

BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

70

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

KONSTRUKCJE ANTENOWE
TOM 1
WYDANIE 3

WIEDEŃ 2026



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń 2026

Opracowanie niniejsze może być rozpowszechniane i kopiowane na zasadach niekomercyjnych w dowolnej postaci (elektronicznej, drukowanej itp.) i na dowolnych nośnikach lub w sieciach komputerowych pod warunkiem nie dokonywania w nim żadnych zmian i nie usuwania nazwiska autora. Na tych samych warunkach dozwolone jest tłumaczenie na języki obce i rozpowszechnianie tych tłumaczeń.

Na rozpowszechnianie na innych zasadach konieczne jest uzyskanie pisemnej zgody autora.

Konstrukcje antenowe

Tom 1

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 3
Wiedeń, styczeń 2026

Spis treści

Wstęp	8
1. Anteny krótkofalowe	9
1.1. Anteny dipolowe	9
1.1.1. Szerokopasmowa antena wachlarzowa	9
1.1.2. Dwuelementowa antena kierunkowa na pasma 6 – 20 m	12
1.1.3. Antena dipolowa o załamanych ramionach	14
1.1.4. Owalna antena Moxona na pasmo 15 m	15
1.1.5. Krótkofalowe anteny z promiennikami biernymi	16
1.1.6. Przenośne krótkofalowe anteny teleskopowe	21
1.1.7. Krótka antena T na pasmo 160 m	25
1.2. Anteny pionowe	27
1.2.1. Trzypasmowa antena QRP	27
1.2.2. Skrócony dipol na pasmo 10 m	28
1.2.3. Skrócona antena pionowa na pasma 15 m, 17 m i 20 m	29
1.2.4. Skrócona antena pionowa na pasma 10 m, 15 m i na dolne pasma	31
1.2.5. Skrócone anteny GP	32
1.2.6. Antena HB9XBG	33
1.2.7. Pionowa antena czteropasmowa	35
1.2.8. Uziemiona antena półfalowa	38
1.2.9. Pionowa antena $5/8 \lambda$ na 10 MHz	40
1.2.10. Półfalowa antena pionowa na pasma 10 – 20 m	43
1.2.11. Antena odwrócone T	44
1.2.12. Antena J na pasmo 10 m	46
1.2.13. Antena Avanti na pasmo CB 27 MHz	48
1.2.14. Antena ćwierćfalowa ze spiralną przeciwwagą	50
1.3. Anteny długie	53
1.3.1. Piętrowe anteny V o topologii gwiazdистой	53
1.4. Obwody dopasowujące	54
1.4.1. Obwód dopasowujący QRP	54
1.4.2. Straty w wyniku niedopasowania	56
2. Anteny na pasmo 50 MHz	57
2.1. Szkieletowa antena trójkątna na pasmo 6 m	57
2.2. Pozioma antena pętlowa na pasmo 6 m	59
2.3. Ukryta antena J na pasmo 6 m	61
2.4. Krótka antena 3-elementowa	62
3. Anteny na pasmo 70 MHz	67
3.1. Krótkie anteny na pasmo 4 m	67
4. Anteny na pasma 2 m i 70 cm	72
4.1. Antena Yagi do łączności EME	72
4.2. Anteny J z płaskiego kabla	74
4.3. Trójkątna antena pętlowa na pasmo 2 m	78
4.4. Szerokopasmowa antena UKF	80
4.5. Skrócony dipol UKF	82
4.6. Dwupasmowa antena J wykonana z rurek miedzianych	84
4.7. Proste poręczne anteny Yagi na pasma 2 i 6 m	86
4.8. Antena <i>Astroplane</i> na pasmo 2 m	90
4.9. Dipol pętlowy na pasmo 70 cm	92
5. Anteny na pasma 23 i 13 cm	95
5.1. Antena tarczowa na pasmo 13 cm	95
5.2. Antena helikoidalna na pasmo 13 cm	96
Dodatek A. Antena KF – 6 m typu MFJ-1898	99
Dodatek B. Izolator środkowy dla anten dipolowych	101
Literatura i adresy internetowe	103

Spis tomów „Biblioteki polskiego krótkofalowca”

105

Sommaire

Antennes diverses

Préface	8
1. Antennes décamétriques	9
1.1. Doublets	9
1.1.1. Antenne gamme à large bande	9
1.1.2. Antenne directive à deux éléments pour les bandes 6 – 20 m	12
1.1.3. Antenne dipôle replié	14
1.1.4. Antenne Moxon ovale pour 15 m	15
1.1.5. Antennes décamétriques à brins rayonnants	16
1.1.6. Antennes télescopiques portables à ondes courtes	21
1.1.7. Antenne en T courte pour la bande des 160 m	25
1.2. Antennes verticales	27
1.2.1. Antenne tribande QRP	27
1.2.2. Dublet raccourcie pour la bande des 10 m	28
1.2.3. Antenne verticale raccourcie pour les bandes 15 m, 17 m et 20 m	29
1.2.4. Antenne verticale raccourcie pour les bandes 10, 15, 80 et 160 m	31
1.2.5. Antennes ground plane raccourcies	32
1.2.6. Antenne de HB9XBG	33
1.2.7. Antenne verticale quatre bandes	35
1.2.8. Antenne demi-onde mise à la terre	38
1.2.9. Antenne verticale $5/8 \lambda$ pour la bande des 10 MHz	40
1.2.10. Antenne verticale demi-onde pour les bandes 10 – 20 m	43
1.2.11. Antenne en T inversé	44
1.2.12. Antenne en J pour la bande 10 m	46
1.2.13. Antenne Avanti pour la bande des 27 MHz	48
1.2.14. Antenne quart d'onde avec contrepoids spiralé	50
1.3. Antennes long fil	53
1.3.1. Antennes étoile superposées en V	53
1.4. Circuits d'adaptation	54
1.4.1. Circuit d'adaptation pour QRP	54
1.4.2. Pertes dues aux désadaptations	56
2. Antennes pour la bande de 50 MHz	57
2.1. Antenne triangle squelette pour la bande des 6 m	57
2.2. Antenne à boucle horizontale pour la bande des 6 m	59
2.3. Antenne caché en J pour la bande des 6 m	61
2.4. Antenne courte à trois éléments	62
3. Antennes pour la bande des 70 MHz	67
3.1. Antennes raccourcies pour la bande de 4 m	67
4. Antennes pour les bandes 2 m et 70 cm	72
4.1. Antenne Yagi pour EME	72
4.2. Antennes en J à câble plat	74
4.3. Antenne triangle à boucle horizontale pour la bande des 2 m	78
4.4. Antenne THF à large bande	80
4.5. Dipôle THF fortement raccourci	82
4.6. Antenne en J bibande fabriqué à partir de tuyaux en cuivre	84
4.7. Antennes Yagi simples pour les bandes des 2 et 6 m	86
4.8. Antenne <i>Astroplane</i> pour la bande des 2 m	90
4.9. Antenne à boucle horizontale pour la bande des 70 cm	92
5. Antennes pour les bandes des 23 et 13 cm	95
5.1. Antennes à disques pour la bande des 13 cm	95
5.2. Antenne hélicoïdale pour la bande des 13 cm	96
Annexe A. Antenne MFJ-1898 pour les bandes HF – 6 m	92
Annexe B. Isolateur central pour le doublet	101

Bibliographie et les pages web	103
Liste des volumes de la „Bibliothèque de radioamateur polonais”	105

Wstęp

Obecny tom stanowi uzupełnienie tomów 49 – 52, w których omówiono podstawy teoretyczne funkcjonowania anten różnych typów i ich najważniejsze rozwiązania. Rozwiązań anten jest całe mnóstwo i ciągle publikowane są opisy coraz to nowych konstrukcji albo punktów widzenia na znane już od dawna. Dlatego też autor koncentruje się na stronie praktycznej wybierając opisy ciekawszych, zwłaszcza nietypowych konstrukcji, które stały się znane po opublikowaniu dotychczasowych tomów albo z różnych względów nie pasowały do układu materiału w poprzednich tomach. Warto też przypomnieć, że zbiór konstrukcji anten ławych do ukrycia przed niepożądanym okiem zawiera tom 32.

Antena stanowi element dopasowującym system nadawczo-odbiorczy do wolnej przestrzeni. Na osiągnięcia łącznościowe istotny wpływ wywierają zjawiska występujące w przestrzeni pomiędzy antenami nadawcy i odbiorcy – w pierwszym rzędzie w jonosferze i troposferze. Sprawom propagacji fal elektromagnetycznych jest poświęcony tom 48 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.

W obecnym trzecim wydaniu dodano lub rozszerzono punkty 1.1.5, 1.1.6, 1.1.7, 1.2.14, 1.4.2, 2.4, 4.2, 4.9 i dodatek B. Życzymy owocnej lektury.

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wiedeń

16 grudnia 2023

28 stycznia 2025

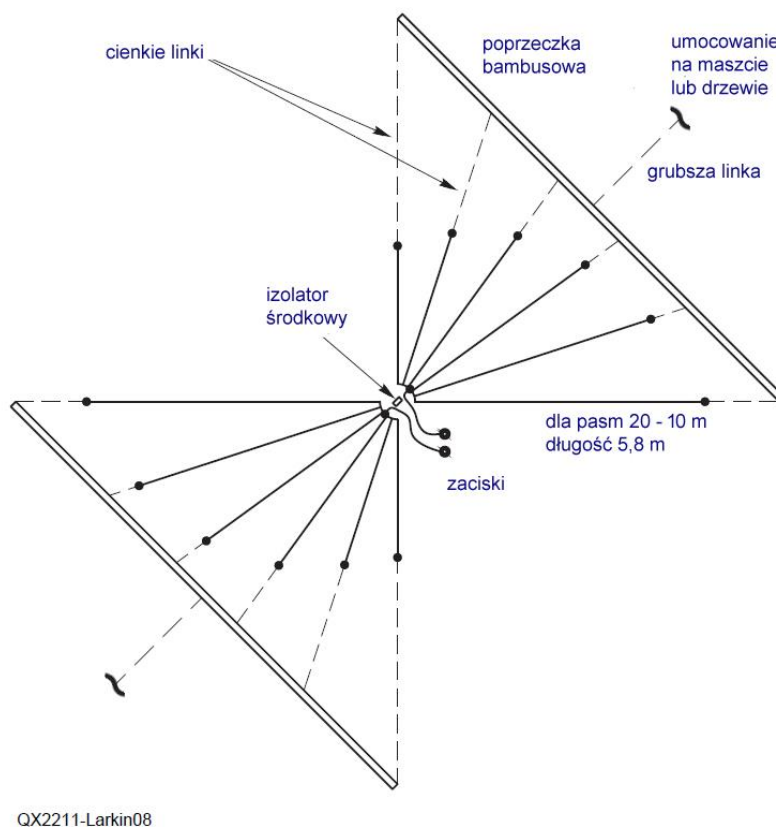
28 grudnia 2025

1. Anteny krótkofalowe

1.1. Anteny dipolowe

1.1.1. Szerokopasmowa antena wachlarzowa

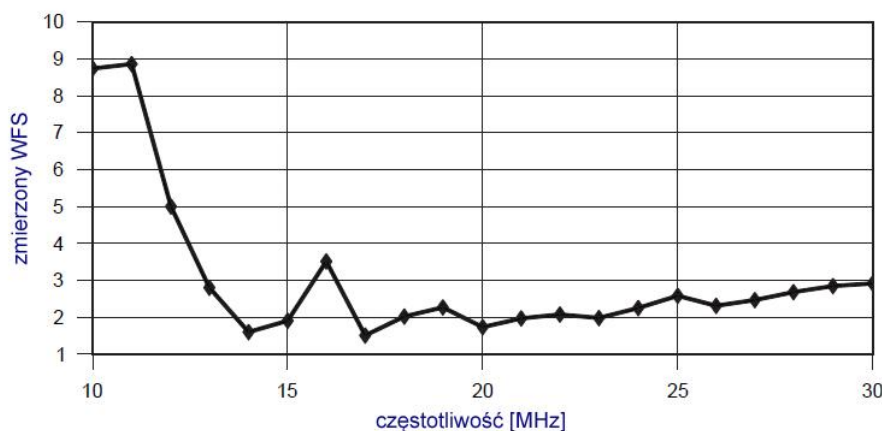
Konstrukcja anteny pokrywającej zakres 20 – 10 m składa się z sześciu dipoli rozmieszczonych co 18° , tak że kąt między skrajnymi dipolami jest kątem prostym. Rozwiązanie takie jest dobrym kompromisem zapewniającym najszerszy i ciągły zakres pracy. Przy bliskim rozmieszczeniu elementów czyli przy większej liczbie dipoli albo przy kącie między skrajnymi mniejszym od prostego, a co za tym idzie silniejszym sprzężeniu między nimi, WFS pomiędzy częstotliwościami rezonansu przyjmuje duże wartości uniemożliwiające dopasowanie anteny. Antena zamiast szerokopasmowej staje się kilkupasmoową. W przyjętym rozwiązaniu WFS w zakresie powyżej rezonansu najdłuższego elementu nie przekracza w przybliżeniu 3, dzięki czemu antena daje się łatwo dopasować za pomocą typowych automatycznych skrzynek antenowych. Poniżej tego rezonansu WFS przyjmuje wysokie wartości. Charakterystyka dopasowania odpowiada więc charakterystyce filtra górnoprzepustowego o częstotliwości granicznej zbliżonej do rezonansu najdłuższego dipola.



Rys. 1.1.1.1. Konstrukcja anteny wachlarzowej rozwieszanej poziomo między dwoma drzewami lub masztami. Konieczne są, nie narysowane, dodatkowe linki stabilizujące poprzeczki w płaszczyźnie poziomej

Zakres częstotliwości pracy anteny ma szerokość około 3:1, w pewnej mierze dzięki ograniczeniu sprzężeń między dipolami, a częściowo również dzięki temu, że dla wyższych częstotliwości dipole pracują jako 1,5-falowe, a nie jako półfalowe. Przebieg impedancji w funkcji częstotliwości powtarza się więc w pobliżu trzeciej harmonicznej (i kolejnych nieparzystych harmonicznych). Korzystny stosunek długości najkrótszego do najdłuższego dipola i zarazem stosunek ich częstotliwości rezonansowych wynosi $\sim 0,5$ skąd wynika (dla 6 dipoli) skok długości kolejnych dipoli około 0,87 – jako pierwiastek piątego rzędu z 0,5. Ujmując to matematycznie: długości dipoli tworzą ciąg geometryczny o ilorazie 0,87. Długości dipoli zostały dobrane eksperymentalnie przez konstruktora. Wymiar naj-

dłuższego dipola jest obliczony ze wzoru dla dipola półfalowego $l [m] = 143 v / f [MHz]$, gdzie v jest współczynnikiem skrócenia 0,99 – 0,95 zależnym od grubości przewodu i wpływu ewentualnej izolacji.

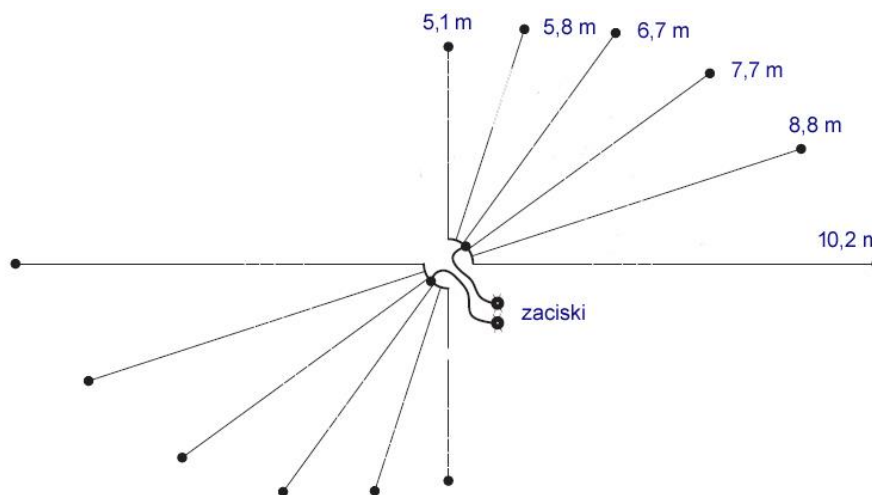


QX2211-Larkin07

Rys.1.1.1.2. Zmierzony przebieg WFS anteny na pasma 20 – 10 m dla systemu 50-omowego. Wyraźnie widoczny górnoprzepustowy charakter anteny

Przy stosunku częstotliwości krańcowych dipoli zbliżonym do 1 (przykładowo 0,8) antena zachowuje się jak dipol wienieczeniowy (Nadienienki) o jednej częstotliwości rezonansowej i paśmie szerszym niż dla pojedynczego przewodu. Dla stosunków niższych od 0,5 (przykładowo 0,35) pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi dipoli pojawiają się zakresy o wysokim WFS i antena staje się anteną kilku- a nie szerokopasmową. Konstruktor zaleca wypróbowanie wartości zbliżonych do 0,5.

Kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny nie jest stała, i zmienia się z częstotliwością pracy wskutek wachlarzowego rozmieszczenia dipoli. Różni się ona zdecydowanie od charakterystyki kierunkowej dipola i składa się z kilku listków. W promieniowaniu anteny biorą udział przeważnie 3 – 4 dipole.



QX2211-Larkin01

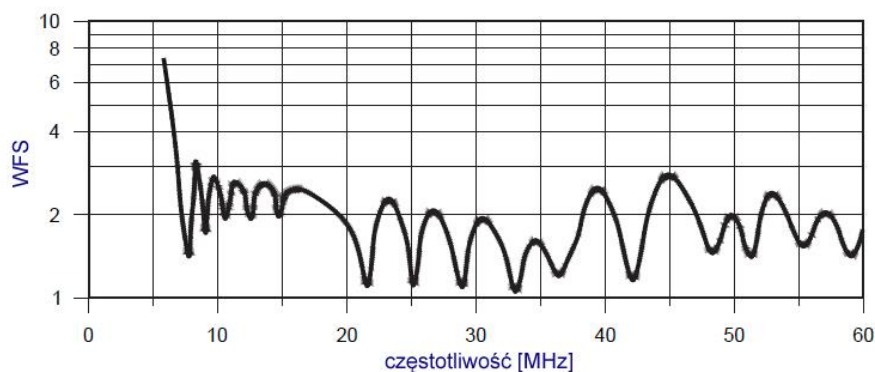
Rys. 1.1.1.3. Konstrukcja anteny wachlarzowej na pasma od 40 m wzwyż. Kąty pomiędzy dipolami wynoszą 18 stopni. Na rysunku podane są długości połówek dipoli

Konstrukcja z rysunku 1.1.1.1 ma dolną częstotliwość graniczną 12 MHz, połówka najdłuższego dipola ma długość 5,8 m, a jako iloraz ciągu konstruktor przyjął wartość 0,85. Przebieg WFS w funkcji częstotliwości w systemie 50-omowym przedstawia rys. 1.1.1.2. Najwyższa wartość współczynnika fali stojącej wynosi około 3,5 i przypada na zakres w pobliżu 16 MHz.

Antena jest wykonana z przewodu o średnicy 1 mm przedłużonego za pomocą linki izolacyjnej tak aby końce elementów można było umocować na poprzeczkach z materiału izolacyjnego (w oryginalnej

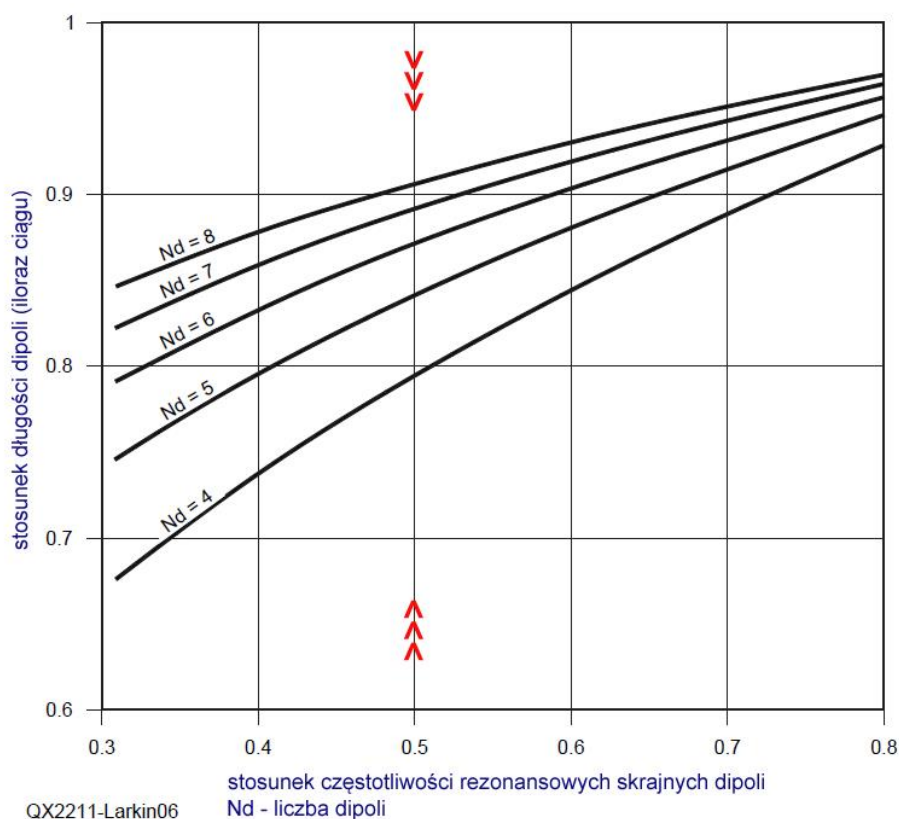
konstrukcji były to poprzeczki bambusowe). W wariancie odwróconego V potrzebny jest tylko pojedynczy maszt.

Konstrukcja z rysunku 1.1.1.3 pracuje w pasmach od 7 MHz do 30 MHz i w paśmie 50 MHz (dla rezonansów przy $5/2$ długości fali). Długości połówek dipoli wynoszą 10,2, 8,8, 7,7, 6,7, 5,8 i 5,1 m, a iloraz ciągu – 0,87. Przebieg WFS przedstawiono na rysunku 1.1.1.4.



QX2211-Larkin02

Rys. 1.1.1.4. Przebieg WFS dla anteny z rys. 1.1.1.3 obliczony przez NEC2 dla systemu 175-omowego



QX2211-Larkin06

stosunek częstotliwości rezonansowych skrajnych dipoli
Nd - liczba dipoli

Rys. 1.1.1.5. Zależność stosunku długości dipoli w zależności od stosunku rezonansów skrajnych dipoli i ich liczby Nd

[1.1.1.1] „Broadband Tapered-Length Fan Dipole Antennas“, Bob Larkin, W7PUA, QEX 11-12/2022, str. 21

[1.1.1.2] „Collection of Broadband HF Antenna Designs“, J. Pawłowski, SP3L, QEX 3-4/2020, str. 16 i 5-6/2020, str. 28

1.1.2. Dwuelementowa antena kierunkowa na pasma 6 – 20 m

Opracowana w latach 1960-tych w Ameryce Południowej antena o dźwięcznej nazwie *Maria Maluca* pracowała w pasmach 10, 15 i 20 m¹. Składała się ona promiennika, zasilanego płaskim kablem telewizyjnym na pasmo 15 m, i direktora dostrojonego do pasma 10 m. W obu tych pasmach dawała mierzalny zysk antenowy. Jej zysk w pasmie 20 m był zbliżony do zysku dipola półfalowego.

W wyniku komputerowej optymalizacji tej konstrukcji – za pomocą programu MININEC – otrzymano 6-pasmową antenę pokrywającą pasma 6 – 20 m. Celem optymalizacji było uzyskanie możliwie dużego zysku kierunkowego przy stosunkowo niedużych wymiarach oraz możliwie korzystnego przebiegu impedancji wejściowej w funkcji częstotliwości w pasmach amatorskich. Długość nośnika anteny wynosi 1,5, a promień obrotu 3,9 m. Uzyskane wyniki przedstawia tabela 1.1.2.1.

Tabela 1.1.2.1. Parametry sześciopasmowej anteny *Maria Maluca*

Pasmo [m]	Impedancja wejściowa* [Ω]	Zysk w stosunku do dipola [dBd]	Zysk na wysokości 12 m** [dBi]	Kąt rozwarcia wiązki w pionie [°]	Tłumienie wsteczne [dB]
20	28,4 – j275	0,1	8,13	23,5	0,43
17	56,9 – j62	1,2	8,45	18,6	2,63
15	34,3 + j80	5,1	12,44	15,7	13,72
12	144,7 + j317	3,1	10,64	14,0	-7,86
10	379 + j672	2,6	10,51	12,0	-5,05
6	96,4 – j383	3,4	11,27	7,1	-2,06

Uwagi:

* Impedancja wejściowa w wolnej przestrzeni

** Nad rzeczywistym gruntem o średniej przewodności

Ujemne tłumienie wsteczne w pasmach 6, 10 i 12 m wskazuje, że główna wiązka anteny jest skierowana w przeciwnym kierunku aniżeli w trzech niższych pasmach.



