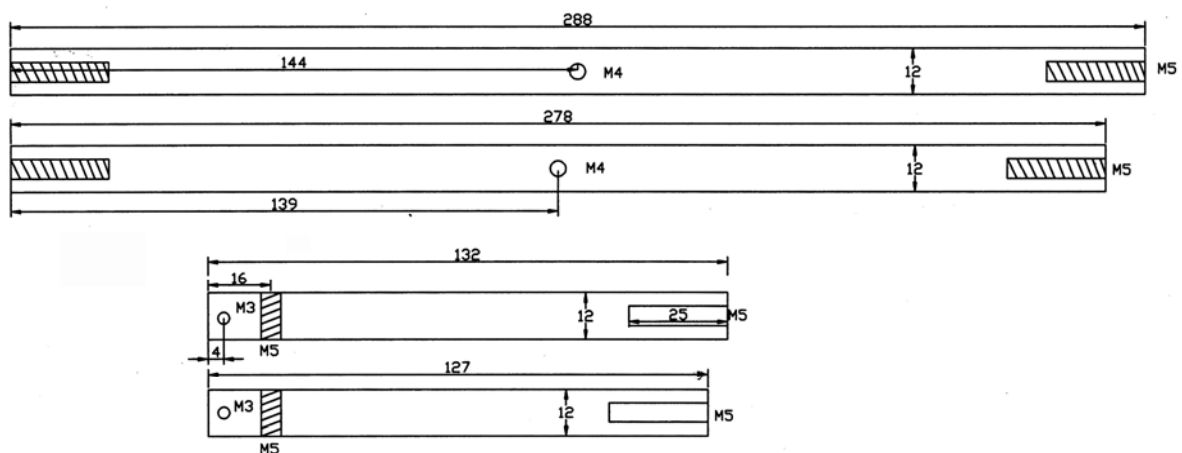
De stafdelen

Hierna komen de horizontale stukken staf aan de beurt.