Fot. 1.1.2.1. Umocowanie promiennika

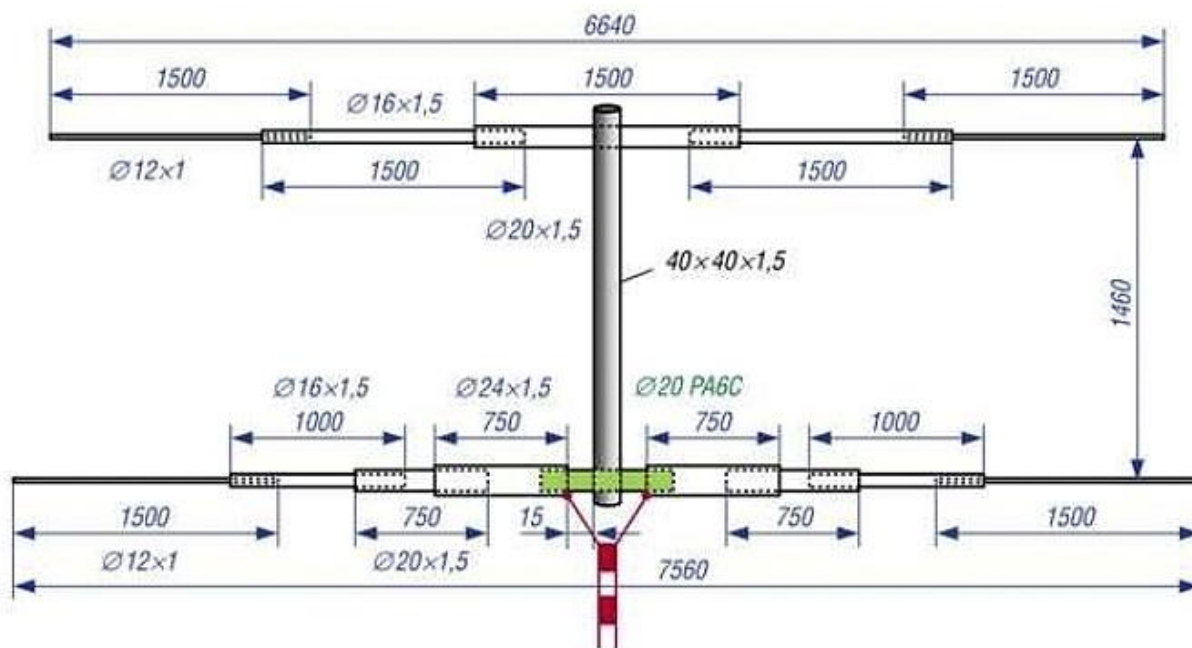
Antena jest wykonana z profili aluminiowych. Nośnik ma przekrój kwadratowy 40 x 40 x 15 mm i na jego końcach znajdują się otwory o średnicach 20 mm do umocowania promiennika i reflektora/direktora. Odstęp między nimi wynosi 1,46 m. Oba elementy, mające odpowiednio długości 7,56 i 6,56 m są zbudowane teleskopowo z rurek o średnicach zewnętrznych 24 do 12 mm (fot.1.1.2.3). Rurki

¹ *Maluca* oznacza osobę zwariowaną, chorą lub coś niskiej jakości, tutaj mogłaby pasować *zwariowana*

w miejscach połączeń mają po cztery nacięcia pozwalające na ściśnięcie ich obejmami co uniemożliwia przesuwanie się w nich rurek o mniejszej średnicy. Element stanowiący jednocześnie direktor lub reflektor zależnie od pasma pracy jest połączony galwanicznie z nośnikiem anteny. Pręt z poliamidu wzmocnionego włóknem szklanym o średnicy 20 mm zapewnia natomiast elektryczną izolację elementów promiennika od nośnika w miejscu zacisków anteny. Pręt jest przyciśnięty do krawędzi otworów za pomocą poprzecznie umieszczonej nierdzewnej śruby M8 z kontrnakrętką (fot. 1.1.2.1). Rurki promiennika są nałożone na ten pręt i zaciśnięte na nim za pomocą obejm. Obejmy te służą jednocześnie jako zaciski, do których doprowadzona jest linia zasilająca. Powinny one znajdować się w odległości około 15 mm od ścianki nośnika.



Fot. 1.1.2.2. Symetryzator z kabla płaskiego. Na zdjęciu podłączony do układu pomiarowego



Rys. 1.1.2.3. Konstrukcja anteny. Na zielono zaznaczony pręt izolacyjny z fot. 1.1.2.1

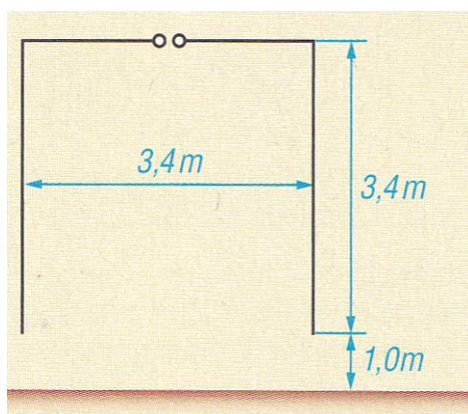
Antena jest zasilana symetrycznie za pomocą płaskiego kabla drabinkowego o impedancji falowej 450 Ω . Charakteryzuje się on niskim tłumieniem, znaczną wytrzymałością i dobrą odpornością na

czynniki zewnętrzne. Długość linii zasilającej jest zasadniczo dowolna, ale możliwe jest znalezienie zakresów długości zapewniających korzystną transformację impedancji wejściowej anteny do wartości, z którymi bezproblemowo radzą sobie wbudowane do radiostacji automatyczne skrzynki antenowe. Zawinięcie ostatnich dwóch metrów kabla na rurkę plastikowej – dające bifilarny dławik cylindryczny zapewnia szerokopasmowe dopasowanie symetrycznego kabla do niesymetrycznego wyjścia nadajnika. Rozwiązanie to zapewnia niskie tłumienie w szerokim zakresie częstotliwości. W paśmie 50 MHz wynosi ono 0,02 dB dla kabla płaskiego firmy „Wireman” (CQ552), a w paśmie 20m przy skutecznej długości zbliżonej do 1/10 długości fali – nawet tylko 0,01 dB.

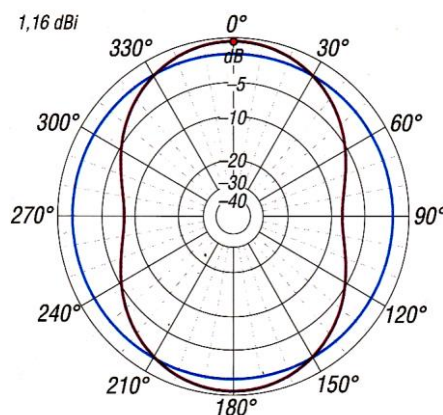
[1.1.2.1] <https://www.amateurfunk-westpfalz.de/bauanleitungen-fuer-antennen/>

1.1.3. Antena dipolowa o załamanych ramionach

Jedną z możliwości ograniczenia rozmiarów anteny jest zagięcie lub załamanie jej elementów. W najprostszym przypadku ramiona dipola są w pewnym miejscu załamane o 90° i skierowane dół. Możliwe jest też skierowanie ich na bok w płaszczyźnie poziomej, ale wówczas konstrukcja zajmuje więcej miejsca aniżeli w przypadku skierowania ramion w dół. Autor opracowania [1.1.3.1] załamał ramiona dipola o długości 9,8 m dla pasma 20 m (14,1 MHz) tak, że powstał otwarty kwadrat mający trzy boki o długościach po 3,4 m. Końce ramion znajdowały się na wysokości 1 m nad powierzchnią ziemi. Bliskość ziemi spowodowała konieczność przedłużenia pionowych części do wymiarów podanych na rysunku. Charakterystyka kierunkowa anteny w płaszczyźnie poziomej jest w przybliżeniu dookólna. Zysk kierunkowy wynosi w przybliżeniu -0,53 dBi oporność promieniowania 24Ω . Przy tej impedancji możliwe jest dopasowanie anteny do linii 50-omowej za pomocą transformatora ćwierćfalowego o impedancji falowej $37,5 \Omega$ otrzymanego przez równoległe połączenie dwóch ćwierćfalowych odcinków kabla 75Ω . Sposób ten daje bardzo dobre dopasowanie anten wykonanych w technice 28-omowej, ale przy 24Ω WFS nie przekracza 1,2.



Rys. 1.1.3.1. Konstrukcja i wymiary anteny



Rys. 1.1.3.2. Charakterystyka promieniowania anteny o załamanych ramionach (linia niebieska) w porównaniu z charakterystyką dipola prostego (linia fioletowa)

Antena została wykonana z linki miedzianej w izolacji z PCW o średnicy zewnętrznej 3 mm. Dalsze załamywanie anteny tak, żeby powstał kwadrat o czterech bokach albo nawet o końcach zachodzących na siebie powoduje obniżenie oporności promieniowania anteny do 11Ω w pierwszym przypadku i do $2,3 \Omega$ w drugim. Oznacza to wyraźne obniżenie sprawności anteny. Przypadkiem krańcowym na tej drodze byłoby połączenie końców dipola z pomocą kondensatora o zmiennej pojemności – w wyniku czego powstałaby antena magnetyczna, która jak wiadomo charakteryzuje się bardzo niską opornością promieniowania i sprawnością.

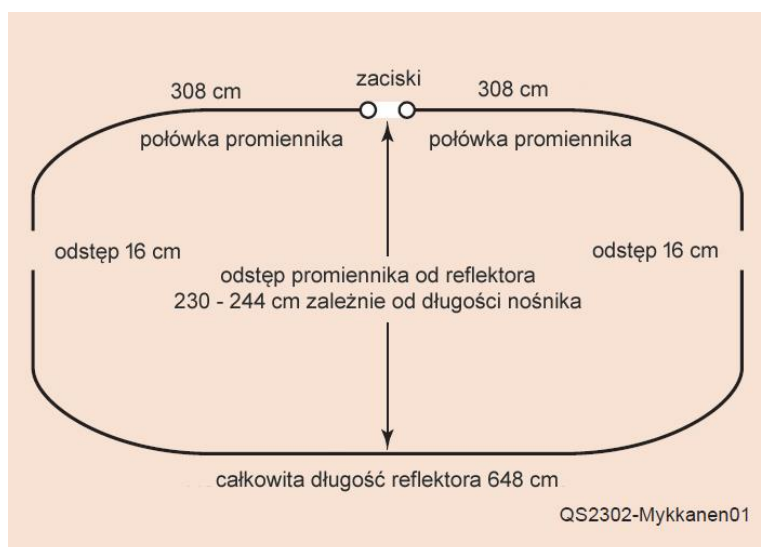
[1.1.3.1] „Platzsparender Aufbau eines Dipols durch Faltung“, Christoph Kunze, DK6ED, *Funkamateur* 2/2024, str. 136

1.1.4. Owalna antena Moxona na pasmo 15 m



Fot. 1.1.4.1. Wygląd owalnej anteny Moxona

Przeznaczona do pracy terenowej antena Moxona charakteryzuje się małymi wymiarami, znacznym zyskiem i tłumieniem wstecznym oraz dogodnym kątem promieniowania do pracy DX-owej nawet przy montażu na niedużych wysokościach. Zajmuje ona mniej miejsca niż zwykła prostokątna antena Moxona. Symulacja wykazała, że kształt anteny prawie nie wpływa na jej właściwości. Znacznie istotniejszy jest dobór właściwej długości elementów.



Rys. 1.1.4.1. Wymiary anteny

Rozwiązanie stanowi uproszczony wariant konstrukcji KG4JJH z 2003 roku. Antena jest wykonana z 3-metrowych teleskopowych prętów z włókna szklanego od wędek umocowanych na środkach na drewnianych deseczkach o długościach 60 cm i szerokościach 10 cm, które są z kolei przymocowane do nośnika fot. 1.1.4.2) za pomocą gwintowanych prętów (obejm) w kształcie litery U. Nośnik anteny wykonany z rurki z włókna szklanego lub aluminiowej albo drewnianego pręta ma długość 244 cm. Do umocowania nośnika na maszcie konstruktor użył płytek aluminiowych, ale mogą to być również drewniane deseczki (fot. 1.1.4.1). Sposób wykonania zacisków na płycie z pleksiglasu pokazano na zdjęciu 1.1.4.3. Do zasilania anteny użyto kabla koncentrycznego RG-58.

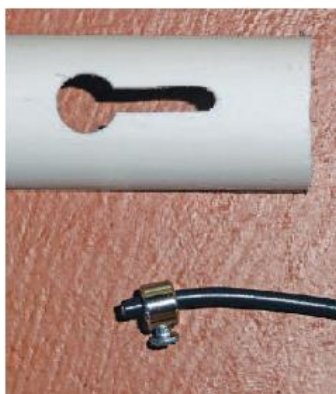
Końce promiennika i reflektora są połączone ze sobą za pomocą izolatorów o długości 16 mm wykonanych z rurek z PCW i długości 20 cm i średnicy 3/4 cala przeciętych wzdłuż. Wycięty w nich otwór i podłużny rowek do zakotwiczenia przewodu antenowego (fot. 1.1.4.4) ułatwiają szybki montaż anteny w warunkach terenowych. Obejma przykręcona na końcu przewodu ułatwia też dopasowanie długości przewodu w trakcie strojenia anteny.



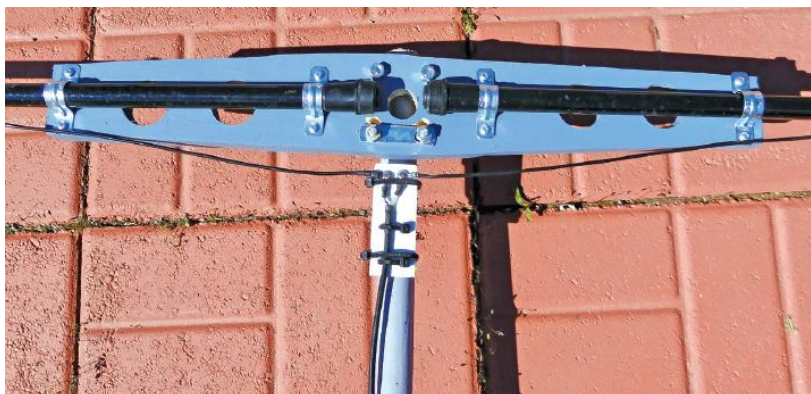
Fot. 1.1.4.2. Umocowanie końców prętów na deseczkach



Fot. 1.1.4.3. Sposób wykonania zacisków



Fot. 1.1.4.4. Izolatory łączące końce promiennika i reflektora



Fot. 1.1.4.5. Podłączenie promiennika

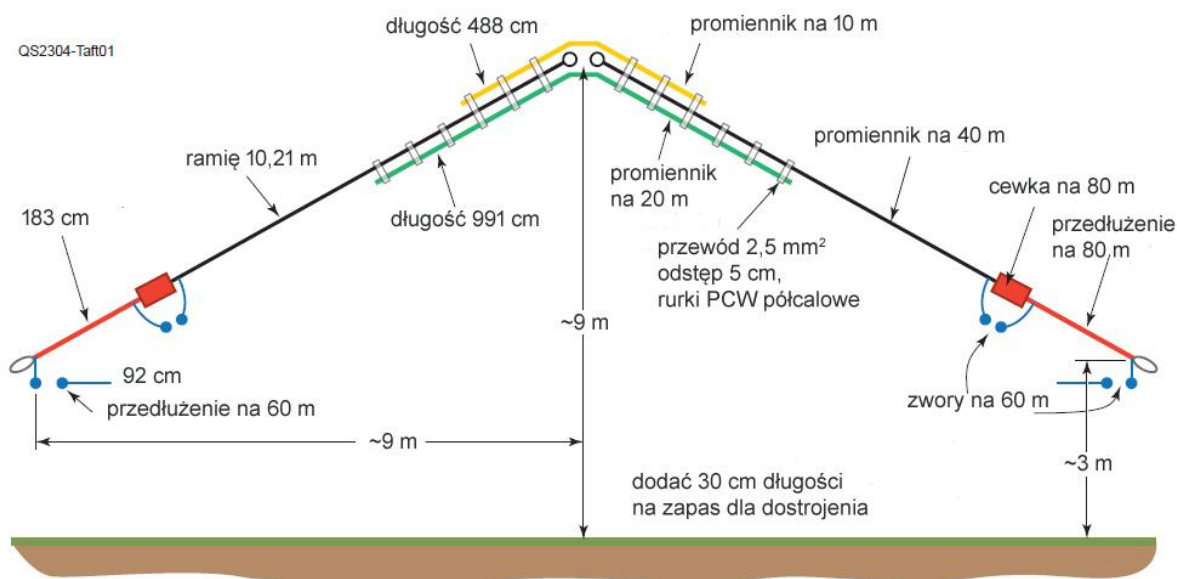
Promiennik i reflektor są wykonane z izolowanego przewodu o przekroju $2,5 \text{ mm}^2$ i długościach podanych na rys. 1.1.4.1. Na końcach przewodów umieszczone są metalowe obejmy. Obejmy od strony zacisków anteny należy zacisnąć szczypcami i przylutować dla zapewnienia wystarczającej wytrzymałości mechanicznej. Obejmy na przeciwnych końcach przewodu są przykręcone śrubkami.

W celu dostrojenia anteny należy umieścić ją na wysokości co najmniej 2,5 m. Początkowy WFS wynosi około 1,4, a w celu poprawienia go należy ostrożnie skracać przewody promiennika. Możliwe jest uzyskanie WFS poniżej 1,3. Po zakończeniu strojenia można umieścić antenę na pożądanej wysokości. Konstrukcja jest na tyle lekka, że można ją umieścić nawet na 5-metrowym maszcie. Daje się ona szybko składać i rozkładać i jest dzięki temu łatwa w transporcie do terenowego QTH.

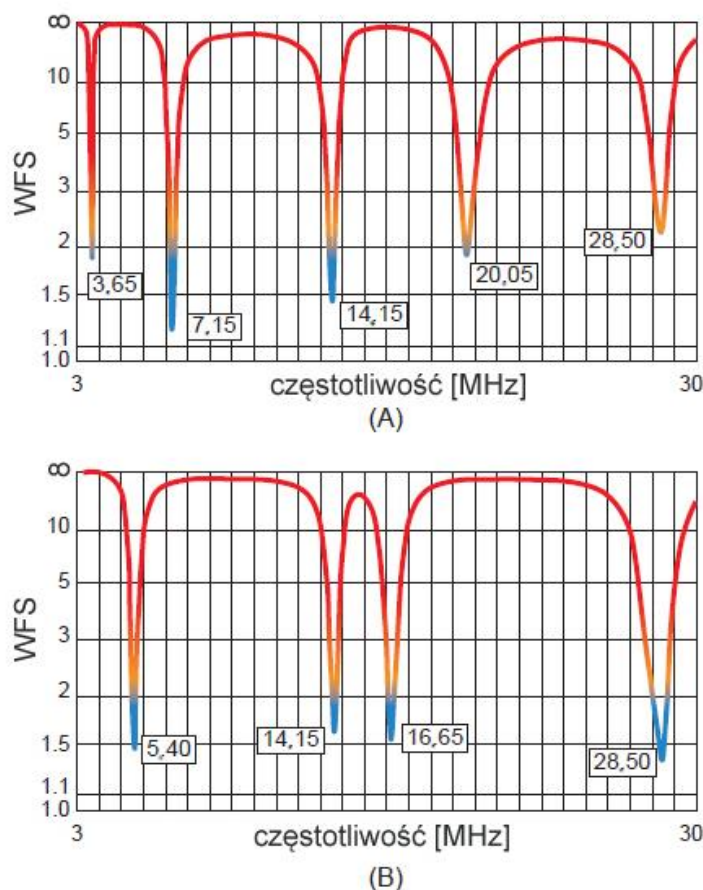
[1.1.4.1] „A 15-Meter Portable Oval Moxon Antenna”, Toivo Mykkanen, W8TJM, QST 2/2023, str. 37

1.1.5. Krótkofalowe anteny z promiennikami biernymi

Wielopasmowa antena dipolowa umożliwia pracę w pasmach 80, 60, 40, 20, 15 i 10 metrów. Znana z pasm 2 m i 70 cm koncepcja anten z promiennikami biernymi propagowana między innymi przez DK7ZB sprawdza się także w zakresie fal krótkich.



Rys. 1.1.5.1. Konstrukcja i wymiary anteny



Rys. 1.1.5.2. Przebieg obliczony przez EZNEC: A – dla konfiguracji 80, 40, 20, 15, 10 i 6 m, B – dla konfiguracji 60 m, pracuje także w pasmach 20 i 10 m

Koncepcja anten z promiennikami biernymi (ang. *coupled resonator*), czyli sprzężonymi elektromagnetycznie wywodzi się z koncepcji dławików koncentrycznych (ang. *coaxial sleeve*).

Antena zawiera trzy promienniki oddalone od siebie o 5 cm, wykonane z przewodu o przekroju $2,5 \text{ mm}^2$. W antenie pokazanej na rys. 1.1.5.1 zasilany jest promiennik na pasmo 40 m, podczas gdy dwa pozostałe – na pasma 10 i 20 m – są z nim sprzężone elektromagnetycznie. Są one umocowane na

promienniku głównym za pomocą rozpórek z PCW. Promiennik na pasmo 40 m posiada cewki i przewody przedłużające dla pasma 80 m i jest wzorowany na opracowaniu [1.1.5.2]. Praca w paśmie 15 m jest możliwa dzięki temu, że jest ono trzecią harmoniczną pasma 40 m, a z kolei pasmo 6 m jest jego siódmą harmoniczną. Na rys. 1.1.5.2 przedstawiony przebieg współczynnika fali stojącej obliczony przez EZNEC. Antena może pracować także w paśmie 60 m po zabocznikowaniu cewek i przedłużeniu promiennika – dokonywanym za pomocą zworek. Z symulowanych komputerowo charakterystyk kierunkowych wynika, że antena pozwala na pracę z falą promieniowaną pionowo (NVIS) w zakresach 80, 60 i 40 m, w pasmach 15 i 10 m fale są promieniowane pod niskimi kątami korzystnymi do pracy DX-owej, a w paśmie 6 m (na siódmej harmonicznej pasma 40-metrowego) charakterystyki zawierają kilka listków. Półfalowe promienniki na pasmach 40, 20 i 10 m zapewniają charakterystyki jedno-listkowe.



Fot. 1.1.5.3. Skrzynka przyłączeniowa z symetryzatorem i dwoma rozpórkami z PCW

Fot. 1.1.5.4. Tył skrzynki przyłączeniowej z rozpórkami. Przewód promiennika dla pasma 10 m znajduje się u góry, dla pasma 20 m – u dołu. Pomarańczowa taśma po bokach rozpórki na przewodzie dla 10 m zapobiega przesuwaniu się go w otworze. Promiennik dla 40 m jest przeprowadzony przez środkowe otwory

Antena jest wsparta na środku na 9-metrowym maszcie z PCW i ma kształt odwróconego V. Całkowita długość przewodu 2,5 mm² w izolacji nylonowej zużytego na trzy promienniki wynosi 46 m. Zaciski są umieszczone w plastikowym pudełku od instalacji elektrycznych (fot. 1.1.5.3). Na jego dolnej ścianie umocowane jest też gniazdko koncentryczne, a na górnej – kółko do zawieszenia pudełka.

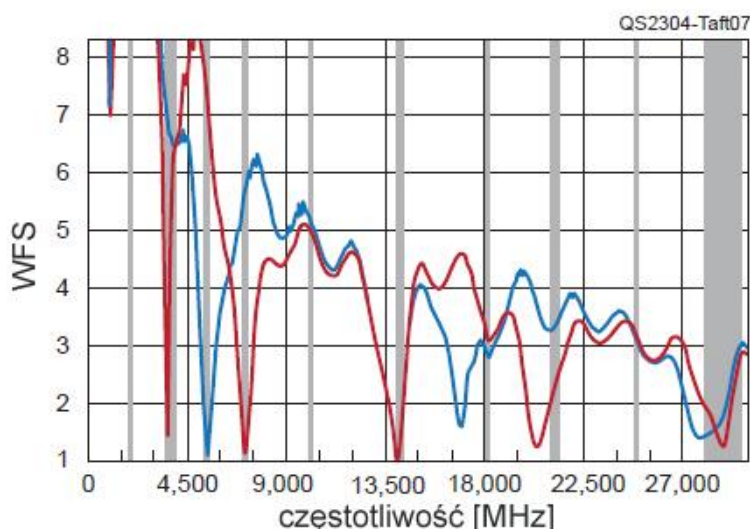
Do wykonania rozpórek użyto rurek z PCW o średnicy pół cala i długościach 18 cm od instalacji elektrycznych. W rozpórkach nawiercone są po trzy pary otworów: na środku i symetrycznie w odległościach po 5 cm od niego (fot. 1.1.5.4). Aby rozpórki nie przesunęły się na przewodach otwory na środku są wykonane w kierunku prostopadłym do górnych i dolnych. Rozpórki w odległościach przekraczających długość promiennika 10 m mają długości 7,5 cm i po dwie pary otworów prostopadle do siebie.

Symetryzator o przekładni 1:1 jest nawinięty przewodem 4 mm² w izolacji na ferrytowym rdzeniu pierścieniowym FT240-31. Składa się on z 2 x 10 – 12 zwojów nawiniętych na sposób opracowany przez W1JR.



Fot. 1.1.5.5. Cewka przedłużająca dla pasma 80 m bez podłączonej zwory. Cewka jest owinięta taśmą izolacyjną dla stabilizacji uzwojenia i zabezpieczenia go przed wpływami otoczenia. Cewka została pomalowana na szaro ze względów estetycznych. Po prawej stronie znajduje się przewód dla pasma 80 m, a po lewej – główna część dipola dla pasma 40 m

Fot. 1.1.5.6. Widok rozpórki dla trzech przewodów

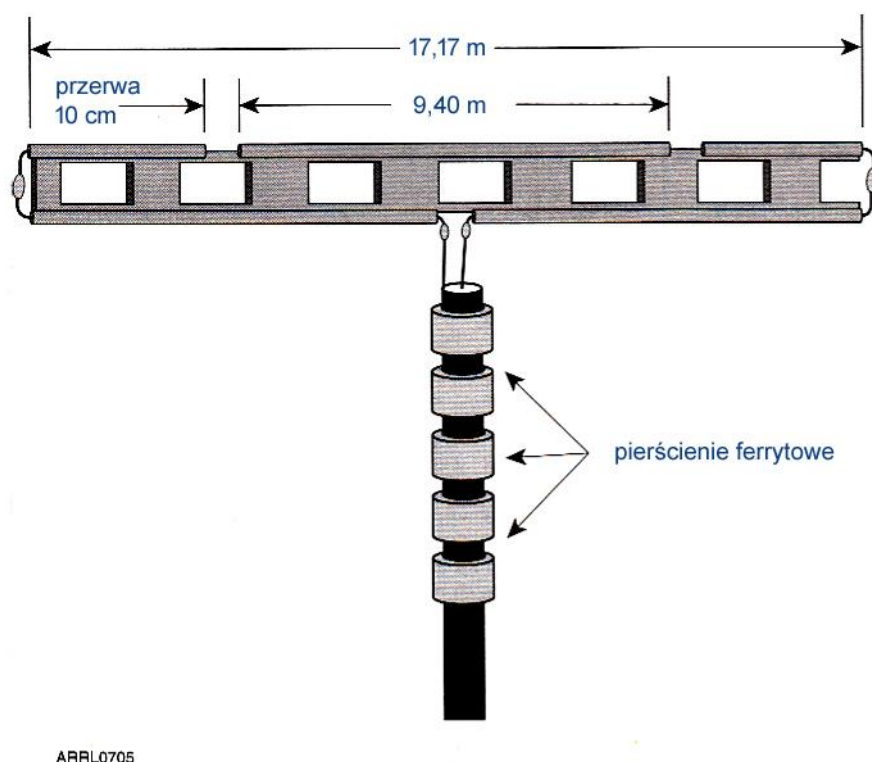


Rys. 1.1.5.7. WFS zmierzony dla anteny rozwieszanej na wysokości 6 m nad powierzchnią ziemi. Wykres czerwony – antena w konfiguracji dla pasm 80, 40, 20, 15, 10 i 6 m, niebieski – dla pasm 60, 20 i 10 m. Szare pionowe prostokąty obrazują położenie pasm amatorskich

Cewki przedłużające dla pasma 80 m są nawinięte przewodem o przekroju 4 mm² na rurkach z PCW o średnicy 7,5 mm i długości 14 cm. Dla częstotliwości emisji cyfrowych składają się one z 81 zwojów przewodu, a w pobliżu górnego krańca pasma 3,5 MHz powinno ich być o kilka mniej. Przewody promiennika należy przeciągnąć przez otwory na krańcach cewek i połączyć śrubami z przewodem cewki. Przewody promienników powinny mieć długości podane na rys. 1.1.5.1 z dodatkiem po 30 cm dla dostrojenia anteny. Pracę w paśmie 60 m umożliwiają zwieracze bocznikujące cewki i łączące dodatkowe przedłużenia ramion.

W konstrukcji K1EHZ po dostrojeniu każde z ramion promiennika na zakres 40 m miało długość 10,21 m, przedłużenia dla pasma 80 m – po 183 cm, promiennik dla zakresu 20 m miał długość 9,91 m, promiennik dla pasma 10 m – 4,88 m, a przedłużenia dla pasma 60 m – po 61 cm. Częstotliwości dostrojenia wynosiły 7,2, 14,2 i 28,4 MHz. W europejskim paśmie 40 m częstotliwość dostrojenia powinna leżeć raczej w pobliżu 7,1 MHz. Wąskie pasmo pracy w zakresie 80 m oznacza konieczność wybrania preferowanego podzakresu.

Przebiegi WFS zmierzone za pomocą analizatora antenowego *RigExpert AA-54* przedstawiono na ilustracji 1.1.5.7. Minima WFS leżały poniżej 2 na większości pasm. Szerokość minimów wynosiła w przybliżeniu 2 MHz w paśmie 6 m i prawie 3 MHz w paśmie 15 m. W pobliżu pasma 15 m minimum leżało około 20 MHz zamiast dokładnie na trzeciej harmonicznej – 21,6 MHz. Próby praktyczne wykazały, że antena sprawuje się dobrze na wszystkich pasmach. Konstruktor korzystał z automatycznej skrzynki antenowej *AT-200Pro* firmy LDG Electronics, z tym że naprawdę niezbędna była ona jedynie w paśmie 15 m. Prowadzone były m.in. łączności w sieci Winlinku, a tym w dolnych pasmach także za pośrednictwem fali promieniowanej pionowo (NVIS).



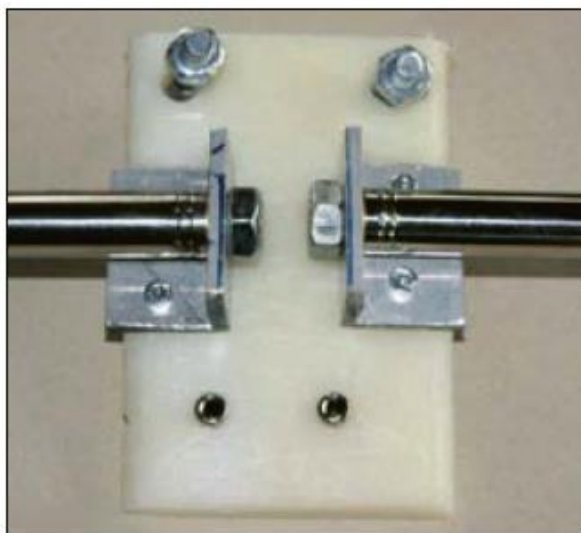
Rys. 1.1.5.8. Wymiary anteny

Antena W1ZR, której konstrukcję przedstawia ilustracja 1.1.5.8 składa się z załamanego promiennika na pasmo 40 m i promiennika biernego na pasmo 20 m [L.2]. Jest ona krótsza o około 3 m od anteny dipolowej na 40 m. Antena może być wykonana z odcinka płaskiego drabinkowego kabla 450-omowego. Końce kabla należy zabezpieczyć przed wodą i wpływami atmosferycznymi, a punkt podłączenia kabla zasilającego wzmocnić mechanicznie, tak aby nie obciążał i nie rozrywał on samej anteny. Dławik tłumiący falę powierzchniową wykonano przez nałożenie na kabel RG-58 pięciu pierścieni ferrytowych typu PB 56-43. Dla innych typów kabli należy dobrać pierścienie o średnicy zbliżonej do zewnętrznej średnicy kabla. Dławik można zabezpieczyć za pomocą koszulki termokurczliwej. Zamiast tego można nawinąć 8 zwojów kabla koncentrycznego na rdzeniu pierścieniowym FT240-43. Kabel zasilający musi być podłączony do promiennika na niższe pasmo. Zmiana długości anteny o 2,5 cm powoduje przesunięcie rezonansu w przybliżeniu o 140 kHz na paśmie 40 m i 10 kHz na 20 m. Zmiana długości samego promiennika biernego o 2,5 cm – przez powiększenie przerw w górnej żyłce kabla na jego końcach – powoduje przesunięcie rezonansu w przybliżeniu o 50 kHz w paśmie 20 m bez zauważalnej różnicy w paśmie 40 m.

Zysk antenowy i charakterystyka promieniowania są zbliżone do właściwości dipoli półfalowych.

1.1.6. Przenośne krótkofalowe anteny teleskopowe

Poziomy promiennik składa się z dwóch teleskopowych 14-segmentowych anten o długościach 5,6 m oferowanych m.in. na platformach internetowych w rodzaju *Amazona* czy *AliExpressu*. Promiennik dostraja się do poszczególnych pasm wyciągając lub wsuwając segmenty teleskopowe (patrz tabela 1.1.6.1). Antena pracuje w pasmach 20 – 6 m przy bezpośrednim podłączeniu kabla koncentrycznego (zasilanie za pomocą kabla płaskiego 450 Ω wymaga użycia układu dopasowującego), a po dodaniu na zaciskach cewek przedłużających również w pasmach 40 i 30 m. Promiennik złożony z elementów teleskopowych ma zmniejszającą się średnicę przez co jej częstotliwość rezonansowa może różnić się od częstotliwości rezonansu promiennika o stałej średnicy nawet o kilkaset kHz (w zależności od pasma). Przy wyciągnięciu promiennika na pełną długość 2 x 5,6 m zysk kierunkowy w pasmach 10 i 12 m wynosi 2 dBd. Długości rozciągnięcia promiennika zależą od wysokości anteny nad powierzchnią ziemi, dlatego też podane w tabeli 1.1.6.1 długości należy traktować jako orientacyjne. Poprawki podane w tabeli 1.1.6.2 ułatwiają uzyskanie właściwej długości po jednym lub dwóch krokach. Rozciąganie należy rozpoczynać od najcieńszych segmentów na końcach, a grubsze wyciągać w następnej kolejności. Zapewnia to uzyskanie powtarzalności ustawień, zwłaszcza, że rezonanse zależą od grubości wyciągniętych elementów.



Fot. 1.1.6.1. Po lewej stronie kątowniki do montażu anten teleskopowych, po prawej widoczna obejma do zamocowania na maszcie



Fot. 1.1.6.2. Symetryzator – transformator prądowy Fot. 1.1.6.3. Cewka na pasmo 30 m

Anteny teleskopowe są przymocowane do płytki z tworzywa sztucznego pokazanej na ilustracji 1.1.6.1. W oryginalnej konstrukcji jest to płytka z polietylenu wycięta z kuchennej deski do krajania pieczywa.

Płytką tą jest przymocowana do masztu za pomocą obejm. Na jej środku umocowane są dwa metalowe kątowniki do przymocowania anten teleskopowych, a poniżej gniazdka bananowe służące do podłączenia symetryzatora lub cewki na pasmo 30 m. Można tam także podłączyć linię płaską 450 Ω .

Wadą rozwiązania jest wrażliwość anten teleskopowych na zagięcia i uszkodzenia mechaniczne. Anteny zamoczone przez deszcz należy przed całkowitym wsunięciem elementów wytrzeć do sucha i posmarować smarem.

Antena z publikacji [1.1.6.1] jak każdy dipol półfalowy ma impedancję wejściową $\sim 72 \Omega$ w wolnej przestrzeni, a umieszczenie jej na stosunkowo niedużej wysokości nad ziemią powoduje obniżenie impedancji wejściowej, co ułatwia dopasowanie do impedancji 50 Ω . Na jej wejściu włączony jest – umieszczony w plastikowej puszcze instalacyjnej – symetryzator prądowy. W drugiej identycznej puszcze jest zamontowana cewka przedłużająca dla pasma 30 m.

Symetryzator dla mocy do 100 W jest wykonany przez nawinięcie 2 x 6 zwojów kabla RG-178 na rdzeniu FT140-43 na zasadzie W1JR (z przeskokiem w połowie na drugą stronę pierścienia). Całość jest następnie przyklejona wewnątrz puszek. Przy większych mocach (do 1 kW) należy użyć rdzenia FT240-43.

Cewka przedłużająca dla pasma 30 m o indukcyjności 4,8 μH zawiera 18 zwojów przewodu DNE 1,3 mm na rdzeniu T130-2 (czerwonym) z odczepem na środku dla podłączenia masy gniazdka koncentrycznego. Odczep dla impedancji wejściowej 50 Ω jest oddalony od środka o dwa zwoje, czyli leży na 7 lub 11 zwoju. Dostrojenie cewki (w zakresie do ± 500 kHz) uzyskuje się przez ściskanie lub rozsuwanie zwojów na rdzeniu. Ścisnięcie zwojów powoduje zwiększenie indukcyjności i obniżenie rezonansu. Cewka dla pasma 40 m zawiera 34 zwoje przewodu DNE 1,5 mm na rdzeniu T200-2 z odczepem masy na 17 zwoju, a odczep do podłączenia żyły środkowej kabla 50 Ω jest oddalony o 5 zwojów. Zakres przestrojenia przez ściskanie lub rozsuwanie zwojów wynosi ~ 200 kHz. W przypadku zasilania linią symetryczną 450-omową konieczne jest zastosowanie skrzynki antenowej, przy czym najwygodniejsza jest skrzynka automatyczna z symetryzatorem 1:1 lub 1:4. Ramiona dipola można zamontować nie tylko poziomo, ale również skierować ukośnie w górę w kształcie litery V. Nie zwisają one wówczas tak jak w konstrukcji poziomej, przez co uzyskuje się większą stabilność mechaniczną. Wzrasta jednak wówczas natężenie promieniowania w górę.

Tabela 1.1.6.1

Długości anteny dla poszczególnych pasm

F [MHz]	L [m]	F [MHz]	L [m]
50,15	2 x 1,43	21,2	2 x 3,46
28,3	2 x 2,56	18,1	2 x 4,00
24,9	2 x 2,91	14,175	2 x 5,01

Tabela 1.1.6.2

Poprawki dla przestrojenia o 100 kHz

Pasmo [m]	Δl [mm]	Pasmo [m]	Δl [mm]
6	5	15	16
10	9	17	23
12	12	20	37

Tabela 1.1.6.3

Zmierzone WFS

F [MHz]	WFS	F [MHz]	WFS
50,163	1,5	18,105	1,3
28,350	1,3	14,174	1,3
24,903	1,5	10,114	1,1
21,193	1,5		

Przenośną antenę pokrywającą pasma 20 – 6 m o promienniku w kształcie litery V opisano w publikacji [1.1.6.2]. Według autora możliwe jest nawet umieszczenie anteny na dachu samochodu, którego karoseria służy wówczas za przeciwagę. Promiennik składa się z dwóch długich anten teleskopowych tak jak w poprzedniej konstrukcji. Rozwiązanie płytki z tworzywa sztucznego, na której umocowane są ramiona promiennika i gniazdka do podłączenia symetryzatora przedstawia ilustracja 1.1.6.4. Transformator dopasowujący o przekładni 2:1 jest umieszczony w plastikowej puszcze instalacyjnej.



Fot.1.1.6.4. Płytkę montażową dla promiennika V. Transformator o przekładni 2:1 jest umieszczony w puszcze od instalacji elektrycznych widocznej poniżej. Do montażu na statywie służą obejm

Fot. 1.1.6.5. Widok płytki od drugiej strony. Strzałki wskazują gniazdka do podłączenia strojnika.

Płytkę można zamontować na statywie fotograficznym

Orientacyjne długości promiennika dla poszczególnych pasm podano w tabeli 1.1.6.4. Dla dokładnego dostrojenia należy wsuwać najgrubsze (pierwsze) elementy obu ramion anteny.

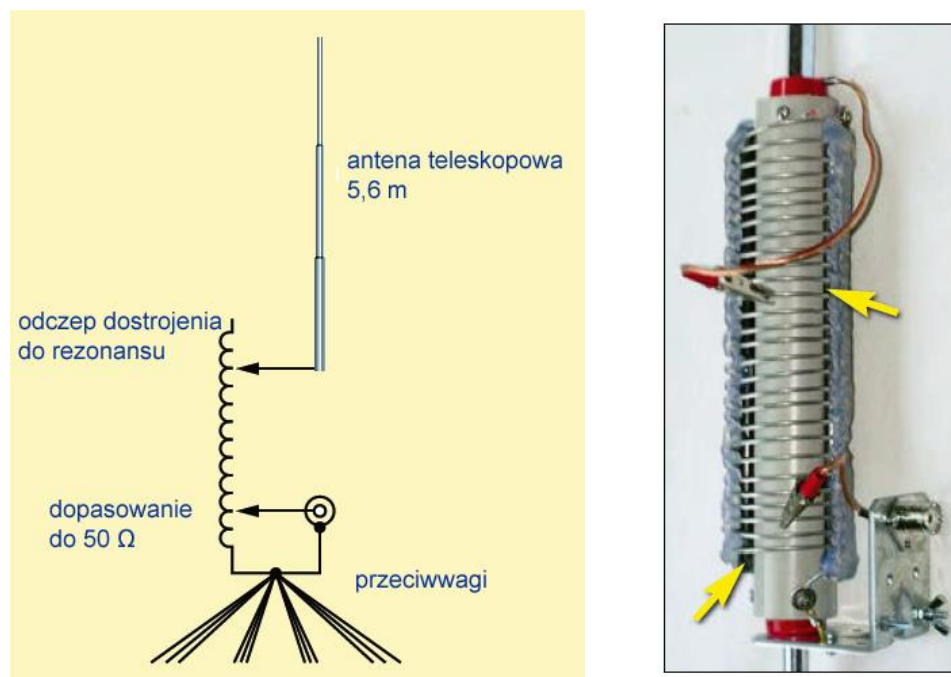
Konieczną na niektórych pasmach indukcyjność uzyskuje się przez dołączenie strojnika do gniazdek puszek transformatora. Zwarty na końcu strojnik o długości 110 mm jest wykonany z płaskiego kabla 450-omowego.

Tabela 1.1.6.4

Orientacyjne długości ramion i użycie strojnika na poszczególnych pasmach dla anteny z transformatorem o przekładni 2:1

Pasma [m]	Rezonans [MHz]	WFS	Wsunięte segmenty	Długość końcowego segmentu I [cm]	Strojnik
6	50,25	1,1	11	34	tak
10	28,45	1,2	7	22	tak
11	27,15	1,1	7	36	tak
12	24,94	1,2	6	24	tak
15	21,22	1,1	5	37	bez
17	18,10	1,2	3	26	tak
20	14,20	11	Wszystkie wyciągnięte	26	bez

Taka sama 14-segmentowa antena teleskopowa o długości 5,6 m została wykorzystana w opisanej w [1.1.6.3] pionowej terenowej antenie na pasma 10 – 40 m. Ćwierćfalowy promiennik pokrywa pasma 10 – 20 m, a z dodatkową cewką również pasma 30 i 40 m. W każdym przypadku konieczne są przeciwwagi. Przeciwwagi umieszczone nad ziemią muszą być dostrojone do rezonansu, w przypadku umieszczenia na ziemi wystarczy natomiast rozłożenie przewodów. Konstruktor zastosował 12 aperiodycznych przeciwwag o długości po 5 m na paśmie 40 m, a o połowie tej długości na pasmach 10 – 20 m. Przeciwwagi były połączone w cztery wiązki po trzy przewody. Całkowita długość potrzebnego na ten cel przewodu wynosi 60 m.



Rys. 1.1.6.6. Schemat konstrukcji anteny

Fot. 1.1.6.7. Wykonanie cewki. Strzałki wskazują podpórki

Tabela 1.1.6.5

Długości anteny i poprawki dla wariantu pokrywającego pasma 10 – 20 m

Pasma [m]	Długość [cm]	Poprawka dla przestrojenia o 100 kHz [mm]
10	248	9
12	278	12
15	339	16
17	400	23
20	503	37

Wariant drugi powstaje na dodaniu cewki przedłużającej, tak że antena pokrywa również pasma 30 i 40 m. Kabel zasilający i promiennik teleskopowy są podłączone do odczepów cewki przedłużającej znajdującej się u dołu anteny (rys. 1.1.6.6). Górny odczep służy do dostrojenia do częstotliwości pracy, a dolny – do dopasowania do impedancji 50 Ω. Oba ustawienia są od siebie zależne, ale po dwóch czy trzech krokach możliwe jest znalezienie właściwego ustawienia. Najpraktyczniejsza byłaby wprowadzić cewkę nawiniętą na rdzeniu pierścieniowym, ale nie pozwalałaby ona na zrealizowanie dostatecznej liczby odczepów pozwalających na precyzyjne dostrojenie i dopasowanie.

Cewka przedłużająca została nawinięta przewodem aluminiowym 2 mm. Może to być również nieizolowany przewód miedziany. Jako nośnik służy odcinek rury DN40, ale aby przewód nie leżał na jego powierzchni, co powodowałoby dodatkowe tłumienie, cewka została nawinięta na rurze o większej średnicy – 50 mm. Pożądaną był odstęp przewodu od nośnika 5 – 10 mm. Po nawinięciu 32 zwojów na

murce i zwolnieniu uzwojenia rozwija się ono na 27 zwojów o średnicy 57 – 60 cm. Uzwojenie jest umocowane na nośniku 40 mm (przyklejone) za pomocą dwóch izolatorów z włókna szklanego. Cewka jest przedstawiona na zdjęciu 1.1.6.7. Doprowadzeń nie można przylutować do przewodu aluminiowego dlatego też do podłączenia doprowadzeń użyto krokodylków. W praktyce może wystarczyć mniejsza ilość zwojów – przeważnie 20. Górny odczep dla pasma 40 m znajdował się na 17 zwoju, a dla pasma 30 m – na 7 zwoju. W obu przypadkach odczep zasilania znajdował się na 3 zwoju. Po przedłużeniu cewki o dalszych kilka zwojów możliwe byłoby pokrycie również pasma 60 cm. W trakcie dostrajania anteny należy w pierwszej kolejności wyciągać najcieńsze elementy, a dopiero potem grubsze, aby zawsze otrzymać powtarzalne wyniki. Wewnętrzne najgrubsze elementy pozostają całkowicie wsunięte na wszystkich pasmach poza 20 m.

Maksimum charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej na wszystkich pasmach leży na wysokości 27 – 28 stopni. Antena nadaje się więc do łączności DX-owych. Impedancja wejściowa anteny umieszczonej na łące wynosiła około 42 Ω na częstotliwości 14,175 MHz. Szerokość zakresu dopasowania była na wszystkich pasmach wystarczająco szeroka aby WFS nie przekroczył 1,3, jedynie w paśmie 40 m wynosiła ona 100 kHz dla WFS poniżej 1,5. Przy przejściu z podzakresu CW na SSB odczep przesunął się o 0,5 – 1 zwój.

[1.1.6.1] „Teleskop-Portabel dipol für die Kurzwelle”, Martin Steyer, DK7ZB, *Funkamateureur* 6/2025, str. 472

[1.1.6.2] „Portabler V-Dipol für die Amateurfunkbänder 20 m bis 6 m“, Wolfgang Michael Böttcher, DK5IQ, *Funkamateureur* 10/2025, str. 790

[1.1.6.3] „Teleskop-Vertikalantennen für den Portabelbetrieb von 10 bis 40m“, Martin Steyer, DK7ZB, *Funkamateureur* 12/2025, str. 969

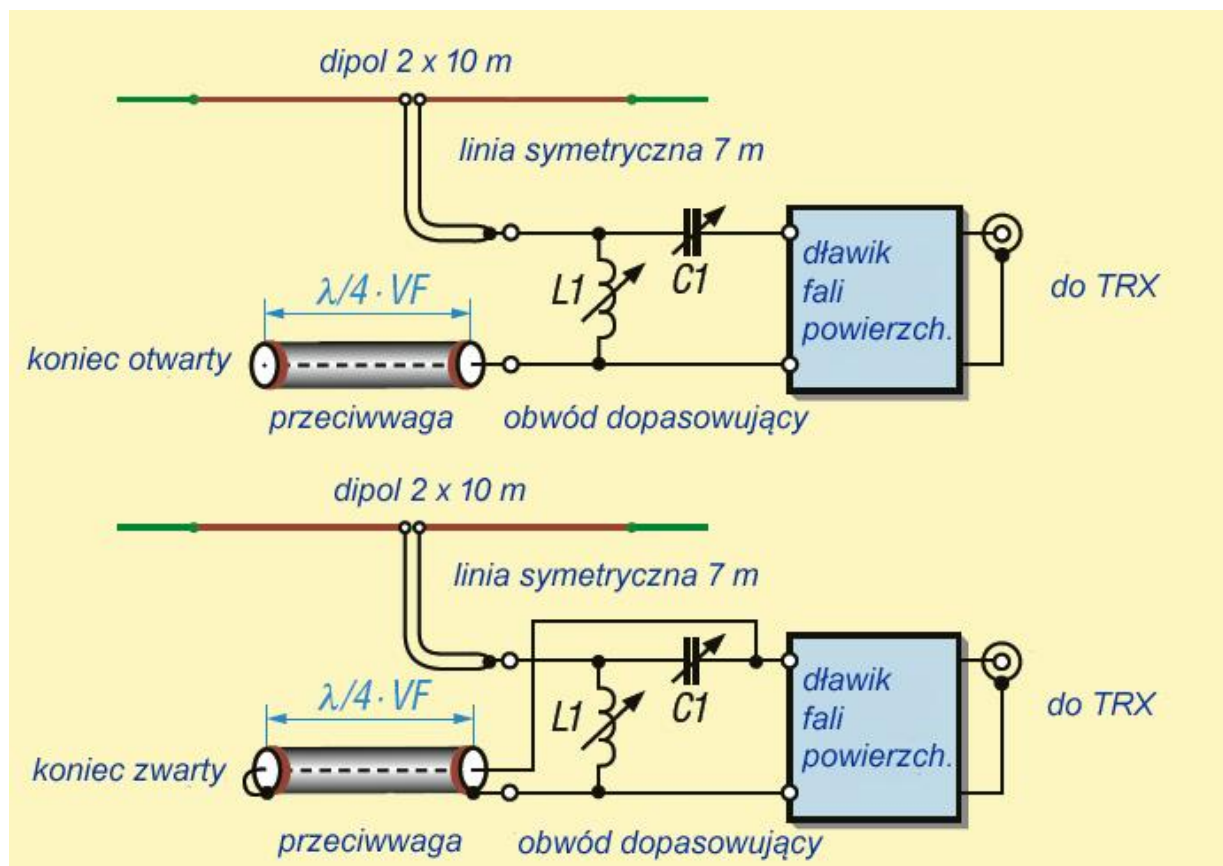
1.1.7. Krótka antena T na pasmo 160 m

Nawet stosunkowo niedługi dipol krótkofalowy można wykorzystać jako antenę na pasmo 160 m przy zasilaniu go jako anteny T. Autor opracowania [1.1.7] wykorzystał w tym celu dipol o długości 2 x 10 m rozwieszony jako antena V na maszcie 8 m z włókna szklanego. Oczywiście może być to też antena dipolowa zawieszona poziomo. Antena jest zasilana przez 7-metrowy odcinek linii dwuprzewodowej będącej właściwym promiennikiem. Linia ta powinna, dla otrzymania charakterystyki dookólnej być ona na jak najdłuższym odcinku zawieszona pionowo. Sama antena dipolowa stanowi obciążenie pojemnościowe promiennika. Obciążenie to daje zwiększenie jego wysokości elektrycznej. Obwód dopasowujący pracuje w układzie górnoprzepustowego filtra LC (FGP). Dla mocy nieprzekraczających 100 W wystarczy użycie w nim kondensatora strojenowego o odstępach okładek 1,5 – 2,0 mm. Jego maksymalna pojemność wynosiła 200 pF, a jako indukcyjność zmienna służył wariometr 4 – 40 μ H. Na doprowadzeniu od strony radiostacji konieczne jest włączenie dławika dla fali powierzchniowej. Dopiero po jego drugiej stronie można stosować kabel o dowolnej długości prowadzący do radiostacji.