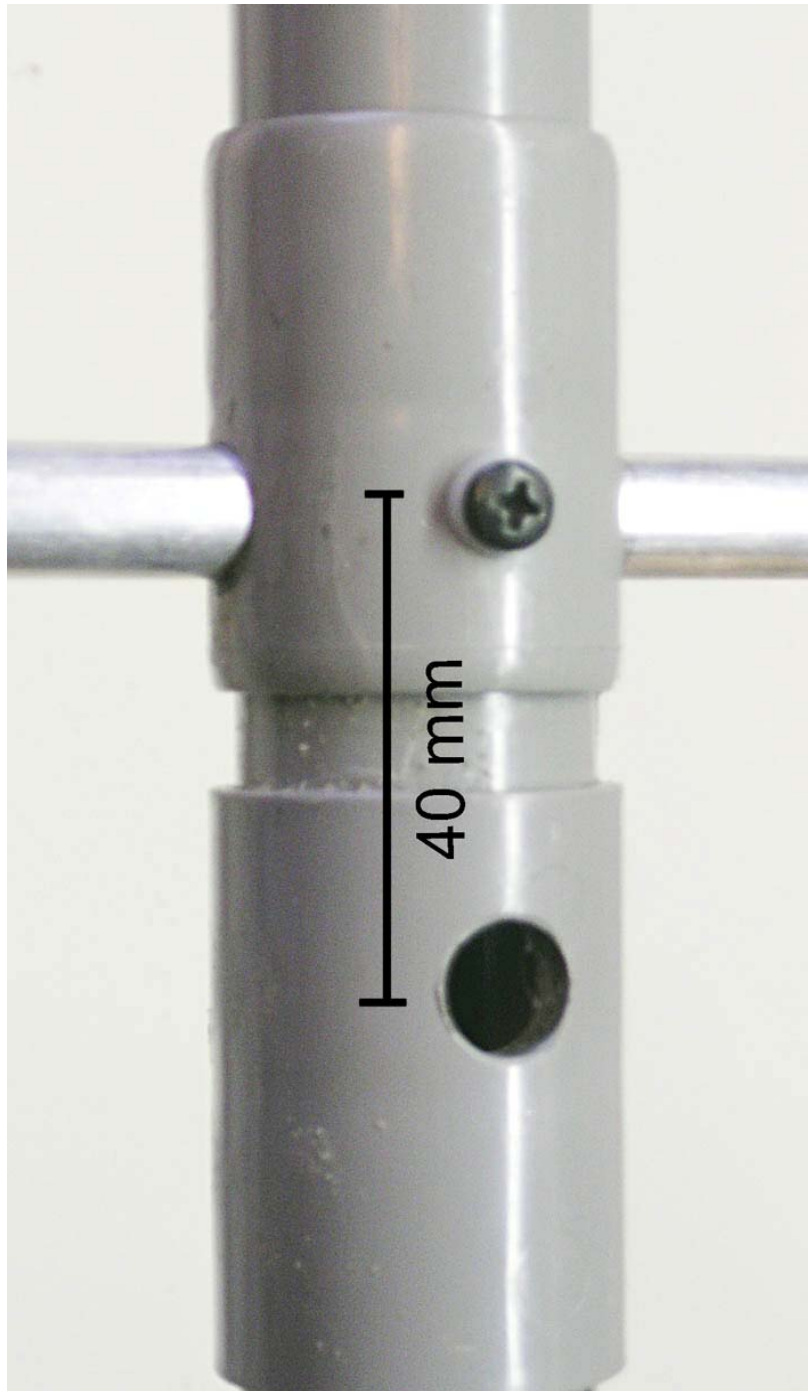


Zaag twee stukken van 127 mm en twee stukken van 132 mm af. Boor in alle vier de stukken aan een kant een gat van 4 mm diameter en een diepte van 25 mm of iets langer. Boor hierna aan de andere kant dwars door elk stuk staf op 16 mm van die kant ook een gat van 4 mm. Boor dan haaks op dat gat van 4 mm op 4 mm van dat zelfde uiteinde een gat van 2,4 mm. Tap dan in dat 2,4 mm gat M3 schroefdraad en in de 8 hiervoor geboorde gaten van 4 mm M5 schroefdraad (*afb. 38*).

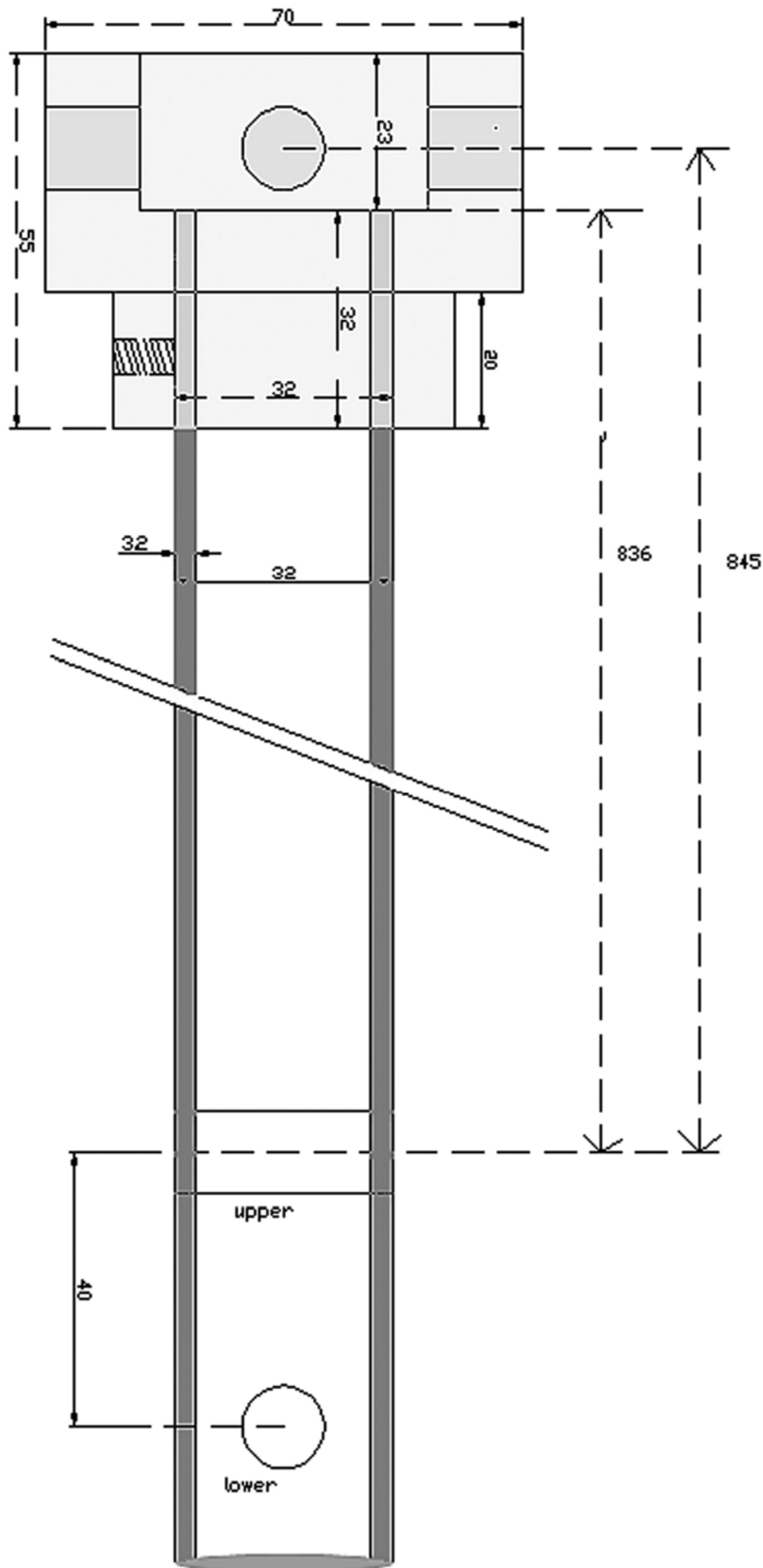
Zaag dan een stuk staf van 278 mm lengte en een stuk staf van 288 mm lengte af. Boor in alle vier de uiteinden een gat van 4 mm diameter en een diepte van 25 mm. In beide stukken moet er nu dwars een gat geboord worden van 3,2 mm. Diameter. Tap nu M5 schroefdraad in de vier 4 mm gaten en M4 in de twee 3,2 mm gaten. Zie voor de stafdelen details de tekening (*afb. 39*).