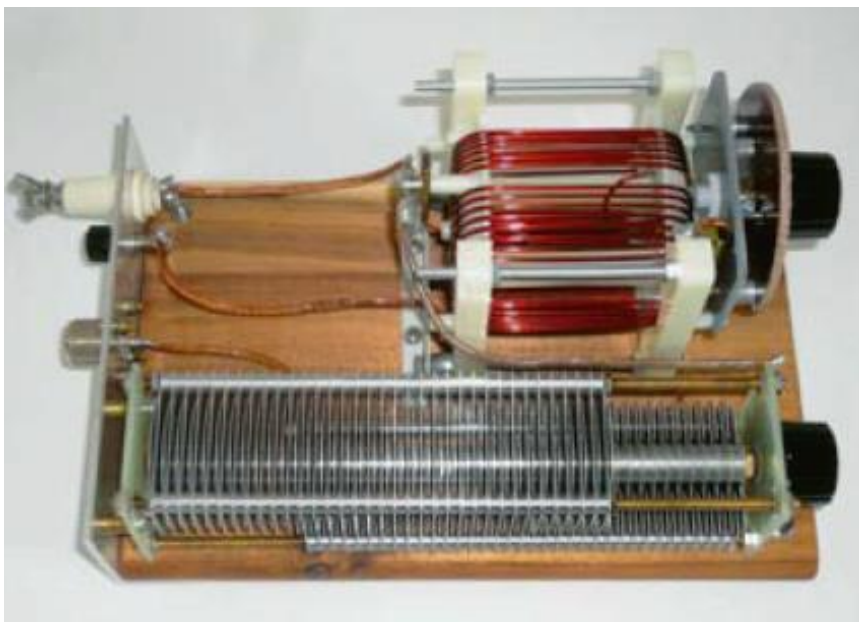
Wszyscy, którzy nie mają dosyć miejsca na 40-metrowe przeciwwagi mogą zainstalować przeciwwagi wykonane z kabla koncentrycznego, jak to widać na schemacie. Dla kabla RG-58 współczynnik skrócenia jest równy 0,66 dzięki czemu przeciwwaga ma długość 27 m. Na schemacie przedstawione są dwa warianty: z kablem zwartym na końcu i z rozwartym. W przypadku otwartego końca po stronie obwodu dopasowującego występuje niska impedancja. W rozwiązaniu dualnym przeciwny koniec kabla jest włączony równolegle do obwodu dopasowującego przez rozgałęźnik T. Konstruktor nie zauważył żadnej różnicy między obydwoma wariantami. Wariant A jest tylko trochę prostszy w realizacji.

Przy zastosowaniu obwodu dopasowującego w układzie filtra górnoprzepustowego i koncentrycznej przeciwwagi antena pracuje w zakresie 1,8 – 2 MHz. W łącznościach na dystansie rzędu 20 km zaobserwowano różnice na jej korzyść o 1 – 2 stopnie S w porównaniu z wariantem z aperiodyczną przeciwwagą. W meldunkach sieci RBN autor zaobserwował wyraźny wzrost stosunku sygnału do szumów. Pomimo, że konstruktor nie zaobserwował występowania fali powierzchniowej w obwodzie zastosowano dławik symetryzujący.

Podłączenie tylko jednego przewodu linii symetrycznej do obwodu dopasowującego i pozostawienie drugiego niepodłączonego powoduje, że antena pracuje jako L. Kierunek anteny L można zmieniać podłączając pasujący przewód.



Rys. 1.1.7.1. Schemat połączenia anteny w obu wariantach: A – z rozwartym na końcu kablem przeciwwagi i B – ze zwartym, VF jest współczynnikiem skrócenia



Fot. 1.1.7.2. Przykład wykonania obwodu dopasowującego, u góry widoczny wariometr

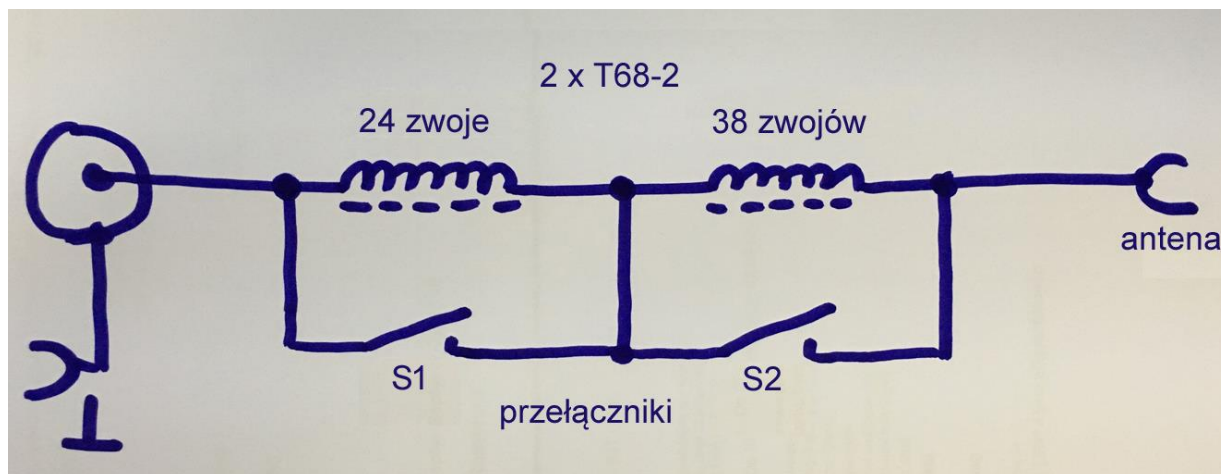
[1.1.7] „Speisung eines 160-m-Dipols als kleine T-Antenne“, Alfred Klüss, DF2BC, Funkamateurliga, 2/2025, str. 220

1.2. Anteny pionowe

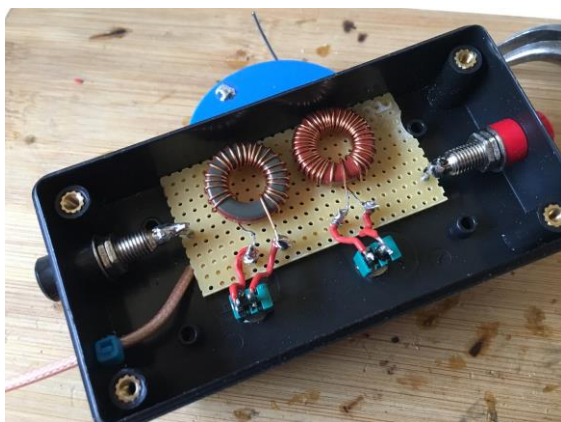
1.2.1. Trzypasmowa antena QRP

Konstrukcja DL4ABB jest wzorowana na opracowaniu anteny na pasma 20 – 40 m grupy „QRP Guys”. Antena pokrywająca pasma 40, 30 i 20 m składa się z pionowego promiennika, czterech przeciwwag i szeregowej cewki przedłużającej o przełączanej indukcyjności. Jest ona przeznaczona do pracy DX-owej QRP z dowolnej lokalizacji. Promiennik i przeciwwagi są wykonane z licy dowolnego typu. Promiennik ma długość 5,18 m, a przeciwwagi – po 3,05 m.

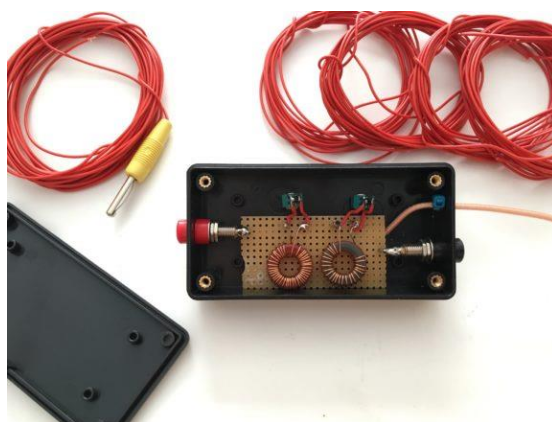
Indukcyjności przedłużające nawinięto na rdzeniach pierścieniowych T68-2 przewodem miedzianym emaliowanym 0,5 mm. Uzwojenia mają odpowiednio 24 i 38 zwojów. Równoległe do nich włączone są przełączniki zwierające S1 i S2. W paśmie 30 m otwarty jest przełącznik S1, a w paśmie 40 m otwarte są oba przełączniki. Maksymalna dopuszczalna moc w.cz. w tym wykonaniu wynosi 10 W. Zmierzone przez konstruktora współczynniki fali stojącej wynosiły w przybliżeniu 1,2 dla pasma 20 m po skróceniu promiennika do 5,08 m, a po około 1,5 dla pozostałych pasm po odwinięciu trzech zwojów L2. Są to oczywiście wartości orientacyjne i zależne od wpływu otoczenia. Dlatego też lepiej jest wykonać antenę o podanej długości i nawinąć pełną liczbę zwojów L2. Następnie można je dobrać do optymalnych wartości. Maszt może mieć dowolną konstrukcję przykładowo składającą się z rurek plastikowych albo z elementów wędki z włókna szklanego.



Rys. 1.2.1.1. Schemat cewek przedłużających



Fot. 1.2.1.1. Wykonanie obwodu dopasowującego



Fot. 1.2.1.2. Elementy anteny

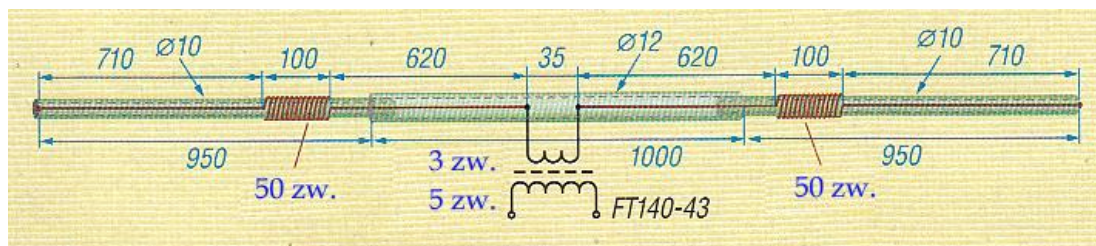
[1.2.1.1] <https://www.hamspirit.de/9889/dreiband-vertikalantenne-fuer-qrp-betrieb/>

[1.2.1.2] <https://qrpguys.com>

1.2.2. Skrócony dipol na pasmo 10 m

Antena została przeznaczona przez konstruktora do montażu pionowego na balkonie jako uzupełnienie istniejącej instalacji antenowej, ale nic nie przemawia przeciwko jej poziomemu montażowi. Antena składa się z trzech odcinków rur z włókna szklanego o całkowitej długości 2,9 m i średnicach 12 i 10 mm, do których jest wciągnięty przewód DNE Ø 1 mm stanowiący ramiona dipola.

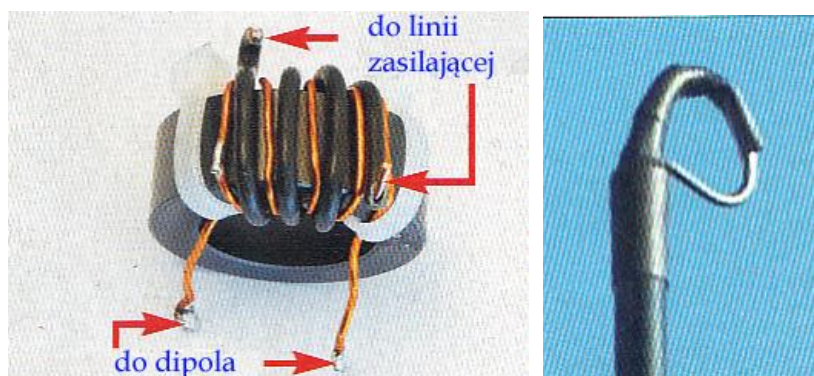
Z tego samego przewodu wykonane są cewki przedłużające. Dla częstotliwości rezonansu 29 MHz indukcyjność cewki musi być równa 3,2 μH . Dla pasm 12 i 15 m indukcyjności są równe odpowiednio 5 μH i 7,5 μH . Dla cewki 3,2 μH przy odstępnie międzyzwojowym 2 mm (podwójna grubość przewodu) i średnicy wewnętrznej 10 mm liczba zwojów wynosi 57 (po uwzględnieniu wpływu pojemności własnej cewki – bez jej uwzględnienia wynosiłaby ona 68 zwojów). W praktyce okazało się nawet, że wystarczy 50 zwojów. Dla obniżenia rezonansu do około 28,15 MHz konstruktor dodał na jej końcach odcinki przewodu po 8 cm długości stanowiące niewielkie obciążenie pojemnościowe. Sposób wykonania przedstawia ilustracja 1.2.2.4. Przewody i wylot z rury zabezpieczono koszulką termokurczliwą. Otwory w ściankach rurki (na środku i na końcach cewek zostały zaklejone klejem dwuskładnikowym). Wymiary anteny i położenie cewek podano na rys. 1.2.2.1. Z symulacji za pomocą EZNEC wynika impedancja wejściowa 35 Ω . Do jej dopasowania do linii 50 Ω zastosowano transformator o przekładni 5:3 zwojów nawinięty na rdzeniu pierścieniowym FT140-43. Rdzeń bez problemów wytrzymał moc 100 W.



Rys. 1.2.2.1. Wymiary anteny



Rys. 1.2.2.2. Wykonanie cewki i doprowadzeń. Po lewej stronie widoczny otwór do wnętrza rury, a po lewej sposób zabezpieczenia za pomocą koszulki termokurczliwej



Rys. 1.2.2.3. Sposób wykonania transformatora dopasowującego

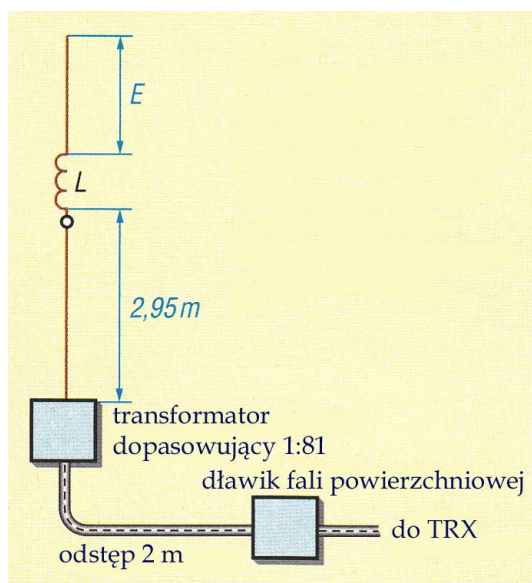
Rys. 1.2.2.4. Wykonanie i zabezpieczenie końcówek przedłużających dipol

[1.2.2.1] „10-m-Kurzdipol für die Antennenanlage auf dem Balkon“, Klaus Solbach, DK3BA, *Funkamateure* 12/2023, str. 964

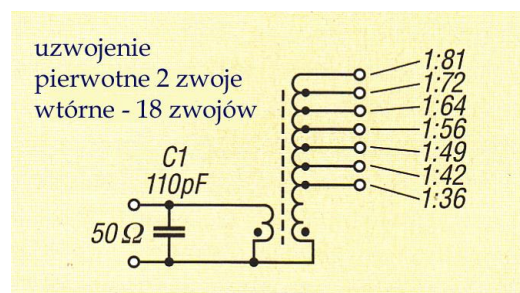
1.2.3. Skrócona antena pionowa na pasma 15 m, 17 m i 20 m

Antena składa się z 6-metrowego pręta z włókna szklanego (wędki) służącego jako nośnik dla dwóch odcinków przewodu połączonych ze sobą za pomocą cewki przedłużającej umieszczonej w przybliżeniu na 2/3 wysokości anteny (rys. 1.2.3.1). Długości górnego odcinka E i liczbę zwojów cewek dla poszczególnych pasm podano w tabeli 1.2.3.1. Należy początkowo wykonać odcinek E nieco dłuższy i skracać do w trakcie dostrajania anteny. Wpływ na rezonans anteny mają m.in. sposób nawinięcia cewek (grubość przewodu i odstępy między zwojami) i ich pojemności własne.

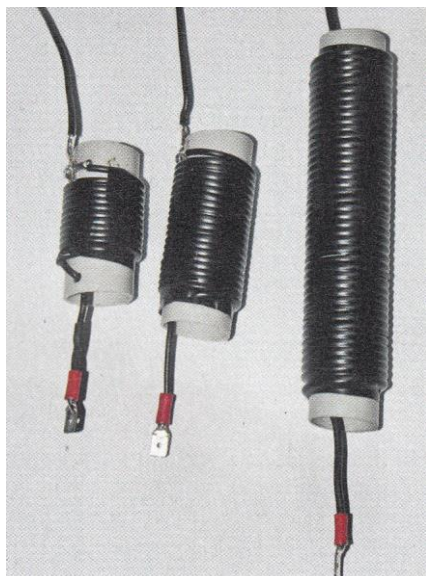
Cewki są nawinięte na odcinkach rury z PCW o średnicy 25 mm (fot. 1.2.3.3). Skrócenie wynosi około 45% dla pasma 20 m, 60% dla pasma 17 m i 70% dla pasma 15 m. Zaletą konstrukcji jest to, że nie potrzebuje ona przeciwwag. Wymaga to jednak zastosowania dławika tłumiącego falę powierzchniową na kablu zasilającym.



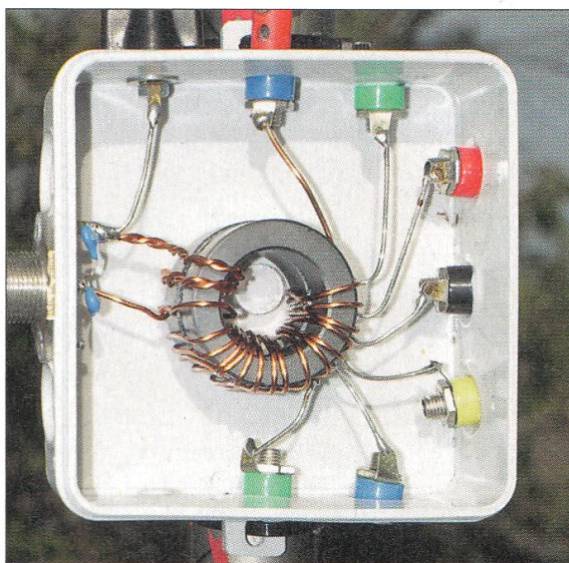
Rys. 1.2.3.1. Schemat i wymiary anteny



Rys. 1.2.3.2. Schemat transformatora dopasowującego



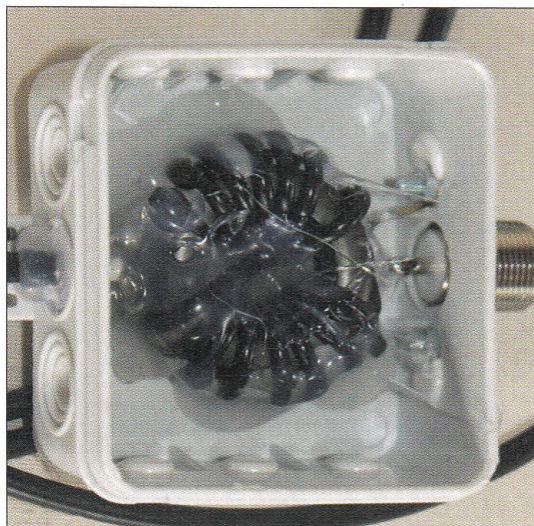
Fot. 1.2.3.3. Wykonanie cewek przedłużających



Fot. 1.2.3.4. Wykonanie transformatora

Do jej zasilania na dolnym końcu służy transformator magnetyczny o przekładni oporowej 1:81 (napięciowej 1:9). Schemat rozwiązania przedstawia rys. 1.2.3.1, schemat transformatora dopasowującego rys. 1.2.3.2, a sposób wykonania fot. 1.2.3.4. Transformator jest nawinięty przewodem DNE o średnicy

1,2 mm na rdzeniu pierścieniowym FT140-43. Uzwojenie pierwotne zawiera dwa zwoje, a wtórne 18 zwojów z odczepami pozwalającymi na dobór przekładni. Maksymalna przekładnia oporowa wynosi 1:81 co pozwala na dopasowanie do impedancji 4 k Ω . Maksymalna dopuszczalna moc nadawania dla emisji SSB i CW wynosi 200 W, dla emisji ciągłych jak RTTY czy FT8 jest ona niższa. Transformator można także nawinąć na rdzeniach T130-6 albo T130-2.



Fot. 1.2.3.5. Wykonanie dławika

Transformator i dławik dla fali powierzchniowej umieszczono w plastikowych puszkach od instalacji elektrycznych. Dławik jest nawinięty (na sposób W1JR) również na rdzeniu FT140-43 i składa się z 2 x 7 zwojów kabla koncentrycznego RG-174. Kabel jest przyklejony do rdzenia klejem na gorąco. Dzięki umieszczeniu dławika w odległości 2 m od transformatora ekran kabla stanowi miniprzeciwwagę poprawiającą pracę transformatora.

Elementy promiennika i cewki są wykonane z tego samego przewodu – licy miedzianej 1,5 mm² w izolacji PCW. Uzwojenia cewek zostały przyklejone taśmą izolacyjną. Na dolnych końcach cewek znajdują się odcinki przewodu długości 5 cm zakończone kontaktem. W ten sposób dolny element anteny o długości 2,90 m zostaje przedłużony do 2,95 m. Górny odcinek E jest połączony na stałe z cewką przedłużającą.

Tabela 1.2.3.1

Liczba zwojów cewki przedłużającej i długość odcinka E

Pasmo [m]	Liczba zwojów	Długość odcinka E [m]
15	11	1,92
17	20	1,82
20	41	1,85

Tabela 1.2.3.2

Dane transformatora dopasowującego

Odczep na zwoju	Stosunek uzwojeń	Przekładnia oporowa
18	1:9	1:81
17	1:8,5	1:72
16	1:8	1:64
15	1:7,5	1:56
14	1:7	1:49
13	1:6,5	1:42
12	1:6	1:36

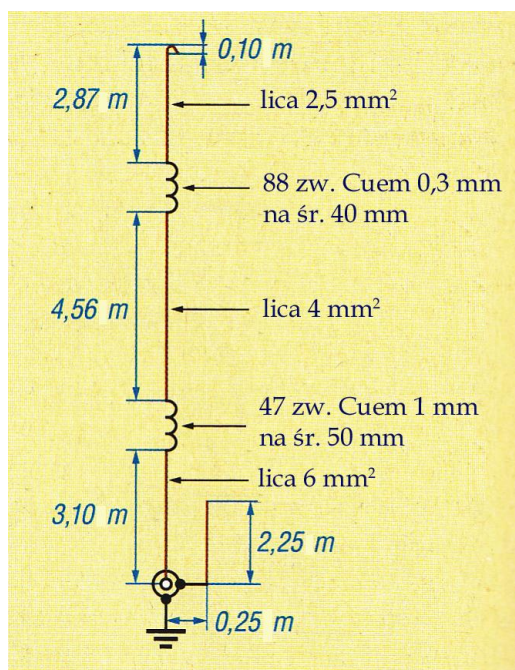
Dolny odcinek jest przyklejony taśmą albo przywiązany wiązadłami do nośnika. Do podłączenia cewek służą wtykane kontakty z instalacji samochodowych. Zamiast nich można zastosować kostki od instalacji elektrycznych. Do przymocowania górnego odcinka służą rozpinane wiązadła. Można go również nawinąć spiralnie na pręcie i wówczas wystarczy jedno wiązadło u góry.

Pokrywane zakresy są węższe niż dla dipoli półfalowych, ale w praktyce wystarczają do pokrycia całych pasm z WFS nie przekraczającym 1,5 po dobraniu optymalnej przekładni transformatora. Wpływ na nią wywiera m.in. otoczenie anteny.

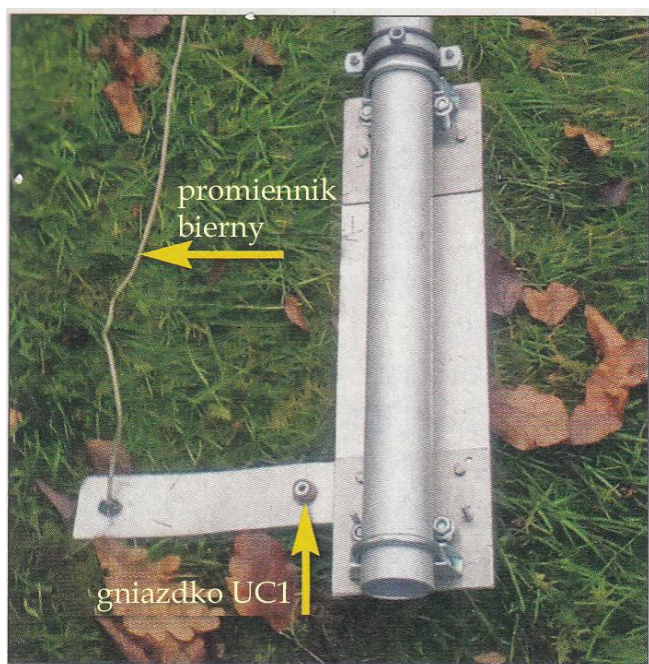
[1.2.3.1] „Verkürzte EFHW-Vertikalantennen für 15 m, 17 m und 20 m“, Martin Steyer, DK7ZB, *Funkamateureur* 5/2023, str. 381.

1.2.4. Skrócona antena pionowa na pasma 10 m, 15 m i na dolne pasma

Antena składa się z podzielonego na trzy elementy promiennika na pasma 15 m, 80 m i 160 m i sprzężonego elektromagnetycznie promiennika na pasmo 10 m (rys. 1.2.4.1). Zestaw pasm jest dostosowany do warunków licencji dla niemieckiej klasy E. Dolny element promiennika jest dostrojony do pasma 15 m. Powyżej znajduje się oddzielony za pomocą dolnego dławika element dla pasma 80 m. Najwyższy element oddzielony górnym dławikiem pozwala na pracę w paśmie 160 m. Dzięki znacznemu odstępowi rezonansów pasm 15 m i 80 m dolny dławik skutecznie separuje dolny element od reszty anteny. Mniejsza różnica częstotliwości rezonansu w pasmach 80 i 160 m powoduje, że separacja środkowego elementu od górnego jest znacznie słabsza. Rezonans w paśmie 10 m zapewnia dodatkowy promiennik bierny umieszczony z boku głównego w odległości 0,25 m. Jest on uziemiony i sprzężony elektromagnetycznie z promiennikiem głównym.



Rys. 1.2.4.1. Schemat i wymiary anteny



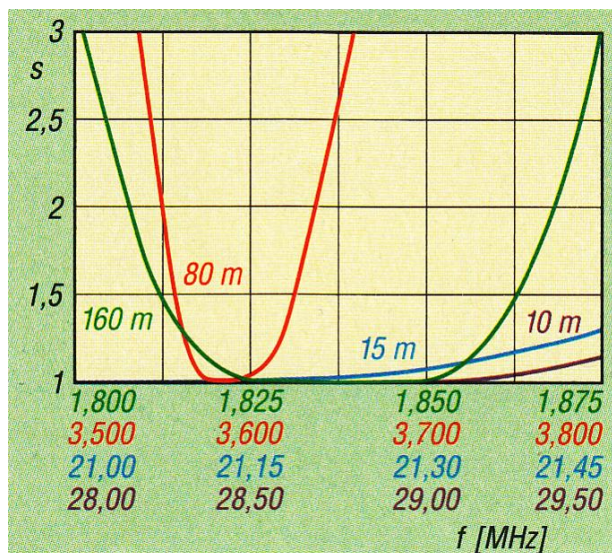
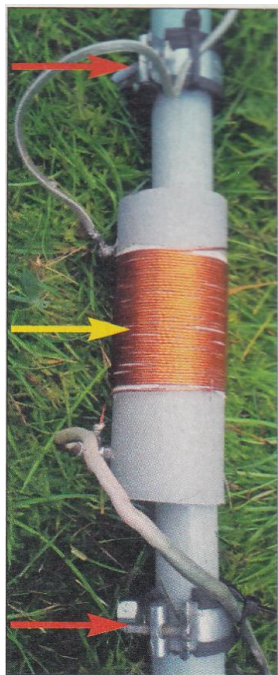
Fot. 1.2.4.2. Podstawa anteny

Całkowita wysokość anteny wynosi 10 m. W jej konstrukcji wykorzystano 10-metrowy pręt (wędkę) z włókna szklanego. Konstrukcja i uruchomienie anteny upraszczają się w stosunku do innych anten wielopasmowych dzięki zastąpieniu obwodów rezonansowych (pułapek) przez dławiki separujące. Pręt nośny stoi stabilnie i nie wymaga odciągów. Konstrukcję podstawy anteny i dolnego dławika przedstawiono na ilustracjach 1.2.4.2 i 1.2.4.3.

Elementy promiennika są wykonane z licy głośnikowej o różnych przekrojach w izolacji. Przekroje zostały dobrane w zależności od natężenia prądu w.c.z. Cztery przeciwwagi o długości 10 m zostały wykonane z licy głośnikowej o przekroju 6 mm².

Cewki są nawinięte drutem DNE 1 mm zwój obok zwoju na rurze z PCW o średnicach 40 i 50 mm. Do umocowania elementów promiennika i końcówek cewek użyto obejm metalowych.

Szerokość pasma dla WFS poniżej 2 wynosi 80 kHz w zakresie 3,5 MHz i 50 kHz w zakresie 1,8 MHz. W całych szerokościach pasm 10 i 15 m WFS leży poniżej 1,5.



Fot. 1.2.4.3. Wykonanie dolnej cewki. Czerwone strzałki wskazują metalowe obejmy, a żółta – cewkę

Rys. 1.2.4.4. Przebieg WFS w pasmach pracy

[1.2.4.1] „Verkürzte Vertikalantenne für 10 m, 15 m und die Lowbands“, Dipl.-Ing. Christoph Kunze, DK6ED, *Funkamateure* 9/2023, str. 714.

1.2.5. Szerokopasmowe anteny GP

Anteny oparte na zasadzie WBV (ang. *wide band vertical*) posiadają dodatkowy promiennik bierny sprzężony elektromagnetycznie z głównym promiennikiem. Jest on krótszy od głównego promiennika i w ten sposób zapewnia rezonans i dopasowanie (drugie lokalne minimum WFS) na częstotliwości wyższej od głównej. Wypadkowo otrzymuje się szerszą charakterystykę niskiego WFS czyli poszerzenie pasma pracy anteny.

Główny promiennik na pasmo 80 m ma wysokość 1/4 fali – 21 metrów i był w pierwotnej konstrukcji wykonany z profilu metalowego o przekroju kwadratowym 80 x 80 mm. Antena była początkowo wyposażona w 40 przeciwwag o długości po 20 m. Liczbę przeciwwag można jednak bez wahania obniżyć do 10. W zmodyfikowanej antenie promiennik bierny o wysokości 19 m stanowi pętla z drutu mająca szerokość 3 – 3,5 cm, a promiennik główny o wysokości 21 m pętla z drutu o szerokości 10 cm. W jej konstrukcji zastosowano rozpórki teflonowe dla otrzymania stabilnej konstrukcji.

Dodanie biernego promiennika powoduje nie tylko rozszerzenie zakresu pracy anteny ale również wzrost impedancji wejściowej z 37 Ω do około 50 Ω z niewielką składową urojoną, pod warunkiem doboru odległości i długości promiennika biernego. Musi on być też cieńszy od głównego promiennika. Dobrany eksperymentalnie odstęp obu promienników dający możliwie niski kąt promieniowania wynosi 1,2 m dla anteny pracującej w paśmie 80 m. Niższy WFS uzyskuje się jednak przy odstępie 1,6 m. Dla częstotliwości 3,5 MHz otrzymano impedancję wejściową $Z = 55 + j2,7 \Omega$ i WFS ~1,11, dla 3,6 MHz – $Z = 60 + j0,8 \Omega$ i WFS 1,2, natomiast dla 3,7 MHz – $Z = 40 - j0,26 \Omega$ i WFS – 1,25.

Zmodyfikowaną konstrukcję przedstawia ilustracja 1.2.5.1. Charakterystyka kierunkowa anteny jest prawie dookólna.

Wymiary anteny oblicza się z poniższych wzorów:

$$\lambda_M = 3 \times 10^8 / f_M \text{ gdzie } f_M \text{ jest częstotliwością środka zakresu pracy,}$$

długość głównego promiennika wynosi

$$l_{pr} = 1,029 \lambda_M / 4$$

długość promiennika biernego

$$l_{pb} = 0,887 / 4$$

odstęp między promiennikami wynosi

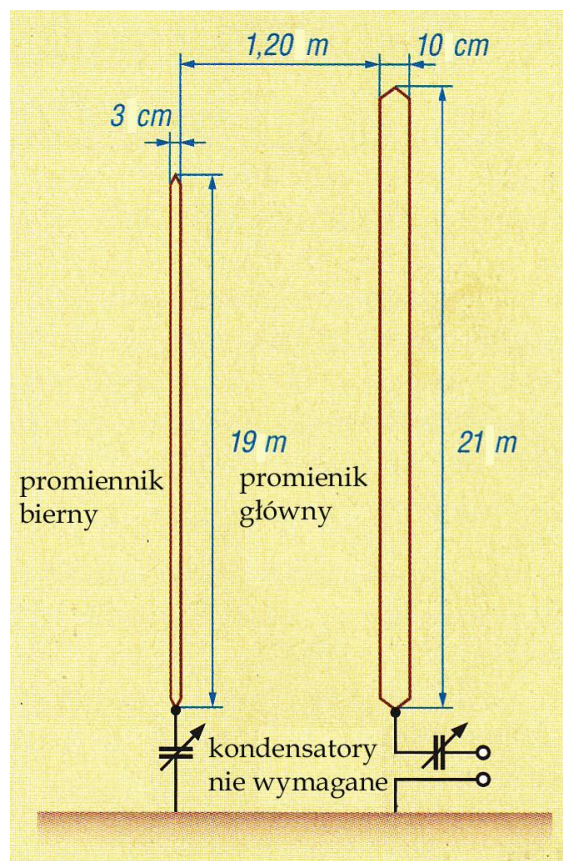
$$d = 0,02 \lambda_M$$

promień głównego promiennika

$$r_{pr} = 0,001 \lambda_M$$

a promień biernego promiennika

$$r_{pb} = r_{pr} / 3.$$



Rys. 1.2.5.1. Wymiary konstrukcja anteny

[1.2.5.1] „Neues Konzept für breitbandige Groundplane-Antenne“, Jörg Süssenbach, DF9LJ, *Funkamateureur* 2/2023, str. 124.

1.2.6. Antena HB9XBG

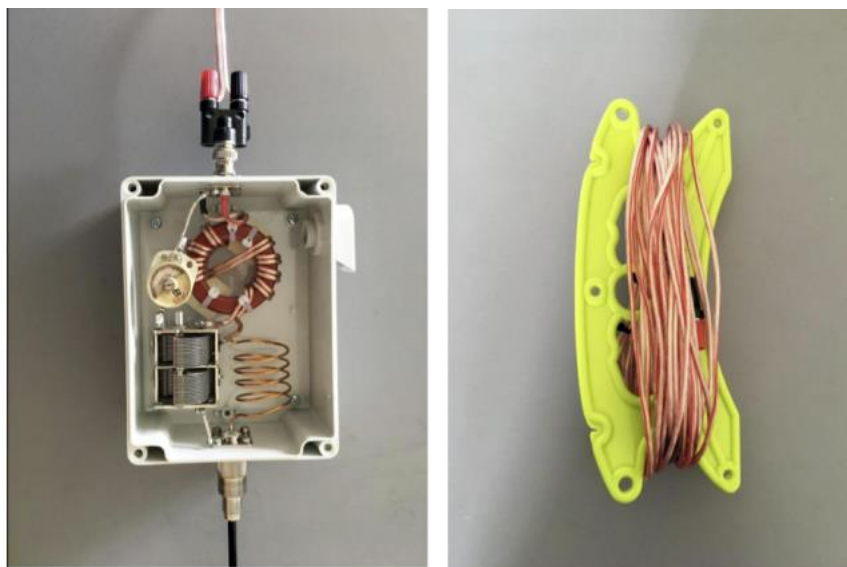
Antena HB9XBG jest pionową anteną półfalową wyposażoną w dodatkowy element ćwierćfalowy – oba są przedłużeniem linii o impedancji falowej 100Ω umocowanej na maszcie antenowym. Antena pracuje jako pionowy dipol z falą powierzchniową.

Nie wymaga ona stosowania przeciwwag i dzięki temu zajmuje stosunkowo mało miejsca. Istotnym elementem, zapewniającym w ogóle promieniowanie anteny jest dławik blokujący falę powierzchniową. Fala powierzchniowa płynąca po zewnętrznej powierzchni ekranu kabla koncentrycznego powstaje w wyniku konieczności wyrównania potencjałów między symetryczną i niesymetryczną stroną układu. Efekt powierzchniowy powoduje, że zewnętrzna strona ekranu stanowi dla wielkiej częstotliwości oddzielny (trzeci) przewód w kablu koncentrycznym. Prądy płynące w nim powodują promieniowanie fali. Bez dławika blokującego w odcinku linii 100-omowej płynęłyby prądy symetryczne zasilające antenę i składowa prądu powierzchniowego.

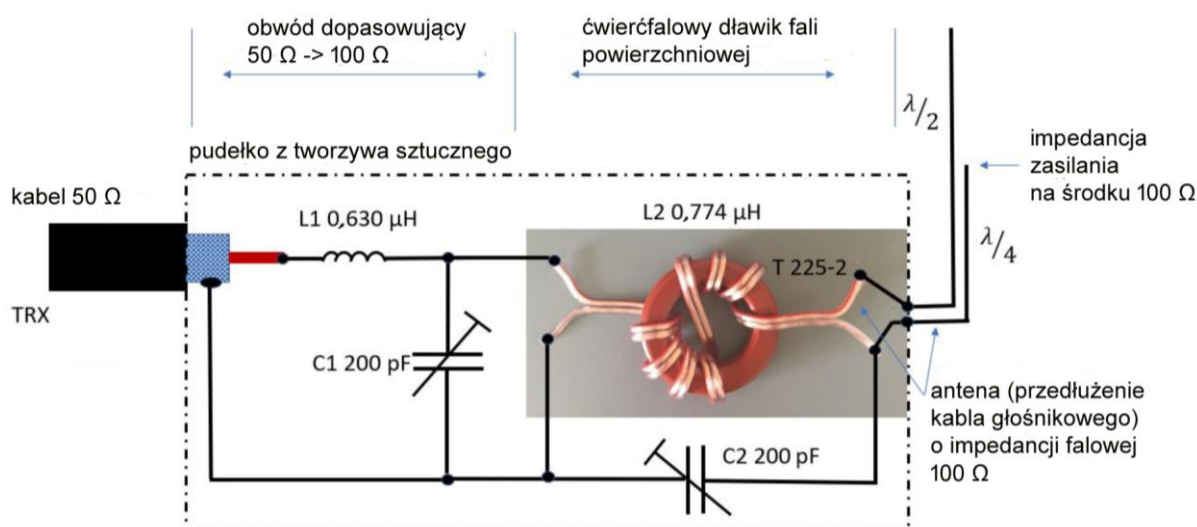
Impedancja wejściowa anteny $100\ \Omega$ daje się łatwo dopasować do impedancji systemowej $50\ \Omega$ bez korzystania ze skomplikowanych obwodów dopasowujących. Odcinek linii zasilającej łączący wyjście obwodu dopasowującego z zaciskami promiennika wykonano z kabla głośnikowego $2 \times 2,5\ \text{mm}$ w izolacji z PCW. Impedancja falowa tego kabla jest zbliżona do $100\ \Omega$.

Konstruktor oparł się na zależności impedancji wejściowej symetrycznego dipola pionowego od jego odległości od powierzchni ziemi. W przypadku gdy dolny koniec dipola znajduje się na wysokości zbliżonej do $1/80$ fali impedancja wejściowa wynosi $100\ \Omega$. W konstrukcji HB9XBG zaciski anteny znajdują się na wysokości około 20 cm, co zapewnia również impedancję wejściową $100\ \Omega$.

Obwód dopasowujący i dławik są umieszczone w plastikowej wodoszczelnej obudowie. HB9XBG wraz z HB9BFM zrealizowali i wypróbowali praktycznie z dobrymi wynikami anteny na pasma 20 i 40 m – odpowiednio na masztach 22 i 10 m, dla mocy 100 i 1000 W.



Fot. 1.2.6.1. Wykonanie obwodów w wersji 100 W Fot. 1.2.6.2. Antena 10 m w stanie zwiniętym



Rys. 1.2.6.3. Konstrukcja anteny

Szerokość pasma pracy anteny dla WFS poniżej 1,5 wynosi w zakresie 20 m 900 kHz, a więc znacznie przekracza szerokość pasma amatorskiego. Zysk nad idealnym gruntem jest równy 6 dBi. Antena dobrze nadaje się do pracy terenowej (między innymi dzięki prostemu montażowi i demontażowi) i dzięki niskiemu kątowi promieniowania dobrze spisuje się w łącznościach DX-owych.

Tabela 1.2.6.1
Elementy obwodów

Pasmo [m]	L1 [μ H]	C1 [pF]	L2 [μ H]	C2 [pF]	Długości kabli [m]
20	0,630	112	0,774	162	10,04
40	1,260	224	4,000	125	20,07

[1.2.6.1] „Die nützliche Mantelwelle“, Walter Kägi, HB9XBG, HBradio, 6/2000, str. 41 – 44

[1.2.6.2] „Antennenbuch“, Rothammel, wyd. 12, rozdział 19.5.2

[1.2.6.3] „ARRL Antenna Book”, wyd. 24, rozdział 2.13

[1.2.6.4] http://oe1iah.at/Hardware/Antennen/HB9XBG_Antenne.shtml

1.2.7. Pionowa antena czteropasmowa

Wisząca antena o kształcie dwóch skrzyżowanych prostokątów zapewnia dobrą słyszalność na pasmach 30, 20, 17 i 15 m.

Antena składa się z czterech pionowych dipoli zasilanych w sposób klasyczny na środku. Konstrukcja jest lekka i niedroga, konstrukcja wykorzystuje materiały łatwe do zdobycia, daje ona się łatwo zainstalować, pokrywa cztery pasma krótkofalowe i nie wymaga częstych korekt dostrojenia.

Wszystkie cztery dipole są połączone równolegle i mają wspólne zaciski zasilania. Wysokość dipoli na pasma 20 i 17 m nie przekracza 10,5 m, natomiast dipol dla pasma 30 m musi być przedłużony elektrycznie za pomocą cewek w obu ramionach. Wysokość anteny została dobrana tak, aby można było ją zawiesić na drzewie rosnącym u konstruktora.

Cewki przedłużające zostały nawinięte przewodem DNE o przekroju 1 mm² na rurkach z PCW o średnicy 3/4 cala i długości 10 cm. Uzwojenie składa się z 23 zwojów nawiniętych zwoj obok zwoju i ma indukcyjność 6,7 μ H. Długość uzwojenia wynosi około 4,5 cm. Zostało ono pokryte trzema warstwami kleju poliuretanowego i owinięte taśmą izolacyjną dla ochrony przed wpływami otoczenia.

Każde z ramion promiennika na pasmo 30 m składa się z dwóch odcinków o długościach 252 cm połączonych z obydwoma końcami cewki.

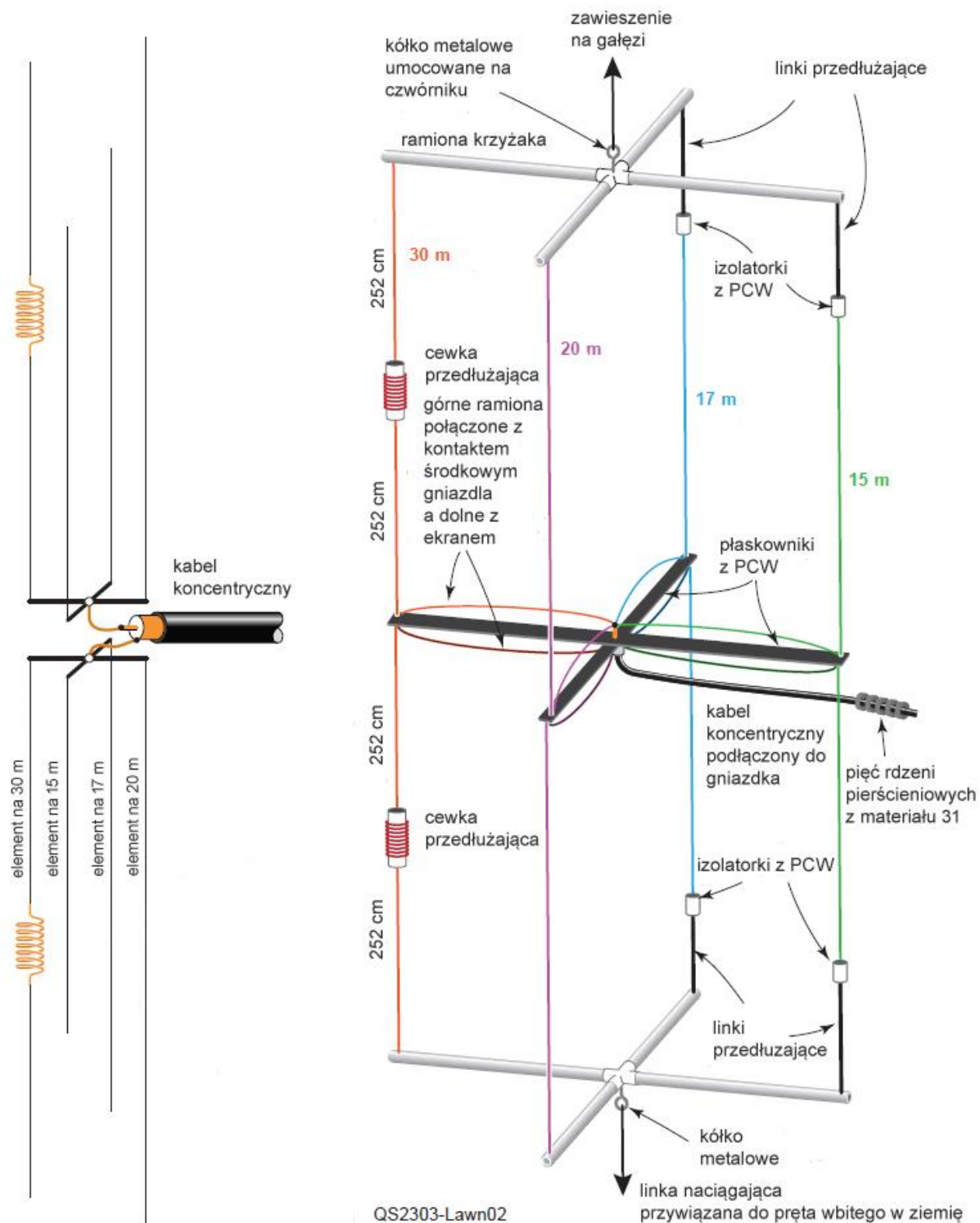
Promienniki dla pasm 20, 17 i 15 m zostały wykonane z przewodu izolowanego o przekroju 2,5 mm². Ze względu na wzajemne oddziaływania między dipolami korzystnie jest umocować wszystkie cztery dipole przed rozpoczęciem dostrajania anteny.

Krzyżaki górny i dolny są zbudowane z ośmiu odcinków rurki z PCW o długościach po 23 cm połączonych na środku za pomocą czwórników z PCW. Środkowy krzyżak składa się z dwóch plastikowych płaskowników o grubości 6 mm, długości 51 cm i szerokości 5 cm. Na ich skrzyżowaniu jest umocowane gniazdko antenowe UHF (UC-1). Jego kontakt środkowy należy przedłużyć za pomocą kawałka grubszego przewodu o średnicy 2 mm, tak aby wystawał po drugiej stronie płaskowników. Gniazdko i płaskowniki są skręcone ze sobą czterema śrubami (fot. 1.2.7.4). Kontakt środkowy i zewnętrzny są połączone odpowiednio z dolnymi i górnymi ramionami dipoli. Sposób podłączenia ramion do przedłużonego środkowego kontaktu pokazano na fot. 1.2.7.5.