De mast.



De mast bestaat uit een stuk PVC buis van 32 mm buiten diameter. Bovenin de buis komen de twee nog als laatste te boren gaten waar mee de kop wordt vastgezet. Voorts worden dan de twee 12 mm gaten geboord waarin de twee onderste stukken staf worden geschoven en vastgezet. Ter versteviging kunnen er ter hoogte van deze twee gaten twee PVC-sokken over de buis geschoven worden. De aanwezige ril halverwege in deze sokken dient dan wel m.b.v. een vijl of rasp verwijderd te worden. De verticale afstand tussen het hart van deze twee gaten bedraagt 40 mm en deze gaten worden 90 graden t.o.v. elkaar verschoven geboord (*afb. 40*).

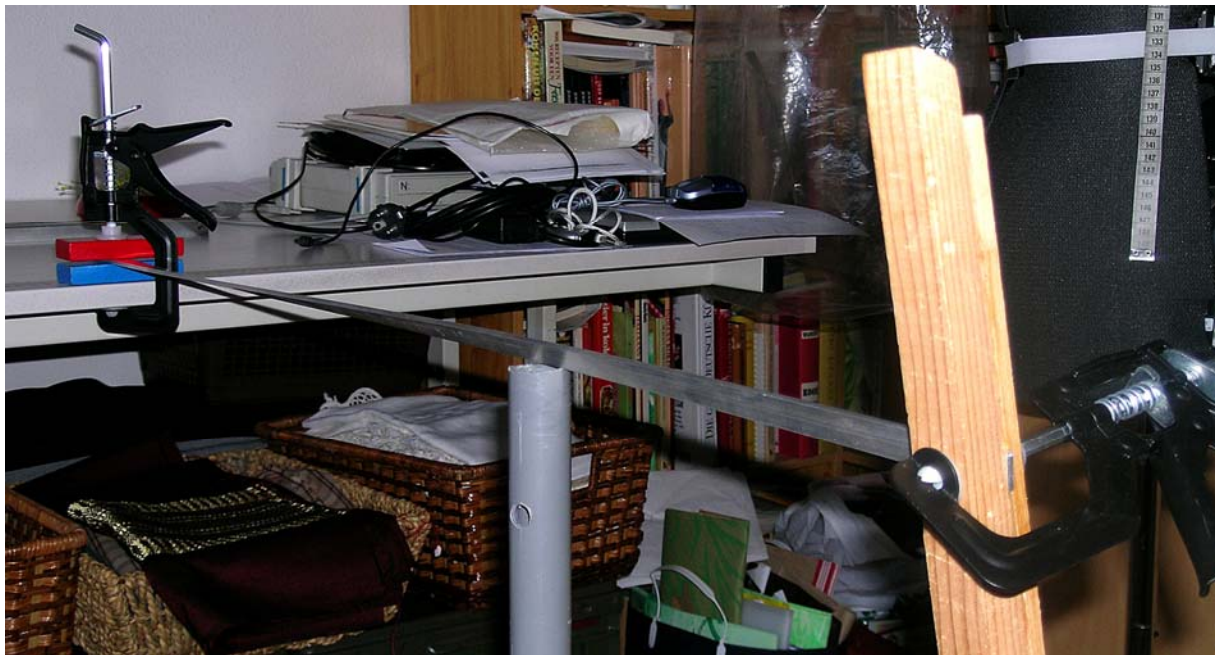


De afstand tussen het midden van de bovenste staf van deze twee en het midden van de recht daarboven aanwezige horizontale staf bedraagt 845 mm, de afstand tussen midden van de onderste staf en het midden van de recht daarboven gelegen staf bedraagt 885 mm (*afb. 41*).

De verticale aluminium stralers.

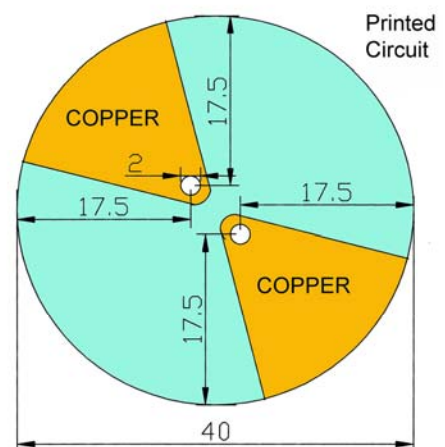
Nu zijn de aluminium strippen aan de beurt. Zaag twee strippen van 900 mm en twee strippen van 940 mm af. Boor dan in iedere strip, 10 mm van het einde, een gat van 5 mm.