Do otworów w ramionach górnego i dolnego krzyżaka umocowane są końce dipoli lub końce nieprzewodzącej linki o średnicy 3 mm uzupełniającej ich długość. Najlepiej jest umocować najpierw elementy dipola na pasmo 20 m ponieważ on określa wysokość anteny. Na końcach krótszych elementów znajdują się przewiercone na wylot na końcach izolatory z PCW, do których przymocowane są odcinki linki przedłużającej. W czwórnikach u góry i u dołu umocowane są kółeczka metalowe do których przymocowana jest linka służąca do zawieszenia anteny (u góry) i linka naciągająca przywiązana do pręta wbitego w ziemię (u dołu).

Na kabel zasilający należy nałożyć pierścionki ferrytowe tworzące dławik symetryzujący zasilanie anteny. Konstruktor użył ferrytowych rdzeni pierścieniowych z materiału 31. Wzajemny wpływ elementów na siebie powoduje, że w trakcie strojenia konieczne jest dobranie długości elementów i skorygowanie odpowiednio długości linek przedłużających. Strojenie rozpoczyna się od pasma 20 m. Uzyskane po dostrojeniu współczynniki fali stojącej (WFS) zawiera tabela 1.2.7.2.

Antena promieniuje falę o polaryzacji pionowej i nie wymaga przeciwwag. Konstruktor uzyskał na niej wiele łączności międzykontynentalnych.



Rys. 1.2.7.1. Zasada konstrukcji anteny czteropasmowej

Rys. 1.2.7.2. Konstrukcja i wymiary anteny

Tabela 1.2.7.1. Długości elementów anteny dla poszczególnych pasm

Element	Długość [cm]
Zewnętrzny na 30 m	234
Wewnętrzny na 30 m	252
Ramię dipola na 20 m	529
Ramię dipola na 17 m	417
Ramię dipola na 15 m	352

Uwaga: długość zewnętrznego elementu dla pasma 30 m wskazuje, że połączenie z gniazdkiem antenowym stanowi część dipola. Należy dodać 15 – 20 cm dla przeciągnięcia przez korpus cewki.

Tabela 1.2.7.2

Pomiary anteny wykonane za pomocą analizatora *RigExpert AA-600*

Pasma [m]	Częstotliwość [MHz]	WFS
30	10,100	1,50
	10,125	1,38
	10,140	1,40
20	14,000	1,22
	14,150	1,28
	14,340	1,60
17	18,060	1,70
	18,100	1,70
	18,160	1,80
15	21,000	1,00
	21,150	1,19
	21,440	1,50



Fot. 1.2.7.3. Cewki przedłużające dla pasma 30 m przed ich zaimpregnowaniem i instalacją

Fot. 1.2.7.4. Gniazdko koncentryczne jest umocowane pod skrzyżowaniem płaskowników



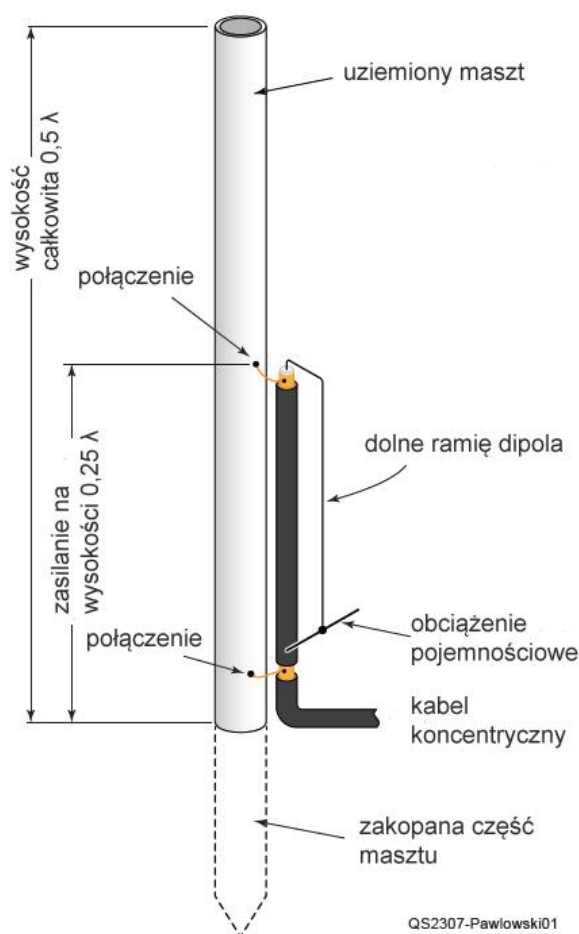
Fot. 1.2.7.5. Podłączenie górnych ramion dipoli do przedłużonego środkowego kontaktu gniazdka przy użyciu metalowego zacisku

[1.2.7.1] „WindChime4: A Four-Band Vertical Dipole”, Richard Lawn, W2JAZ, QST 3/2023, str. 30

1.2.8. Uziemiona antena półfalowa

Uziemione anteny półfalowe wymagają przeważnie dość skomplikowanych układów dopasowujących. Antena konstrukcji SP3L ma impedancję wejściową 50 omów.

Do zasilania ćwierćfalowych anten uziemionych stosowane są najczęściej układy typu gamma. Próba sprawdzenia na drodze symulacji czy to samo rozwiązanie sprawdzi się dla anten półfalowych wykazała, że możliwa jest ich konstrukcja nie wymagająca żadnych obwodów dopasowujących. Punktem wyjścia dla symulacji była konstrukcja z rysunku 1.2.8.1. Ekran kabla zasilającego jest połączony z masztem tuż powyżej powierzchni ziemi. Kabel jest dalej poprowadzony wzdłuż masztu do wysokości $1/4$ fali, gdzie jego ekran jest ponownie połączony z masztem. Żyłka środkowa jest połączona z przewodem rozciągniętym wzdłuż masztu i stanowiącym dolne ramię pionowego dipola. Jest ono obciążone pojemnościowo za pomocą dwóch przewodów rozciągniętych równoległe do powierzchni ziemi dzięki czemu ramię to ulega skróceniu i jego koniec nie dotyka ziemi. Górna część masztu od wysokości ćwiartki fali wznwyż stanowi ramię górne.

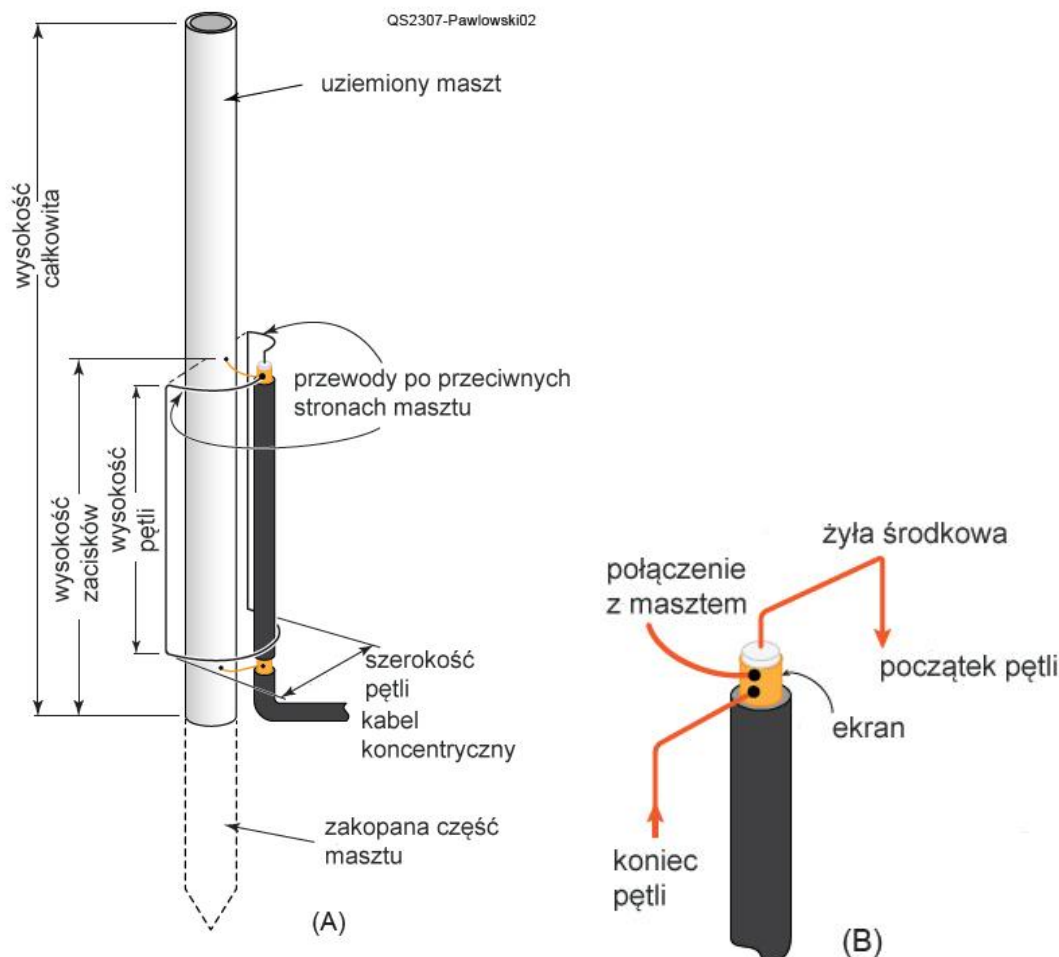


Rys. 1.2.8.1. Wyjściowy koncept półfalowej anteny zamontowanej na uziemionym maszcie

Symulacja wykazała, że w dole masztu płynie bardzo mały prąd w.c.z. i że nawet przy dużej oporności uziemienia masztu straty mocy w gruncie są nieznaczne. Oznacza to, że antena nie wymaga niskiej oporności gruntu. Dalsze symulacje przy różnych opornościach gruntu, aż do bardzo rozbudowanego systemu przeciwwag wykazały, że antena zachowuje się równie dobrze w szerokim zakresie oporności gruntu. Symulacja maksymalnego zysku anteny wykazała, że jest on trochę wyższy niż dla typowego dipola ćwierćfalowego zasilanego na środku. Charakterystyka kierunkowa nie była jednak dokładnie dookólna, a szerokość pasma dopasowania była o połowę niższa niż dla anteny ćwierćfalowej zasilanej na środku. Impedancja wejściowa wynosiła 22Ω .

Na rysunku 1.2.8.2 przedstawione jest ostateczne rozwiązanie. Wysokość masztu wynosi $0,6 \lambda$ dzięki czemu unika się pojemnościowego obciążenia dolnego ramienia dipola. Dolne ramię zostało zastąpione

przez podłużną pętlę, której pionowe przewody znajdują się po przeciwnych stronach masztu. Zapewna to niemal dookólną charakterystykę promieniowania, a przesunięcie zacisku zasilania w pętli podwyższa impedancję wejściową anteny do $50\ \Omega$. Szerokość pasma dopasowania nie poprawiła się, ale i tak jest ona w praktyce wystarczająca dla wszystkich pasm poza zakresem 80 m. Antena nie wymaga żadnych obwodów dopasowujących ani symetryzatora. Ekran kabla zasilającego powinien być połączony bezpośrednio z masztem. Ponieważ antena jest uziemiona dla prądu stałego zapewnia ona również odprowadzenie ładunków statycznych i bezpieczeństwo w czasie burz i wyładowań atmosferycznych.



Rys. 1.2.8.2. Ostateczne rozwiązanie anteny (A) i szczegóły zasilania (B)

W tabeli 1.2.8.1 podano wymiary dla różnych pasm amatorskich. Założono konstrukcję masztu składającego się ze stopniowanych teleskopowo rurek i pętlę wykonaną z gołego przewodu o średnicy 2 mm. Porównanie charakterystyki promieniowania z charakterystyką pionowego dipola zasilanego na środku wskazuje na odrobinę większy zysk. Odchyłki charakterystyki od okręgu nie przekraczają $\pm 0,1\ \text{dB}$. Zasada została sprawdzona w praktyce w konstrukcji anteny na pasmo 10 m. Pasma to ma znaczną szerokość, ale okazało się, że przeskalowanie anteny pozwoliłoby na uzyskanie dopasowania w całych pasmach 12, 15, 17 i 20 m. Antena była zasilana przez odcinek kabla RG-58 o długości 22 m. Na częstotliwości 29,08 MHz WFS był równy 1,1, a na krańcach pasma wynosił w przybliżeniu 2. Wyniki symulacji zgadzały się z wynikami pomiarów zbudowanej anteny. SP3L dokonał również pomiarów porównawczych z ćwierćfalowym dipolem zasilanym na środku.

Eksperymenty wykazały możliwość wykorzystania masztu o wysokości $0,6\ \lambda$ jako półfalowej anteny uziemionej. Węższy zakres dopasowania jest równoważony przez niemal dookólną charakterystykę promieniowania, a zysk jest niemal równy zyskowi zasilanej na końcu anteny ćwierćfalowej. Konstrukcja jest wytrzymała mechanicznie i nie wymaga niskiej oporności gruntu. Uziemienie konstrukcji zwiększa bezpieczeństwo w czasie burz i wpływ wyładowań statycznych.

Tabela 1.2.8.1

Wymiary anteny dla różnych pasm amatorskich

Wymiar	30 m	20 m	17 m	15 m	12 m	10 m
Wysokość całkowita [m]	17,5	12,5	10	8,7	7,2	6,3
Wysokość zacisków [m]	9,8	7	5,5	4,7	4	3,5
Wysokość pętli [m]	6,09	4,37	3,35	3,03	2,51	2,25
Szerokość pętli [m]	0,64	0,48	0,35	0,26	0,22	0,2

[1.2.8.1] „DC Grounded Half-Wave Vertical”, Jacek Pawłowski, SP3L, QST 7/2023 str. 36

1.2.9. Pionowa antena $5/8 \lambda$ na 10 MHz

Zasilany na środku pionowy dipol o wysokości $5/8 \lambda$ na pasmo 10 MHz nie wymaga przeciwwag, a nowatorski układ dopasowujący pozwala na pracę w jednym lub dwóch pasmach

Konstrukcja anteny OH3JF wzoruje się na antenie „Gain Master” firmy *Sirio* dla zakresu 25,5 – 30 MHz. Wolnostojąca pionowa antena *Sirio* jest umieszczona w rurze z włókna szklanego. Pozwala to na łatwe zamontowanie jej na maszcie. Antena OH3JF dla pasma 10 MHz ma długość $5/8$ fali.

Jej konstrukcję przedstawia rys. 1.2.9.1. Górne ramię dipola jest wykonane z przewodu, a dolne stanowi ekran kabla koncentrycznego. Jest ono połączone z dławikiem nawiniętym kablem koncentrycznym zasilającym antenę. Dopasowane na środku dipola zapewnia kondensator wykonany z otwartego na obu końcach odcinka kabla koncentrycznego.

W odległości 4,47 m od kondensatora (środku anteny) znajduje się strojnik z kabla koncentrycznego o długości 145 cm zwarty na końcu. W instalacji OH3JF dławik umieszczono na wysokości około metra nad powierzchnią ziemi. Górne ramię dipola zostało zagięte pod kątem prostym, tak że odcinek poziomy ma długość około trzech metrów. Było to związane z ograniczeniami wysokości w miejscu instalacji.

Wymiary anteny zostały dobrane dla częstotliwości 10,11 MHz (29,67 m) przez przeskalowanie anteny *Sirio* dla częstotliwości 27,75 MHz. Przy obliczaniu wysokości umieszczenia strojnika i jego długości należy uwzględnić współczynnik skrócenia. Odległość $0,177 \lambda$ między kondensatorem koncentrycznym i strojnikiem została także przyjęta z anteny *Sirio*. Sam strojnik ma długość $0,0574 \lambda$. Przy obliczaniu mechanicznych długości kabla Ecoflex 10 należy uwzględnić współczynnik skrócenia kabla – wynoszący 0,85. Współczynniki dla innych typów kabli są podane w ich danych katalogowych.

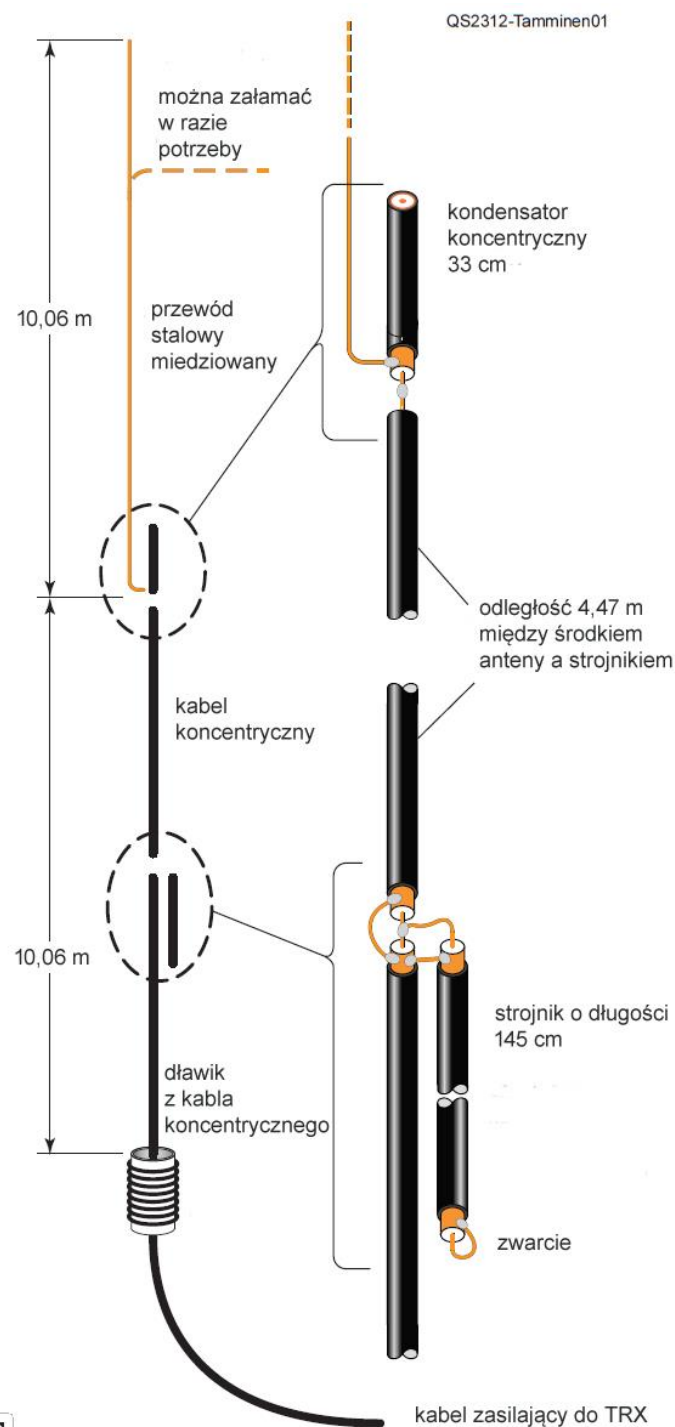
Wzorowany na produkcie *Sirio* dławik jest nawinięty na szarej rurce z PCW o średnicy w przybliżeniu 11 cm, zawiera 27 zwojów i ma indukcyjność 29 μH . Reaktancja przy częstotliwości pracy wynosi kilka $\text{k}\Omega$, co sugeruje, że pracuje on niedaleko rezonansu.

Kondensator koncentryczny w antenie *Sirio* ma długość 9 cm i pojemność 8,7 pF. Dla uzyskania takiej samej reaktancji pojemnościowej (659 pF) powinien on przy częstotliwości 10,11 MHz mieć pojemność w przybliżeniu 23,9 pF. Dla kabla RFA-78 długość ekranu powinna wynosić 33 cm (pojemność własna kabla wynosi 73 pF/m). Izolacja powinna mieć nieco większą długość aby odległość końców ekranu od końców żyły środkowej zapewniała wystarczającą wytrzymałość napięciową (patrz fot. 1.2.9.3). Oba końce kondensatora powinny być hermetycznie zabezpieczone przed wpływem wody i wilgoci. W ten sam sposób należy zabezpieczyć wszystkie miejsca połączenia kabli.

Ciężar cewki i reszty anteny powoduje mechaniczne obciążenie miejsc połączeń. Konstruktor proponuje ich wzmocnienie za pomocą plastikowych łubków (fot. 1.2.9.4). Gniazdko UHF jest zamontowane na aluminiowym wsporniku na dole dławika.

Antena została wypróbowana na telegrafii z mocą 500 W i nie zaobserwowano żadnych negatywnych zjawisk.

Poniżej dławika natężenie prądów powierzchniowych wynosiło 6% prądu płynącego na środku dipola. WFS w całym paśmie 10 MHz wynosiło około 1,2.



Rys. 1.2.9.1. Konstrukcja pionowej anteny $5/8 \lambda$ opartej na antenie *Sirio*. Antena ma wysokość około 20 m i jest przeznaczona do pracy w paśmie 10 MHz

Na konstrukcję potrzebne jest 20,2 m kabla koncentrycznego typu Ecoflex 10, RG-213 lub podobnego, 33 cm grubszego kabla na kondensator – RFA-78, RG-303 itp., około 11 m stalowego przewodu pokrytego miedzią na górną część anteny, 46 cm rurki z PCW o średnicy 11 – 12 cm, oraz linka nylonowa dla jej naciągnięcia i taśma samowulkanizująca dla zabezpieczenia miejsc połączeń. Na dławiku mogą występować wysokie napięcia, dlatego też antena powinna być zamontowana na tyle wysoko, żeby nie można było jej dotknąć.

Projekt elektrycznej strony anteny i pomiary zostały wykonane przez OH5TM. Jej ważną zaletą jest to, że nie potrzebuje przeciwwag ani obwodów dopasowujących. Konstrukcja mechaniczna i pionowy montaż mogą przysporzyć pewnych trudności w związku z jej wysokością. Pod adresem [1.2.9.2] znajduje się dokument opisujący konstrukcje anteny na inne pasma amatorskie.



Fot. 1.2.9.2. Dławik składa się z 27 zwojów kabla koncentrycznego nawiniętego na rurce z PCW o średnicy ~11 cm



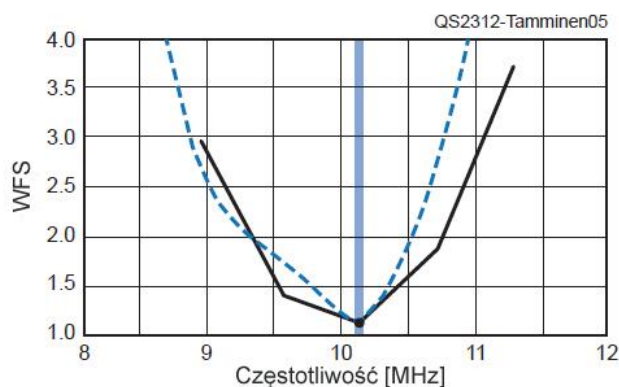
Fot. 1.2.9.3. Jako kondensator służy 33-centymetrowy odcinek grubszego kabla koncentrycznego



Fot. 1.2.9.4. Jako wzmocnienie połączeń służą plastikowe lubberki, do których wiązadłami są przywiązane końce kabli



Fot. 1.2.9.6. Umocowanie dławika dla zmniejszenia jego obciążenia mechanicznego. Na jego szczycie występują wysokie napięcia w.c.z. i dlatego powinien on się znajdować możliwie wysoko nad ziemią



Rys. 1.2.9.5. Przebieg współczynnika fali stojącej. Linia czarna – wynik pomiarów, niebieska przerywana – symulacja

[1.2.9.1] „The OH3JF 5/8-Wavelength Vertical Dipole”, Heiki Tammingen, OH3JF, QST 12/2023, str. 32

[1.2.9.2] https://drive.google.com/file/d/1p2w7Mu4qfzHmJa4etPatieqGre2Lpp_h/view?usp=drive_link

[1.2.9.3] qrz.com/db/oh3jf – strona OH3JF na QRZ.COM

1.2.10. Półfalowa antena pionowa na pasma 10 – 20 m

Antena pracuje przy mocach nie przekraczających 100 W i pokrywa wszystkie pięć pasm pomiędzy 10 – 20 m. Jej montaż w oparciu o maszt z włókna szklanego o wysokości 12 m nie wymaga odciągów. Dzięki zasilaniu na końcu unika się niedogodności związanych z doprowadzeniem kabla zasilającego do środka promiennika a dzięki długości połowy fali jej praca jest niezależna od właściwości gruntu i nie wymaga przeciwwag. Zmiana pasma odbywa się przez wymianę promiennika, a do jej dopasowania służy obwód LC. Impedancja wejściowa anteny zasilanej na końcu wynosi w przybliżeniu 3 – 4 k Ω zależnie od smukłości anteny.