Klem nu een strip aan één einde over een lengte van 30 mm in de bankschroef of vast bevestigde lijmkleem en het andere einde tussen twee stukken hardhout of lijmkleem, ook over 30 mm. Verdraai nu dit einde in één beweging, met de wijzers van de klok mee, ongeveer 120 graden. Na dit verbuigen zal de strip terugveren tot ongeveer 90 graden (*afb. 42*). Herhaal, indien nodig, deze verdraaiing nog eens. Doe dit zo vloeiend mogelijk en in zo min mogelijk aantal verdraaiingen. Dit voorkomt minuscule haarscheurtjes in het aluminium.



Het printplaatje.

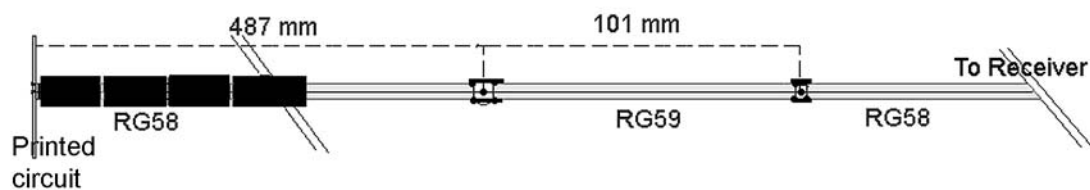
Neem een stukje enkelzijdig printplaat en zaag en/of vijl dit tot een rond schijfje. Ets of krab/frees een gedeelte van het koper weg (*afb. 43*) zodanig dat er twee elkaar niet rakende koper segmentjes overblijven. Op deze segmenten worden straks de bovenste stafdelen d.m.v. soldeerlippen verbonden.



De volgorde van samenbouw.

Begin met het samenstellen van de coax impedantie aanpassing en balun (afb. 44).
Neem een stuk coax kabel van 50 Ohm impedantie (RG58) met een lengte van ongeveer 520 mm lengte en snij deze kabel aan beide zijden aan.

Snij vervolgens een stuk coax van 75 Ohm impedantie (RG59) met een lengte van 120 mm aan. Vouw de afscherming terug, knip deze niet af!. Soldeer dan van deze twee stukken de binnenaders zodanig aan elkaar dat er zo min mogelijk ruimte is tussen de afscherming van beide kabels. Monteer dan een stukje in twee helften gesneden binnenisolatie over de gesoldeerde binnenader heen en vouw vervolgens beide afschermingen weer terug zodanig dat deze over het soldeerpunt heen liggen en soldeer deze aan elkaar vast. Werk deze verbinding netjes af met een stukje krimpkous. Het andere eind van het stukje RG59 kabel wordt op dezelfde wijze verbonden met de RG58 coaxkabel die naar de ontvanger gaat (afb. 45, 46, en 47).

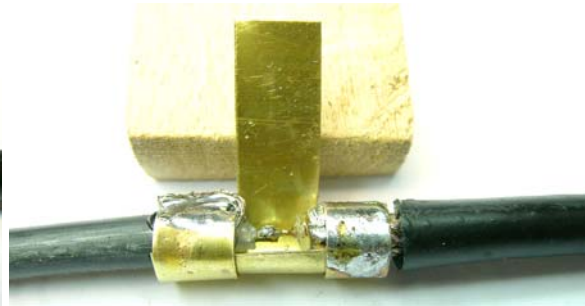


Afb. 44



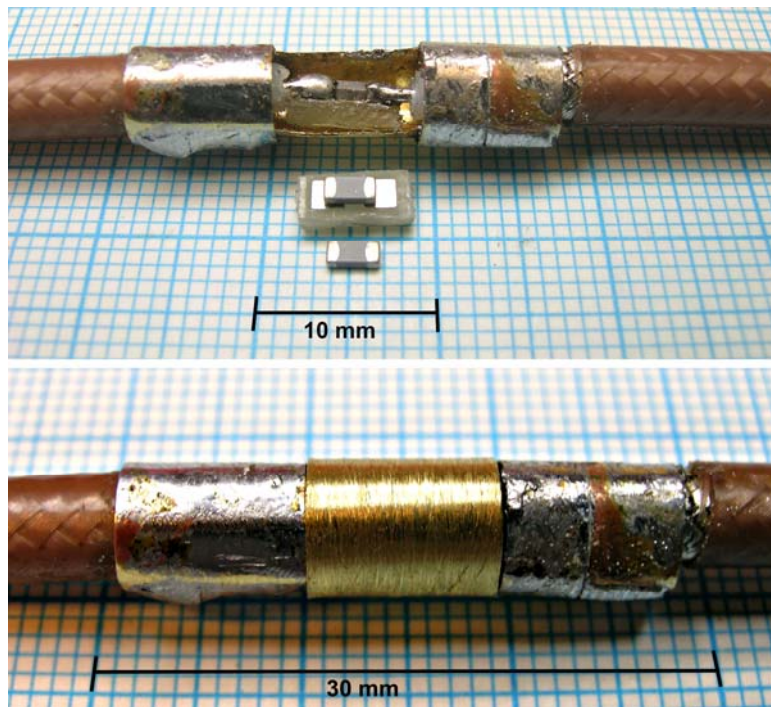
Een andere manier om de stukken coaxkabel aan elkaar te zetten is d.m.v. een hulpstukje gemaakt uit een klein plaatje blik of messing plaat van ongeveer 25 bij 20 mm en 0,3 mm dikte. Knip het plaatje op twee plekken, 7 mm vanaf de zijkant, in tot ongeveer halverwege. Buig nu dit plaatje rond b.v. een boortje van 5 mm. Vouw de middelste lip terug. Snij nu de coax kabel aan volgens de foto's, steek deze in beide zijden van het kokertje en soldeer de afscherming van de kabels aan het kokertje. Hierna kunnen de beide binnen aders aan elkaar gesoldeerd worden en kan de uitstekende lip verder in kokervorm worden gebogen zodat we een keurig kokertje krijgen wat vervolgens m.b.v. krimpkous verder kan worden afgewerkt (*afb. 48,49,50,51 en 52*).