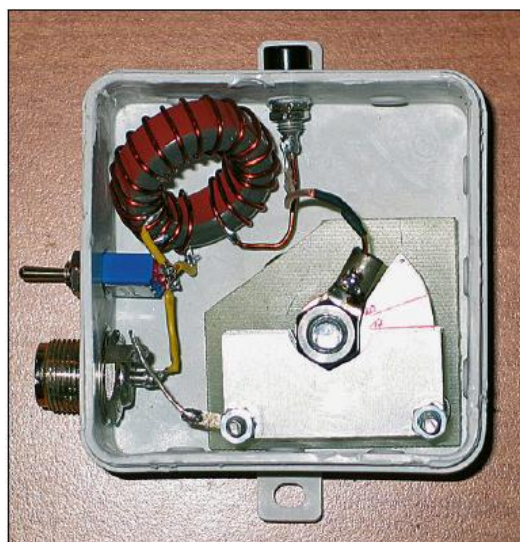
Do dopasowania anten zasilanych na końcu stosowane są przeważnie albo szerokopasmowe transformatory magnetyczne (o przekładniach 1:9 lub większych) albo strojone obwody równoległe – obwody Fuchsa. Transformator magnetyczny powoduje dla pewnych długości anteny i pasm obniżenie wysokiego WFS do wartości możliwych do dopasowania przez typowe automatyczne skrzynki antenowe.

Prostym i skutecznym (zapewniającym mniejsze straty niż w przypadku transformatora magnetycznego) jest obwód LC złożony z indukcyjności szeregowej i pojemności włączonej równoległe do zacisków anteny.

Tabela 1.2.10.1

Wartości elementów obwodu dopasowującego i półfalowego promiennika anteny

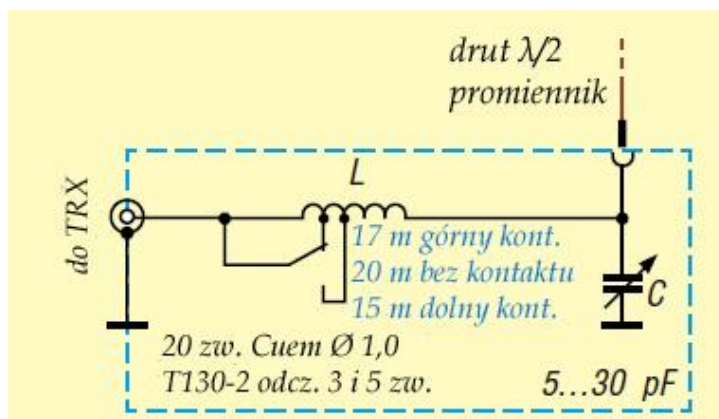
Pasmo [m]	L [μ H]	C [pF]	L [m]
20	4,4	28,9	10,2
17	3,5	21,7	7,9
15	3	18,3	6,8
12	2,6	15,6	5,7
10	2,2	14,2	5,1



Fot. 1.2.10.1. Konstrukcja obwodu dopasowującego

Obwód dopasowujący (fot. 1.2.10.1) jest wmontowany do puszek od instalacji elektrycznych w pomieszczeniach wilgotnych i składa się z kondensatora strojonego o pojemności 5 – 30 pF i odstępem okładek 1,5 mm (dla 100 W) oraz cewki nawiniętej przewodem DNE 1,0 mm o długości 80 cm na rdzeniu pierścieniowym T130-2. Cewka ma 20 zwojów i odczepy na 3 i 5 zwojach.

Promienniki na poszczególne pasma składają się z przewodu o długości połowy fali zakończonego wtyczką bananową. Jest ona wtykana do gniazdka bananowego na obudowie układu dopasowującego. Do podłączenia kabla koncentrycznego służy gniazdko UHF SO-239 (UC-1).



Rys. 1.2.10.2 Schemat układu dopasowującego dla pasm 20, 17 i 15 m

Odstęp okładek kondensatora musi wynosić co najmniej 1,5 mm ze względu na występujące przy mocy 100 napięcia ~ 1 kV. Przy mniejszych mocach odstępy mogą być mniejsze. Pojemność maksymalna nie powinna być wyraźnie wyższa od 30 pF ponieważ utrudnia to precyzyjne dostrojenie obwodu.

Przy 20 zwojach indukcyjność cewki wynosi około $4,4 \mu\text{H}$ zgodnie z obliczeniami dla pasma 20 m. Odczepy dla pasm 17 i 15 m są przełączane przełącznikiem. Dla pasm 12 i 10 m konieczne są dodatkowe odczepy.

Wstępne próby dostrojenia i znalezienia orientacyjnych położenia kondensatora można przeprowadzić za pomocą analizatora antenowego podłączając zamiast anteny opornik $3,9 \text{ k}\Omega$ między jej zacisk i masę. Układ dopasowujący jest przewidziany do dopasowania anten półfalowych i nie zastępuje uniwersalnego dla wszystkich rodzajów anten. Straty w układzie nie przekraczają 1 dB.

Dla poprawienia sprawności promieniowania anteny można spróbować rozłożyć na ziemi pod nią przeciwwagi o długości równej co najmniej połowy fali.

[1.2.10.1] „Endgespeiste $\lambda/2$ -Vertikalantenne für die Bänder von 10 m bis 20 m“, Karsten Koch, DL8LBK, *Funkamateure* 7/2024, str. 555

1.2.11. Antena odwrócone T

Antena odwrócone T jest dzięki prostej konstrukcji szczególnie interesująca w pracy terenowej. Składa się ona z promiennika ćwierćfalowego i dwóch skośnie umieszczonych przeciwwag. Jest w pewnym stopniu podobna do konstrukcji anteny trójnożnej, z tym że przy dwóch przeciwwagach impedancja wejściowa obniża się do $25 - 30 \Omega$. Możliwe jest jednak takie dobranie długości promiennika i kąta pomiędzy nim i przeciwwagami, aby uzyskać impedancję wejściową $50 - 60 \Omega$ i uniknąć konieczności dopasowania za pomocą transformatora o przekładni 1:2. Należy też zwrócić uwagę, że impedancja wejściowa jest również zależna od smukłości przewodu stosowanego na promiennik i wpływu otoczenia. Pewien wpływ wywierają również właściwości gruntu, mimo że teoretycznie praca anteny powinna być od nich niezależna.

Po wykonaniu obliczeń konstruktor otrzymał następujące dane konstrukcyjne:

- kąt α równy 122° ,
- długość przeciwwag $0,22 - 0,23 \lambda$, są one więc o 12% krótsze od promiennika.

Optymalna wysokość zacisków anteny rośnie w miarę obniżania częstotliwości, a zmiana średnicy przewodu o 1 czy dwa milimetry nie powoduje praktycznie zmian WFS. Bez problemu daje się uzyskać WFS poniżej 1,3.

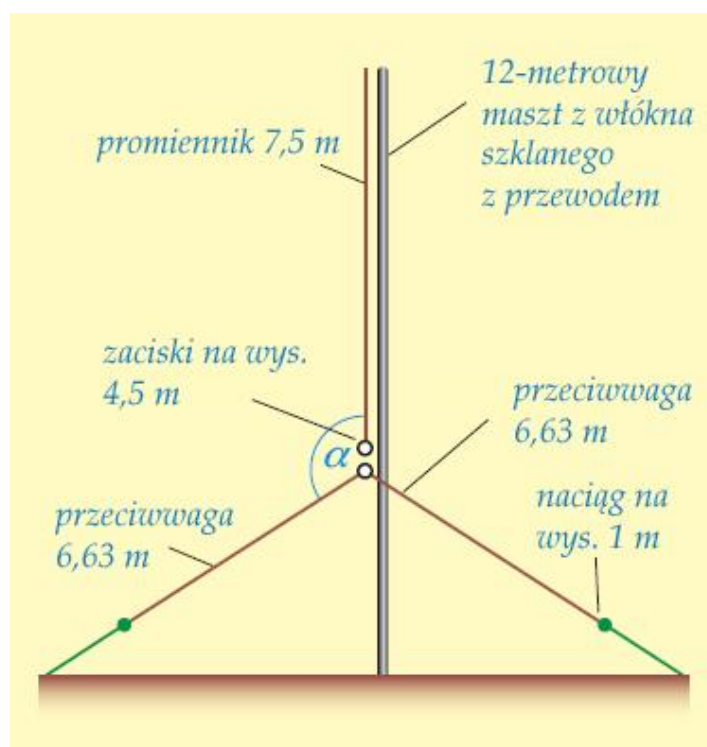
Dostrojenie anteny najlepiej rozpocząć od zmian kąta α , a następnie w razie potrzeby od niewielkiej korekty długości przeciwwag. Ich przedłużenie i zwiększenie kąta α powodują obniżenie częstotliwości rezonansu. Natomiast wysokość anteny nad powierzchnią ziemi nie odgrywa istotnej roli pod warunkiem zachowania stałego kąta i długości przeciwwag. Antena ma charakterystykę dookólną, a kąt

wzniesienia głównej wiązki wynosi $20 - 22^\circ$. Zalecane jest włączenie dławika tłumiącego falę powierzchniową w pobliżu zacisków wejściowych. Wymiary anteny podano w tab. 1.2.11.1.

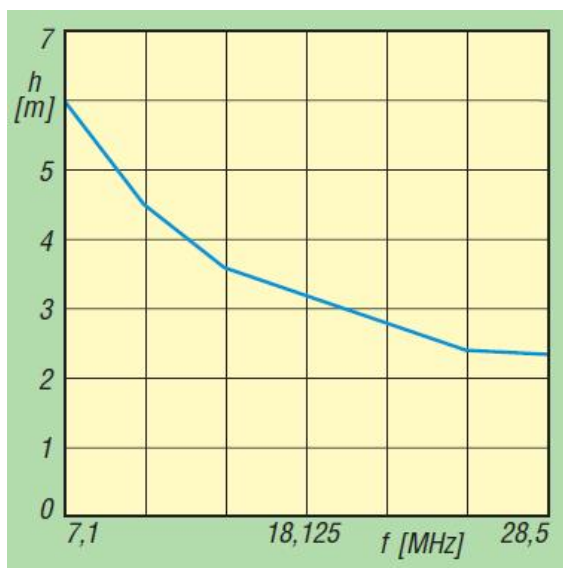
Tabela 1.2.11.1

Wielkości charakterystyczne anteny w zależności od częstotliwości pracy

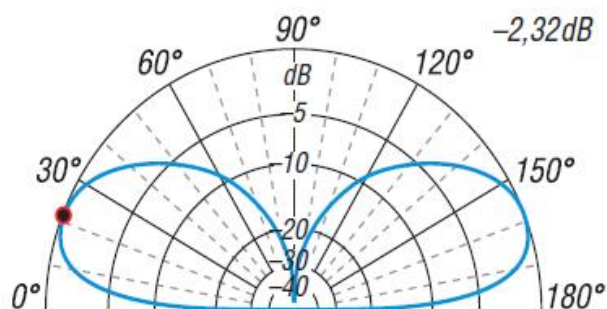
	Częstotliwość [kHz]						
	7030	10125	14175	18125	21225	24940	28500
Długość fali [m]	42,67	29,63	21,16	16,55	14,13	12,03	10,53
Długość przeciwwag [m]	9,53	6,63	4,79	3,73	3,21	2,68	2,39
	$0,22 \lambda$	$0,22 \lambda$	$0,23 \lambda$	$0,23 \lambda$	$0,23 \lambda$	$0,22 \lambda$	$0,23 \lambda$
Promiennik [m]	10,80	7,50	5,35	4,17	3,58	3,08	2,65
	$0,25 \lambda$	$0,25 \lambda$	$0,25 \lambda$	$0,25 \lambda$	$0,25 \lambda$	$0,26 \lambda$	$0,25 \lambda$
Wys. zacisków nad ziemią [m]	6	4,5	3,6	3,2	2,76	2,4	2,3
	$0,14 \lambda$	$0,15 \lambda$	$0,17 \lambda$	$0,19 \lambda$	$0,20 \lambda$	$0,20 \lambda$	$0,22 \lambda$
Wys. całkowita [m]	16,80	12,00	8,95	7,37	6,34	5,48	4,95
	$0,39 \lambda$	$0,40 \lambda$	$0,42 \lambda$	$0,45 \lambda$	$0,45 \lambda$	$0,46 \lambda$	$0,47 \lambda$



Rys. 1.2.11.1. Antena na pasmo 30 m



Rys. 1.2.11.2. Zależność minimalnej wysokości nad ziemią zacisków od częstotliwości

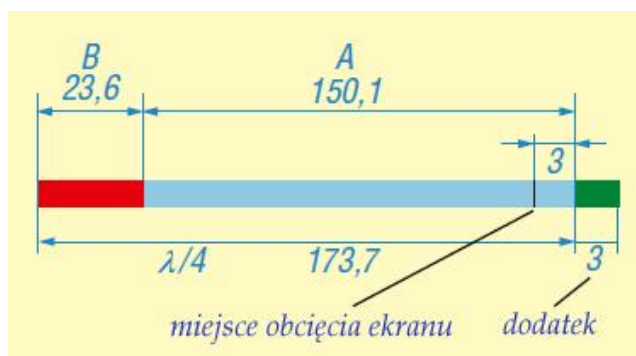
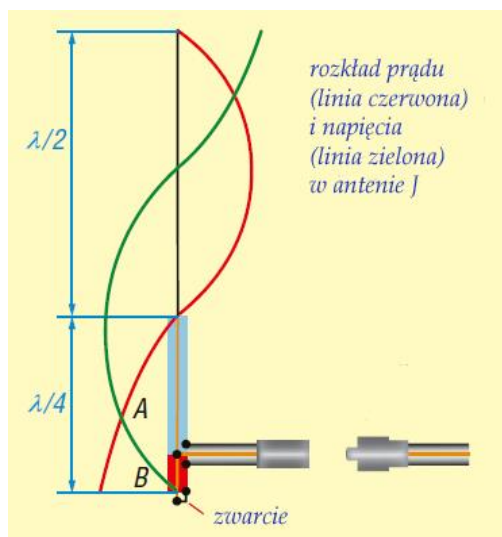


Rys. 1.2.11.3. Charakterystyka kierunkowa w płaszczyźnie pionowej

[1.2.11.1] „Neues von der Inverted-T-Antenne“, Matthias Rauhut, DF2OF, *Funkamateureur* 10/2024, str. 806

[1.2.11.2] „Rothammels Antennenbuch“, A. Krischke, DJ0TR, wyd. 13., wyd. DARC, Baunatal 2013, str. 589 i 613

1.2.12. Antena J na pasmo 10 m



Rys. 1.2.12.1. Konstrukcja i działanie anteny J

Rys. 1.2.12.2. Wymiary transformatora ćwierćfalowego

Anteny typu J są często wykonywane z kabla płaskiego o impedancji falowej 300 lub 450 Ω . W tej konstrukcji zastosowano w transformatorze dopasowującym kabel koncentryczny RG58. Antena składa się z półfalowego promiennika i ćwierćfalowego transformatora dopasowującego (nazywanego także strojnikiem). Pomiędzy jego zwarcie na końcu i rozwarciem w miejscu połączenia z promiennikiem występują wszystkie wartości impedancji. Pozwala to na znalezienie punktu, w którym występuje impedancja 50 Ω . Leży on w przybliżeniu w odległości 0,216 λ od punktu podłączenia promiennika i 0,034 λ od zwarcia. Obliczone wymiary należy pomnożyć przez współczynnik skrócenia WS, który dla kabla RG58 wynosi 0,66. Promiennik jest wykonany z izolowanego przewodu antenowego. Jego współczyn-

nik skrócenia wynosi, zależnie od średnicy przewodu i grubości izolacji 0,95 – 0,98. Do obliczonych długości należy dodać 1 – 2% ponieważ ewentualne skracanie przy strojeniu anteny jest łatwiejsze od przedłużania.

Szerokość pasma pracy anteny w paśmie 10 m wynosi kilkaset kHz. Wymiary anteny dla częstotliwości 28,5 MHz (leżącej w pozakresie SSB) podano w tabeli 1.2.12.1.

Tabela 1.2.12.1

Wymiary anteny J dla częstotliwości 28,5 MHz

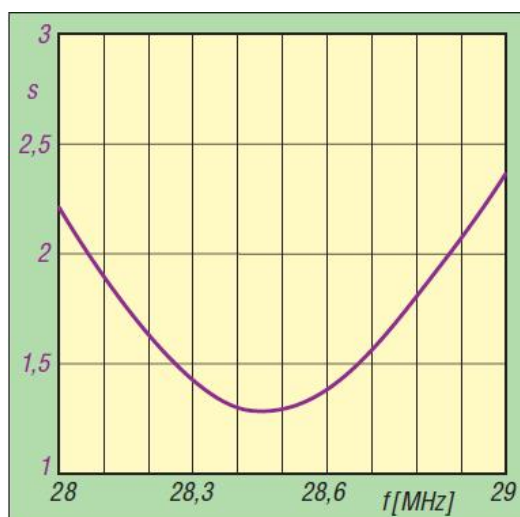
$\lambda/2 \times WS$ [cm]	$\lambda/4 \times WS$ [cm]	Długość A [cm]	Długość B [cm]
505	173,7	150,1	23,6
Współczynnik skrócenia WS = 0,66			

Cienki kabel RG-58 umożliwia budowę anteny nie zwracającej na siebie uwagi i łatwej do zawieszenia na maszcie z włókna szklanego.



Fot. 1.2.12.3. Połączenie strojnika z resztą kabla

Fot. 1.2.12.4. Zabezpieczenie koszulką termokurczliwą



Rys. 1.2.12.5. Przebieg WFS zawieszanej anteny. Szerokość pasma dla $WFS \leq 2$ wynosi w przybliżeniu 800 kHz

Całkowita długość transformatora ćwierćfalowego wynosi 173,7 cm, po uwzględnieniu rezerwy 3 cm należy uciąć odcinek kabla RG-58 o długości 176,7 cm i odciąć izolację na długości 6 cm od końca, a ekran zawinąć na pozostającej izolacji. Dielektryk z przewodem środkowym należy skrócić o 3 cm i usunąć dielektryk tak, aby pozostawiał tylko odcinek 1 cm od zawiniętego ekranu. Odcinek B należy

uciąć tak, żeby miał długość 23,6 cm i odizolować podobnie jak odcinka A. Należy go umieścić równolegle do odcinka A i połączyć jak pokazano na fotografii 1.2.12.3. i przylutować to niego środkową żyłę kabla zasilającego. Miejsce lutowania należy zaizolować i naciągnąć na nie ekran kabla. Sposób zabezpieczenia strojnika i miejsca połączenia za pomocą koszulki termokurczliwej pokazano na fotografii 1.2.12.4.

Antena przypomina kształtem literę J i nazwa ta występuje już od 1924 roku.

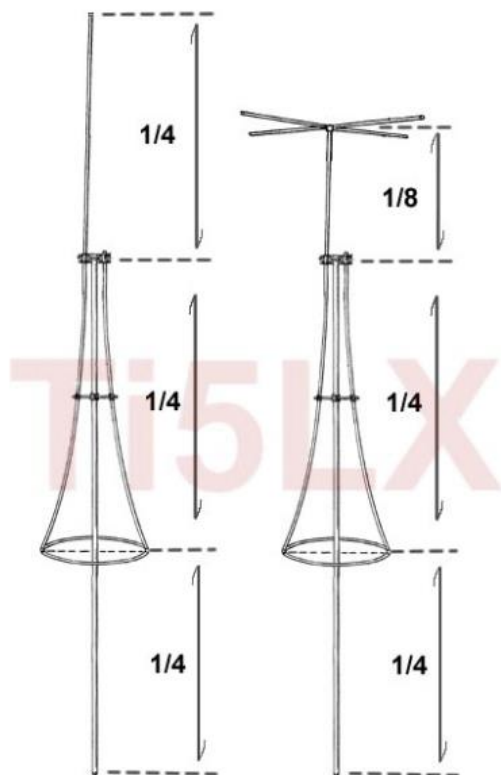
[1.2.12.1] „J-Antenne für das 10-m-Band“, Frank G. Sommer, DC8FG, *Funkamateur* 12/2024, str. 980

[1.2.12.2] „Rothammels Antennenbuch“, A. Krischke, DJ0TR, wyd. 13., wyd. DARC, Baunatal 2013, str. 186-187

1.2.13. Antena *Astroplane* na pasmo CB 27 MHz

Antena *Astroplane* Avanti została opatentowana w 1971 roku przez Louisa Martino i Herberta Blaese. Otrzymany patent nosi numer 3587109. Przyjętym przez nich założeniem było ograniczenie wysokości do około 6 m i praca w zakresie podstawowych 23 kanałów w paśmie CB 27 MHz. Zasadę konstrukcji przedstawiono na ilustracji 1.2.13.1. W wariantcie z obciążeniem pojemnościowym u góry jej górny element jest o połowę krótszy, a strefa promieniująca jest bliższa szczytu niż środka anteny.

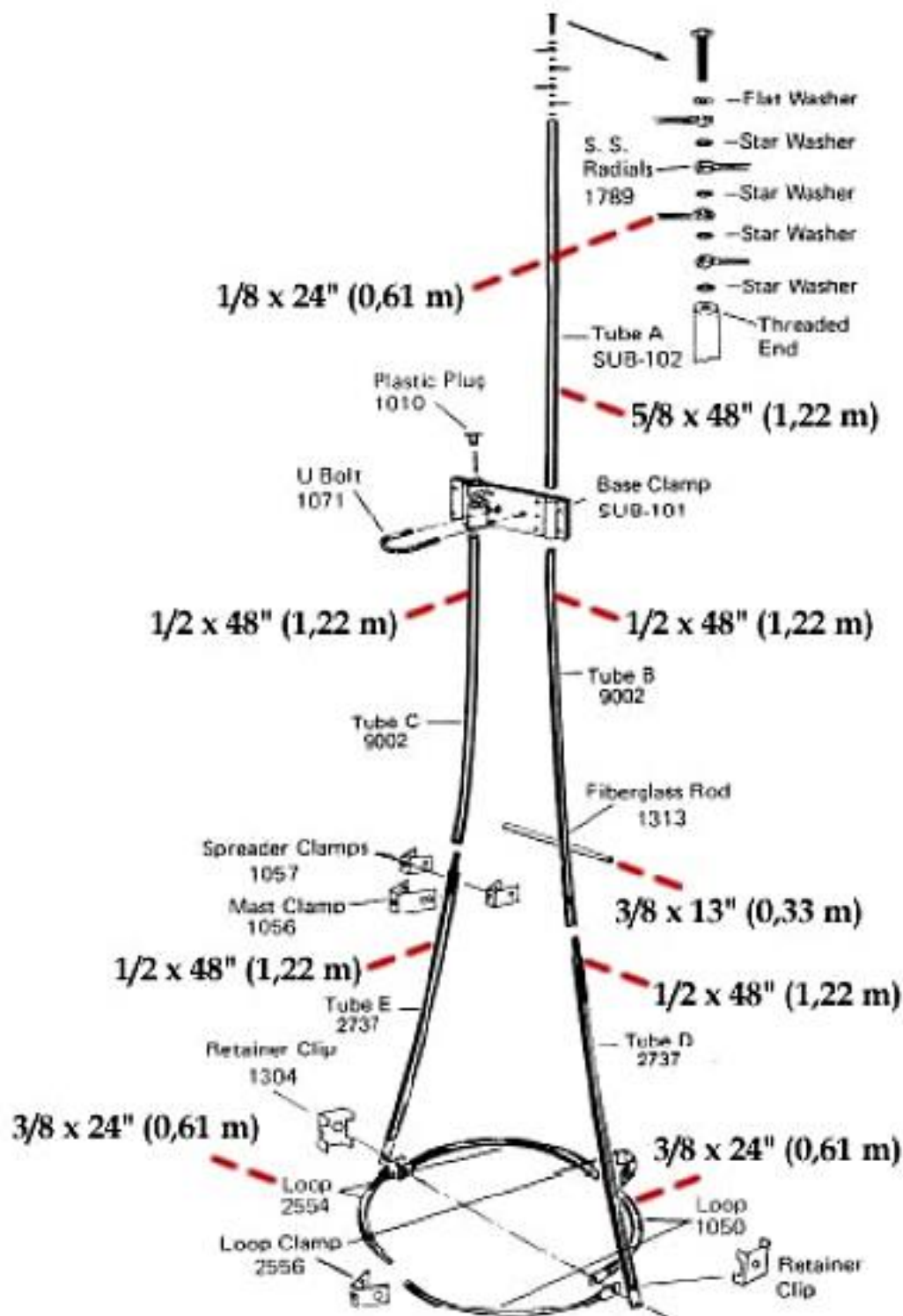
Antena w wersji bez obciążenia pojemnościowego ma w paśmie 11 m wysokość 8,27 m, a w wersji obciążonej pojemnościowo 6,82 m. Przy uwzględnieniu współczynników skrócenia związanych z kształtem anteny i użytym materiałem udaje się uzyskać założoną wysokość.



Rys. 1.2.13.1. Zasada konstrukcji anten

Wysokość górnego elementu została skrócona z jednej czwartej do jednej ósmej fali dzięki pojemnościowemu obciążeniu anteny zamontowanemu na jej szczycie. Obciążenie składa się z dwóch skrzyżowanych ramion o długości jednej czwartej fali. Innymi często stosowanymi rozwiązaniami obciążenia są pojedyncze ramiona poprzeczne lub dyski na szczytach anten. Okrąg u dołu ma średnicę $1/16 \lambda$.