Gebruik een hete soldeerbout met een grote punt om de afscherming snel aan het kokertje te solderen en zorg dat de binnen isolatie niet weg smelt. Indien u dit te lastig vindt kunt u natuurlijk ook 50 en 75 Ohm Teflon coax kabel toepassen. Let op, de verkorting factor van Teflon coax is 0,695 i.p.v. de 0,66 van RG58 en RG59. De lengte van de twee bovenste stukken coaxkabel kunnen dan m.b.v. het programma PASAN berekend worden door deze waarde in het "Transmission Line" scherm in te vullen, beide stukken worden iets langer (512 en 105 mm).



Het is ook mogelijk om met alleen gebruik van 50 Ohm coaxkabel en een condensator een aanpassing van 35 naar 50

Ohm te maken. Dit kan zowel door een condensator in serie in, of parallel aan, de coaxkabel te solderen. Om de waarde van deze condensator en de afstand tot de antenne aansluiting te berekenen gebruiken we weer het PASAN programma. Dit programma geeft aan dat een condensator van 65,6 (68) pF in serie met de binnenader opgenomen, op een afstand van 0,138 lambda van de antenne aansluiting (bij gebruik van RG 58 is deze afstand 201 mm) een perfecte aanpassing van 35 naar 50 Ohm geeft. Gebruik hiervoor ook het “kokertje” zoals getoond in afb. 49. Knip echter de middelste lip er af. Soldeer de beide aangesneden coaxkabels in het kokertje en laat de binnenaders iets in het open gedeelte uitsteken. Neem nu



een klein stukje printplaat waarvan het middengedeelte is weg gevijld en soldeer nu een smd-condensator van 68 pF op dit plaatje en soldeer vervolgens dit plaatje tussen de beide uitstekende coax binnen aders. Knip hierna een stukje messing van ongeveer 10 bij 10 mm en buig dit om een boortje van ongeveer 6 mm diameter. Soldeer vervolgens dit “dekseltje” over de opening in dit kokertje (*afb. 53*) en krimp er ter afwerking een stukje krimpkous over. Het gebruik van Teflon coaxkabel voorkomt dat bij dit “gesoldeerwerk” de binnen isolatie weg smelt.

Schuif nu de Ferriet ring- of buiskernen over het eerste stukje RG58 heen (type 43 materiaal en binnendiameter zo krap mogelijk passend over de coaxkabel). Mocht de binnendiameter van deze ring- of buiskernen net te krap zijn om over de coaxkabel heen te schuiven mag gerust de buiten isolatie van deze kabel over de benodigde lengte verwijderd worden. Ferriet kernen zijn niet geleidend, ijzerpoeder kernen wel (*afb. 54*).



Schuif vervolgens een stuk krimpkous over de Ferrite kernen heen en krimp deze kous met een hete lucht bron (haardroger) om deze kernen heen zodat er een stevig geheel ontstaat (afb. 55)



Soldeer nu het printje aan de Balun (afb. 56).



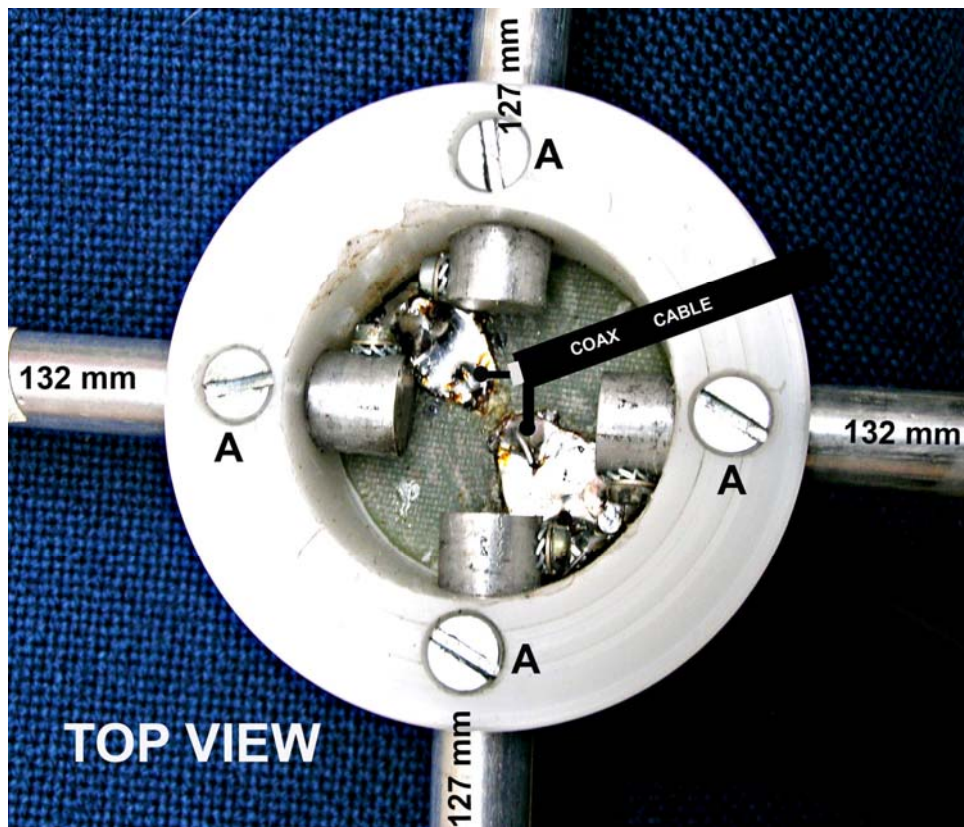
Schuif nu, van boven af, de samengestelde coaxkabel met print door de POM kop heen totdat de print op de richel in de kop blijft hangen.

Schuif nu de vier stukken staf zijdelings in de kop volgens foto. Let op, twee lange en twee korte stukken staf tegenover elkaar. Schroef vervolgens de 4 soldeerlippen met kartelring in de M3 gaten. Buig de uiteinden van de soldeerlippen zodanig dat zij na het verdraaien van een ¼ slag met hun uiteinden op de print rusten (afb. 57

en 58). Vergrendel nu de vier stukken staf door de vier M5 bouten (A) van bovenaf door de kop heen in het schroefgat van deze stukken staf vast te schroeven. Soldeer nu de vier soldeerlippen op de print vast (afb. 59).

De ingetekende coax kabel dient alleen om aan te geven hoe de naar onderen lopende coaxkabel aan de print is bevestigd.





Voer nu, van bovenaf, het einde van de coaxkabel door de onderste PVC buis heen en schuif vervolgens de POM kop op deze buis totdat de buis niet verder kan. Schuif hierna het langste stuk staf door het onderste gat en het kortere stuk door het 40 mm daar boven aanwezige gat. Beschadig de door de PVC buis lopende coax kabel niet. Verdraai nu de kop zodanig dat de twee langste stukken staf (132 mm) in deze kop zich loodrecht boven de korte (278 mm) staf bevinden. De afstand tussen het hart van deze stukken staf bedraagt nu 845 mm (*afb. 41*). De loodrechte hartafstand tussen de bovenste twee korte stukken staf (127 mm) en de onderste lange staf (288 mm) bedraagt nu 885 mm. Schroef nu de twee M5 bouten onder in de kop tegen de PVC buis aan en vervolgens weer los. Trek nu de kop weer een stuk omhoog van de PVC buis en boor in deze buis precies op de plek waar de twee M5 bouten een afdruk hebben achtergelaten, een gat van iets kleiner dan 5 mm. Let op, boor niet in de coax kabel of Balun. Zet de kop weer op de PVC buis (zelfde positie als hiervoor) en schroef de twee M5 bouten weer zodanig in de kop dat zij ongeveer 5 mm door het gat in de buis steken. Boutjes met een schroefdraadlengte van 15 mm zijn hier geschikt voor. De kop kan nu niet meer op de buis verdraaien.

Monteer nu de 4 aluminium strippen m.b.v. M5 boutjes en ringetjes. De twee korte strippen zullen bij het vastschroeven een beetje bol gaan staan en dus, wanneer alle maten kloppen, een denkbeeldige cilinder gaan vormen (*afb.60*). Belangrijk is dat de kop goed vergrendeld zit op de PVC mast daar anders de kop los raakt van de mast. De cilindervorm is te controleren door met een meetlat of zelfgemaakte mal de afstand tussen mast en strip over de gehele hoogte te meten.



Wanneer alles goed werkt, schroef dan het deksel op de kop met 8 boutjes vast. Als waterdichte afsluiting tussen kop en deksel kunt u een rubber afsluitring (verkrijgbaar bij de lokale bouwmarkt) of een uit een fiets binnenband geknipte ring monteren. Ook een op de bovenrand van de kop (dun) gesmeerde afdichting kit (geen siliconen!) houdt het vocht buiten. Om de bevestiging punten tussen strip en staf tegen corrosie te beschermen kunnen deze met een conserveer middel (b.v. Tectyl) behandeld worden.

Nawoord.

Ik heb met plezier veel tijd besteed aan dit ontwerp. Geprobeerd is een totaalbeeld te geven van af een idee, tot aan het publiceren van een compleet bouw ontwerp. Een aantal zaken had ik, na enig nog uit te voeren onderzoek, nog willen meenemen in deze beschrijving, maar dan zou deze publicatie nog minstens met een half jaar uitgesteld worden. Ik noem het (zelf) chemisch behandelen (tegen corrosie) van de aluminium delen, de (vergelijkende) resultaten van antenne metingen van deze en andere weersatelliet antennes in het vrije veld, het maken van een Balun d.m.v. een trifilair gewikkelde ringkern, het experimenteren met een taps toe lopende RQHA, het maken van een $\frac{1}{4}$ golflengte RQHA waarvan de loops aan de onderkant open blijven (de RQHA heeft dan slechts de halve hoogte van deze antenne) en nog wat ideeën. Er blijft dus nog genoeg te experimenteren. Ik wil iedereen die mij heeft geholpen bij de totstandkoming van dit verhaal bedanken. In het bijzonder mijn vrouw Adri. Tijdens de tiental "tuinmetingen" stond de noodzakelijke meetapparatuur, antennes etc, regelmatig midden in de huiskamer te wachten op een droog weer periode. Normaal staat deze apparatuur op zolder, maar om zo'n 100 kg in totaal aan spullen elke keer weer twee verdiepingen omhoog en omlaag te sjouwen ben ik eigenlijk al een beetje te oud! Ook dank ik haar voor het gebruik van haar naaikamer waar ik de tientallen foto opnamen en tekeningen heb gemaakt van de diverse onderdelen en het door haar brengen naar zolder van diverse hapjes en drankjes wanneer ik geen tijd had/nam om naar beneden te komen.

Lees voor de bouw van deze antenne dit artikel eerst goed en gebruik het juiste gereedschap! Mochten er toch nog foutjes zijn geslopen in dit artikel (dit is versie 37) stuur mij dan een berichtje of bel mij op zodat ik dan snel dit artikel kan aanpassen.

Ruud Jansen PA0ROJ

E-mail ruud@farbridges.net

Materiaal lijst.

- 2 strippen aluminium 15 mm breed, 900 mm lang en 3 mm dik. Hard of halfhard.
- 2 strippen aluminium 15 mm breed, 940 mm lang en 3 mm dik. Hard of halfhard.
- 2 stukken staf van 12 mm rond en 127 mm lang.
- 2 stukken aluminium staf van 12 mm rond en 132 mm lang.
- 1 stuk aluminium staf van 12 mm rond en 278 mm lang.
- 1 stuk aluminium staf van 12 mm rond en 288 mm lang.
- 1 stuk P.O.M. (Polyoxymethyleen) 70 mm rond en 55 mm lang
- 1 stuk P.O.M. of Lexaan (Polycarbonaat) 70 mm rond en 3 tot 8 mm dik (deksel)

Samenstelling Impedantie aanpassing.

- 1 stuk coax kabel, type RG58, lengte 52 cm.
- 1 stuk coax kabel, type RG59, lengte 15 cm.
- 1 stuk coax kabel, type RG58, lengte afhankelijk van afstand tussen antenne en ontvanger.

Samenstelling Balun.

- 25 stuks Amidon FB-43-2401 (FP-43-2401, www.amidon.de) of
 - 12 stuks Amidon FB-43-6301 (FP-43-6301, www.amidon.de) of
 - 15 stuks Richcom RT11-050-090 (www.conrad.nl) of
 - 17 stuks Richcom RT09-050-080 (www.conrad.nl)
- Ook heeft Display Electronics bruikbare Ferriet ringen en buiskernen in haar leveringsprogramma. Ik heb deze echter nog niet getest.

Krimpkous om over de coax verbinding soldeer punten, de aan elkaar gesoldeerde afschermingen en de Ferriet kernen te krimpen

Voor verbinding tussen aluminium staf en coaxkabel:

- 1 stukje enkelzijdig ronde printplaat, 40 mm diameter.
- 4 soldeer lippen 3 mm gat.
- 4 boutjes M3 cilinderkop 12 mm
- 4 ringetjes met 3 mm gat
- 4 veer of kartel ringetjes 3 mm gat

Voor vastzetten van de vier bovenste stukken staf:

- 4 boutjes M5 cilinderkop 20 mm
- 4 ringen 5 mm gat
- 8 veer ringen 5 mm gat

Voor montage strips aan stukken staf:

- 8 boutjes M5 van 25 mm + 8 ringen + 8 veer ringen (boven en onder)

Montage van loops op mast:

- 1 stuk kunststof pijp 32 mm buitendiameter (PVC), ongeveer 2 meter lang (voor mast)
- 2 sokken voor 32 mm (P.VC.) pijp (zie foto).
- 2 boutjes M5 (schroefdraad lengte 15 mm) met ring om bovenstuk op mast vast te zetten (zie foto's).
- 2 boutjes M4 met ring (schroefdraad lengte ongeveer 25 mm) om de twee onderste stukken staf vast te zetten.
- 8 boutjes M3 (RVS of Nylon) met ring om deksel vast te zetten.

Opmerking, alle boutjes, ringen etc van RVS materiaal. Gegalvaniseerde boutjes en ringetjes zullen voor minder galvanische corrosie zorgen t.o.v. aluminium, maar de combinatie RVS-aluminium en dan afgedekt door b.v. Tectyl is een bruikbare oplossing.

Indien gewenst, een corrosie bescherming middel, b.v. Tectyl.
<http://tectyl.valvolineurope.com/nl/>

Bijschrift schrijver.

Voor adressen waar bovenstaande materialen verkrijgbaar zijn kan men met mij contact opnemen.

- Note 1. Ruud Jansen. De Pita137, beschreven in De Kunstmaan no. April 2000 en op te halen bij www.jendela.nl en www.kunstmanen.nl
- Note 2. Ruud Jansen. De Kunstmaan Februari 2005
- Note 3. Rob Hollander. RQHA, beschreven in. Technote 1999-1 (www.kunstmanen.nl)
- Note 4. Rob Hollander. Artikel over straling diagrammen. GEO Quarterly No 3.
- Note 5. <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/smithchart.cfm#smith>
THE ARRL ANTENNA BOOK, chapter 28. ISBN: 0-87259-904-3
The Antenna Experimenter's Guide, G3LDO. ISBN 1-872309-36-4
- Note 6. H.S.C. Wang. IEEE transactions on antennas and propagation, vol. 39, no 8. august 1991
- Note 7. C.C.Kilgus. the microwave journal, December 1970
- Note 8. http://www.poynting.co.za/tech_training/tut_balun.shtml
- Note 9. Amidon. <http://www.amidon.de/ferritinkerne.htm> en ELECTRON, september 1991 pag. 468-469 (VERON).
- Note 10. <http://www.circuitsage.com/matching.html> en <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/jefferies-stub.html>.
- Note 11. <http://members.home.nl/mvanwesten/elek/nelek.html>
- Note 12. Reflections II" By M. Walter Maxwell, w2du ISBN 0-9705206-0-3
- Note 13. Thermoplasten, POM (Polyoxymethyleen). Een kunststof met uitstekende HF eigenschappen. Neemt weinig water op , is slijtvast en zeer sterk en is makkelijk te bewerken. Wordt geleverd onder o.a. merknaam Delrin.

Afb1	koperpijp zolder
Afb2	grafiek 45 graden
Afb3	smith chart gescand
Afb4	90 graden units
Afb5	tuinfoto opstelling
Afb6	gleuven in plastic mast
Afb7	foto strip gleuven
Afb8	staf met ringen
Afb9	ringen
Afb10	schoolfoto 1
Afb11	foto polar display kromme
Afb12	grafiek_looplengte
Afb13	chart looplengte
Afb14	foto tuin meet opstelling_1
Afb15	foto tuin meet opstelling_2
Afb16	schema meet opstelling
Afb17	X-Y recorder
Afb18	RQHA XY plot
Afb19	i1+i2+i3_1
Afb20	i1+i2+i3_2
Afb21	trifilair
Afb22	messaging balun
Afb23	bazooka
Afb24	bazooka 2 elements_1
Afb25	bazooka 2 elements_2
Afb26	Gewikkelde coaxkabel
Afb27	Gescande Amidon grafiek
Afb28	foto ferriet/buiskernen
Afb29	foto stubs
Afb30	kwart wave trafo
Afb31	tekening ronde coax
Afb32	plot pasan met 50/25/50
Afb33	plot pasan 50/93/50
Afb34	plot pasan 50/75/50
Afb35	foto van bovenaanzicht kop
Afb36	tek. van zijaanzicht kop
Afb37	tek. van bovenaanzicht kop
Afb38	foto staf M3 en M5.
Afb39	tekening stukken staf
Afb40	foto onderstuk mast
Afb41	tek. Kop en mast
Afb42	foto strip buigen
Afb43	printplaat
Afb44	tek. Coax aanpassing
Afb45	montage coax1
Afb46	montage coax2
Afb47	montage coax3
Afb48	koker 1
Afb49	koker 2
Afb50	koker 3
Afb51	koker 4
Afb52	koker 5
Afb53	koker_serie_C
Afb54	balun1
Afb55	balun2
Afb56	print montage
Afb57	staf met soldeerlippen 1
Afb58	staf met soldeerlip
Afb59	foto kop
Afb60	foto antenne achterzicht