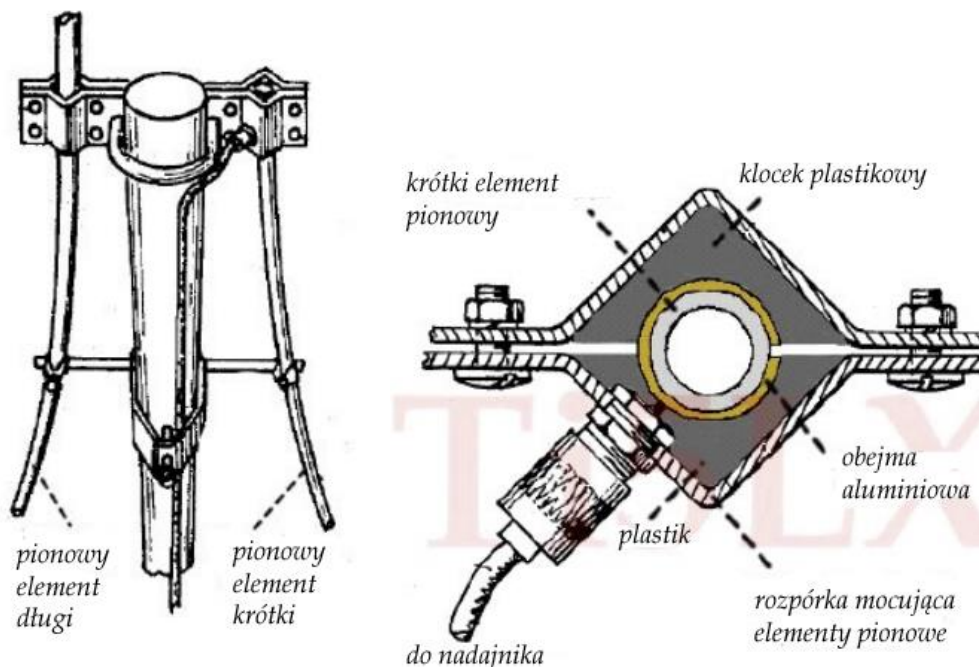
Antena ta była produkowana seryjnie przez firmę *Avanti* jako AV101. Symulacja komputerowa przedstawionej poniżej konstrukcji wykazała, że najniższy WFS występował w zakresie 24,75 – 26,25 MHz, co pozwala na zastosowanie jej w paśmie 12 m. W symulacji podano jednak długości elementów według ich spisu, co nie uwzględniało ich zachodzenia na siebie w miejscach połączeń.



Rys. 1.2.13.2. Rysunek złożeniowy anteny AV101 firmy Avanti

Po wprowadzeniu przez TI5LX korekt długości elementów składowych uzyskano antenę mającą minimum WFS w pobliżu 27,4 MHz. Wpływ na częstotliwość rezonansową wywierają długości elementów obciążenia pojemnościowego na szczycie anteny. Przedłużenie górnego elementu może wymagać skrócenia elementów krzyżaka i odwrotnie.

Symulowany kąt promieniowania anteny wynosił w przybliżeniu 10° , a zysk kierunkowy około 1,53 dBi. Natomiast w obecności rzeczywistego gruntu zysk wzrastał do 12,7 dBi, a kąt promieniowania wynosił 0° . Instrukcja dla użytkownika podawała natomiast zysk 4,46 dBi czyli 2,31 dBd. Konstrukcja jest uziemiona dla prądu stałego i elektryczności statycznej.



Rys. 1.2.13.3. Mocowanie elementów pionowych

Rys. 1.2.13.4. Szczegóły zasilania

[1.2.13.1] Avanti_Astro-plane_AV-101_review_TI5LX.pdf

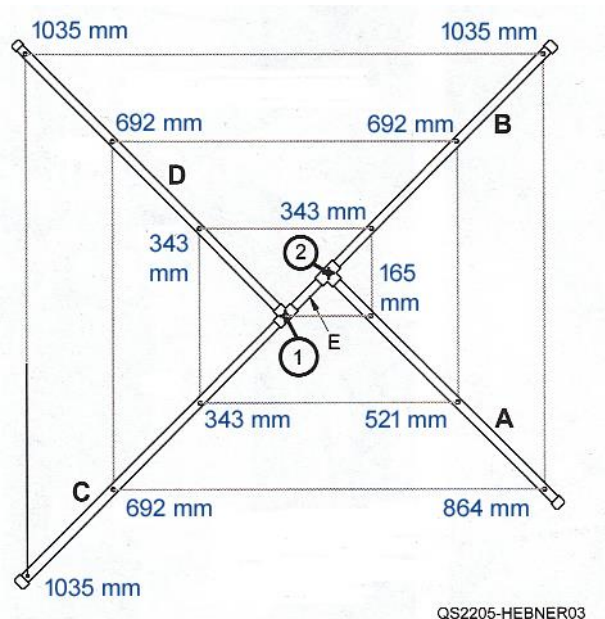
1.2.14. Antena ćwierćfalowa ze spiralną przeciwwagą

W stosunku do znanych rozwiązań pionowych anten krótkofalowych na fale krótkie, rozwiązanie AG5FE [L.2] różni się spiralnym ułożeniem przeciwwagi – zajmującej dzięki temu mniej miejsca niż przeciwwagi rozciągnięte liniowo. Jej ułożenie i długość w stosunku do długości promiennika, zysk i WFS konstruktor zoptymalizował korzystając z symulacji za pomocą programu *4nec2*. W wyniku tego otrzymał on antenę o zysku 0,07 dBi, WFS 1,1 i paśmie dla WFS ≤ 2 równym 280 kHz. Długość promiennika wynosiła 11,89 m, czyli o 15% więcej niż $\lambda/4$, a długość ułożonej spiralnie przeciwwagi 10,16 m, czyli w przybliżeniu $\lambda/4$. Konstrukcja o długości promiennika równej także $\lambda/4$ dawała wyraźnie gorsze wyniki.

Konstruktor dobrał najpierw długość przewodu spiralnego na minimum WFS niezależnie od częstotliwości pracy, a w następnym kroku długość przewodu pionowego dla uzyskania rezonansu na pożądanej częstotliwości. Jak wynika z symulacji składowa rzeczywista impedancji wejściowej jest w przeważającym stopniu zależna od długości przewodu pionowego i w znikomym od liczby zwojów przeciwwagi, a składowa urojona jest zależna w równym stopniu od obydwu czynników.

Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie pionowej była z dokładnością do 1 dB zbliżona do charakterystyki anteny ćwierćfalowej z 16 przeciwwagami rozłożonymi na powierzchni ziemi i do charakterystyki anteny ćwierćfalowej z czterema przeciwwagami umieszczonymi nad jej powierzchnią.

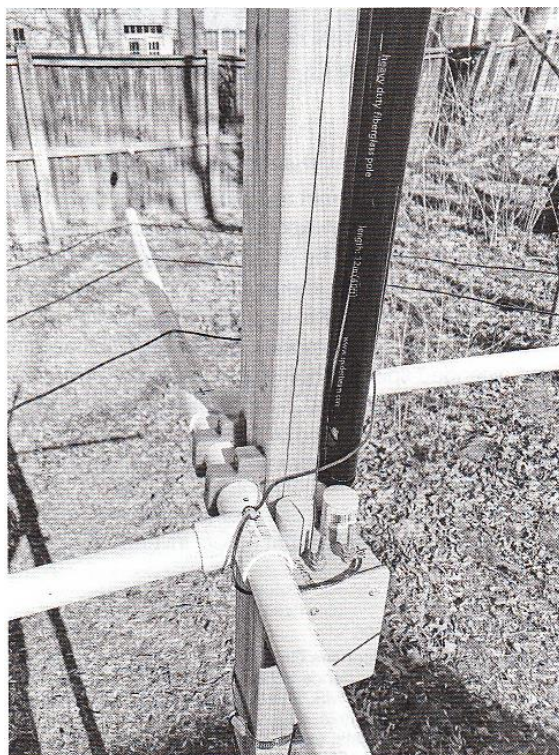
Spiralna przeciwwaga jest zamocowana (na wysokości około 1 m) na krzyżaku wykonanym z rurek z PCW o średnicy 3/4 cala (rys. 1.2.14.1). Do przepuszczenia przewodu w ramionach krzyżaka wywiercono otwory o średnicy 5 mm, przez które – rozpoczynając od środka przeciągnięto miedziany przewód o średnicy 2 mm w izolacji. Aby uniknąć przesuwania został on umocowany za pomocą wiązań.



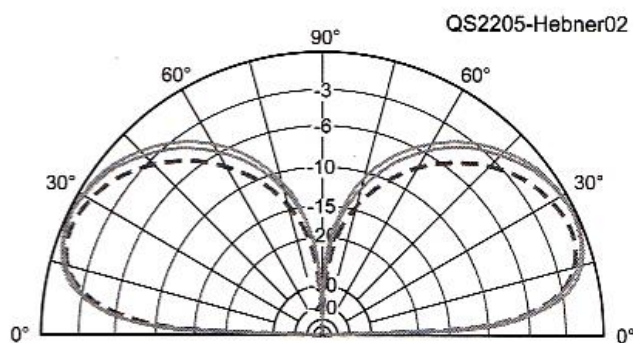
Rys. 1.2.14.1. Krzyżak wykonany z rurek z PCW o średnicy 3/4 cala. Odległości na ramieniu A są mierzone od punktu 2, na pozostałych od punktu 1. Ramiona A i B mają długości 890 mm, C i D – 1067 mm, odcinek E – 146 mm

Jako maszt zastosowano pręt z włókna szklanego o długości 12,5 m, na którym zamontowano promiennik z miedzianego przewodu o średnicy 1 mm. Na zaciskach anteny włączony jest symetryzator prądowy, do którego wyjść podłączone są promiennik i przeciwwaga.

Konstruktor wypróbował wprowadzić jedynie spiralne ułożenie przeciwwagi, ale zachęca do eksperymentów z jej innymi kształtami.



Fot. 1.2.14.2. Widok dolnej części konstrukcji umocowanej na drewnianym słupku

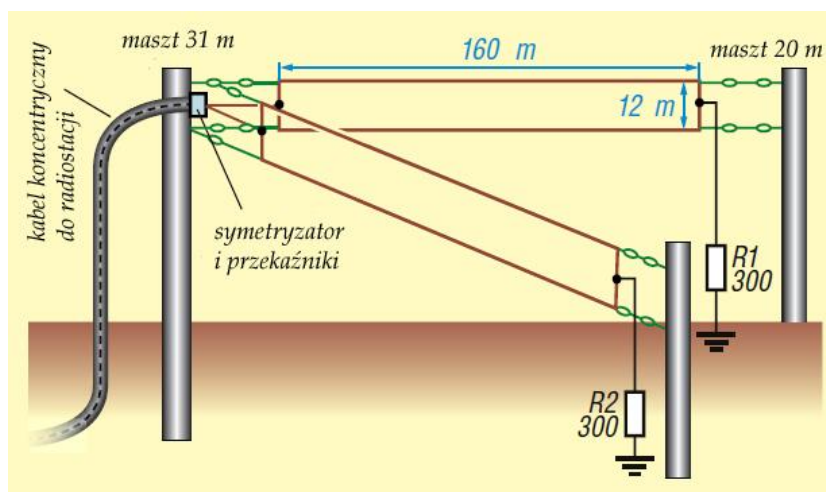


Rys. 1.2.14.3. Porównanie charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej dla anteny ze spiralną przeciwwachą (linia przerywana) z dwoma ćwierćfalowymi antenami wymienionymi w tekście (linie ciągłe). Częstotliwość 7,1 MHz, maksymalny zysk kierunkowy -0,2 dBi

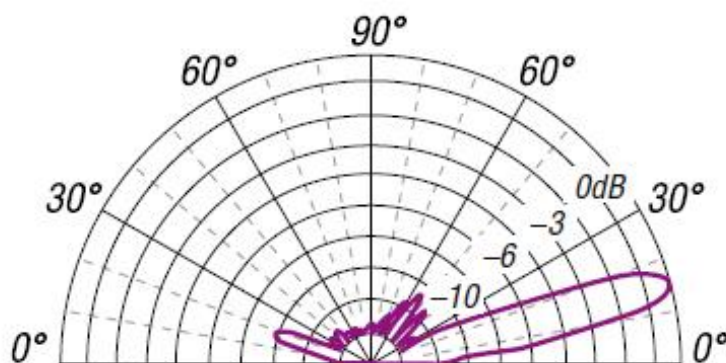
1.3. Anteny długie

1.3.1. Piętrowe anteny V o topologii gwiazdzistej

Połączenie dwóch anten długich tak, aby utworzyły literę V powoduje zwiększenie zysku kierunkowego i zawężenie głównego listka w kierunku kąta otwarcia anteny. Wzrost zysku o dalsze 3 dB osiąga się przez piętrowe umieszczenie dwóch takich anten nad sobą w odstępnie $0,5 - 1 \lambda$ – optymalny odstęp jest zbliżony do $0,7 \lambda$. Dla pokrycia szerszego zakresu częstotliwości można takie pary anten umieścić gwiazdźście wokół wspólnego środka i przełączać je za pomocą przełączników. Na rys. 1.3.1.1 przedstawiono przykład jednej takiej pary. Opisy rozwiązań tego typu spotyka się m.in. w dawniejszej prasie krótkofalarskiej.



Rys. 1.3.1.1. Jedna z siedmiu par ramion anteny kierunkowej V dla zakresu częstotliwości 1,8 – 29,7 MHz



Rys. 1.3.1.2. Charakterystyka kierunkowa w płaszczyźnie pionowej dla anteny na pasmo 14 MHz umieszczonej na wysokości λ na powierzchni ziemi w kierunku azymutalnym 0°

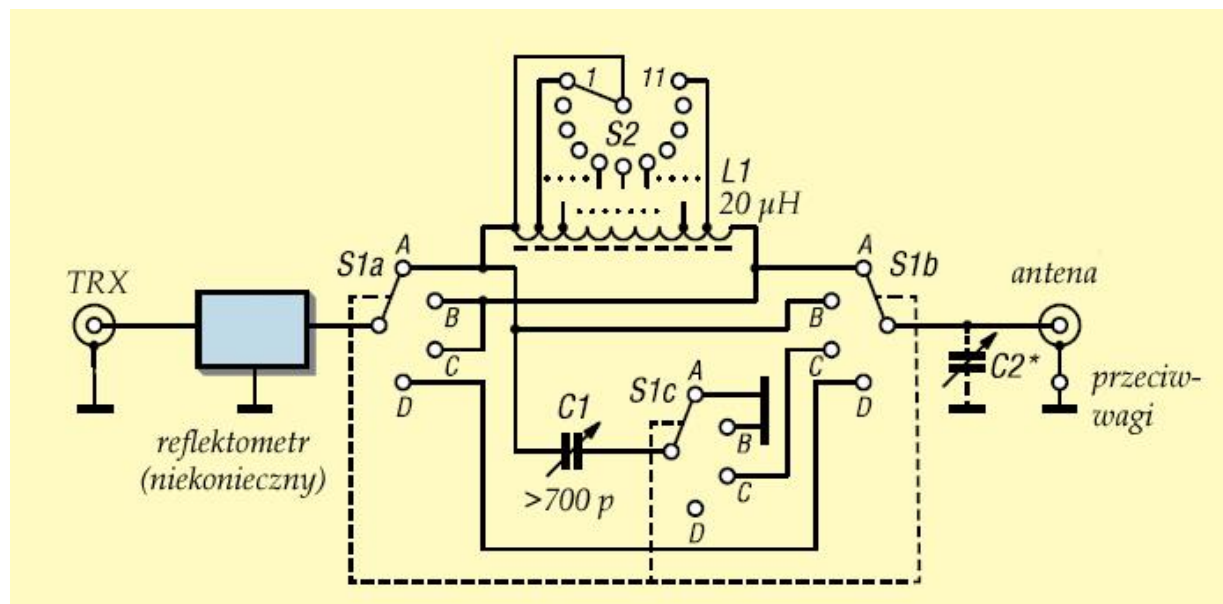
[1.3.1.1] „Gestockte V-Antenne in sternförmiger Anordnung”, Ulrich Rapold, DL9PT, *Funkamateure* 6/2024, str. 437

[1.3.1.2] „Rothammels Antennenbuch“, wyd. DARC, wyd. 13, Baunatal 2013, rozdział 11.2.2, str. 349 – 350

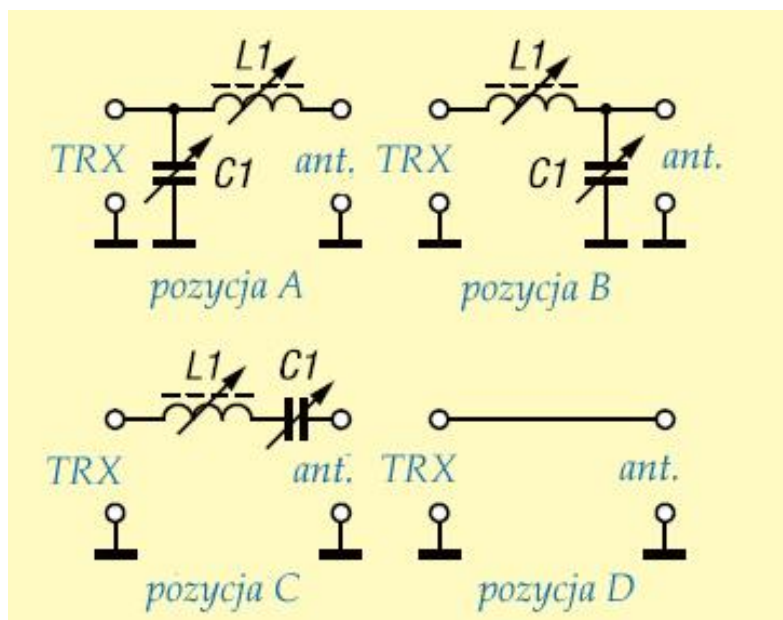
1.4. Obwody dopasowujące

1.4.1. Obwód dopasowujący QRP

Obwody dopasowujące dla małych mocy nadawania nie wymagają użycia specjalnych i trudnych do zdobycia podzespołów i dlatego można je łatwo skonstruować we własnym zakresie.



Rys. 1.4.1.1. Schemat ideowy układu



Rys. 1.4.1.2. Możliwe konfiguracje obwodu przełączane za pomocą przełącznika S1

Obwód pozwala na dopasowanie przewodu o długości 15 m (ewentualnie pętli o tym samym obwodzie) z przeciwwagami 10 w pasmach 40 – 10 m. Przełącznik S1 służy do przełączania konfiguracji obwodu, jak pokazuje ilustracja 1.4.1.2. W pozycji D układ jest omijany. Przełącznik S2 służy do zmiany indukcyjności cewki. Obwód charakteryzuje się małymi stratami i pozwala na dopasowanie w obie strony zarówno wysokich jak i niskich impedancji. Zmienny kondensator C2 włączony w pozycji A przełącznika przekształca obwód w układ typu Π – filtr Collinsa. Rozwiązanie to nie jest oczywiście

obowiązkowe. Stosunkowo mały odstęp okładek kondensatora powoduje, że po dostrojeniu przy mocy 10 W na WFS poniżej 1,5 maksymalna dopuszczalna moc nadawania wynosi 30 W.

Cewka L1 jest nawinięta przewodem miedzianym w emalii o przekroju $1,5 \text{ mm}^2$ na rdzeniu T200-2 (czerwonym). Dla uzyskania indukcyjności $20 \mu\text{H}$ konieczne jest 40 zwoi. Pojemność kondensatora C1 powinna przekraczać 700 pF, może więc być to kondensator $2 \times 500 \text{ pF}$.

S1 jest czteropozycyjnym przełącznikiem podwójnym, a S2 powinien mieć około 10 pozycji, w zależności od liczby odczepów cewki.

Widoczny na zdjęciu wskaźnik reflektometru i sam reflektometr nie są konieczne albo można zastosować wskaźnik innego typu. Wiele radiostacji posiada zresztą wbudowane reflektometry.

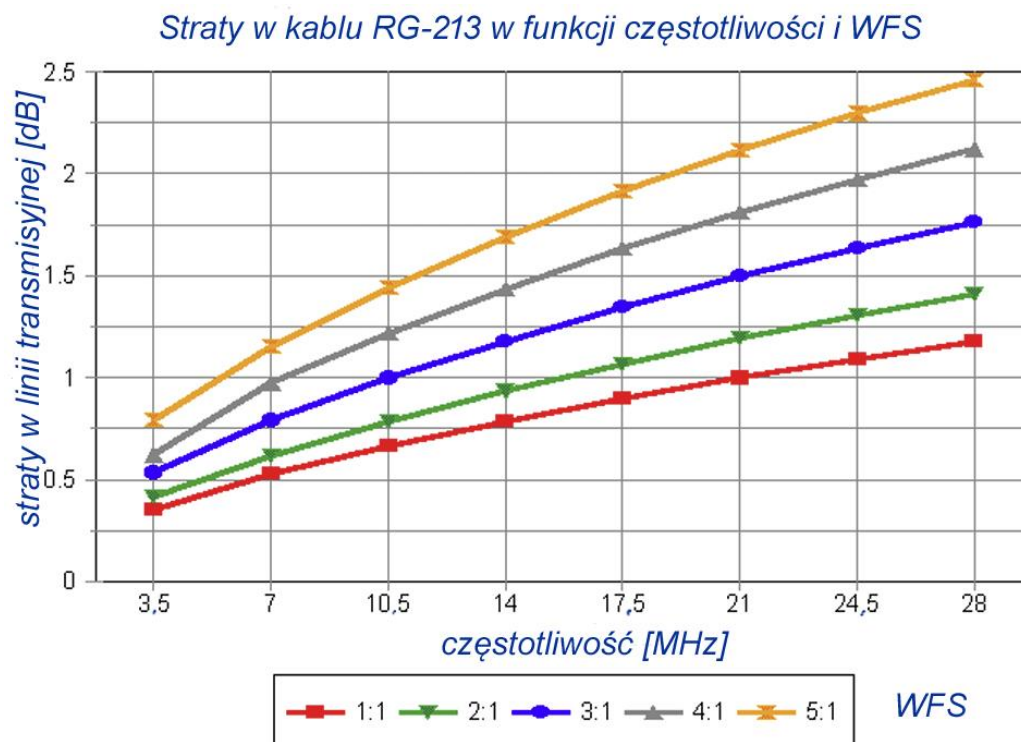


Fot. 1.4.1.2. Widok płyty czołowej

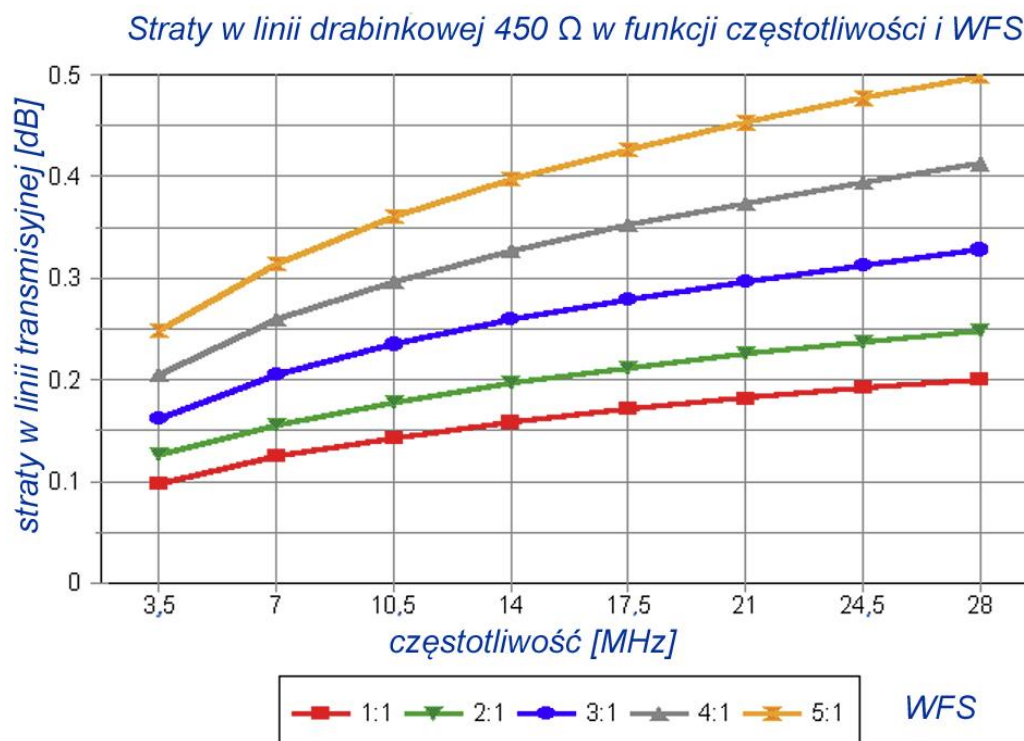
Dla wygody warto sporządzić tabelę zawierającą pozycje przełącznika S2 i położenie kondensatora dla poszczególnych pasm. Ponieważ antena o długości 15 m i przeciwwagi o tej samej długości mają w przybliżeniu długość pełnej fali w paśmie 30 m, należy się spodziewać, że najlepsze wyniki można uzyskać w pozycji C przełącznika S1. W pozycji B możliwe jest natomiast skrócenie (zbyt długiej dla pasma 30 m) anteny i uzyskanie jej niskiej impedancji wejściowej.

[1.4.1.1] „Selbst gebauter Antennenkoppler für den QRP-Portabel Betrieb“, Wolfgang Michael Böttcher, DK5IQ, *Funkamateure* 8/2024, str. 630

1.4.2. Straty w wyniku niedopasowania



Rys. 1.4.2.1. Straty w wyniku niedopasowania w kablu koncentrycznym RG-213 o długości 30 m w zakresie krótkofalowym



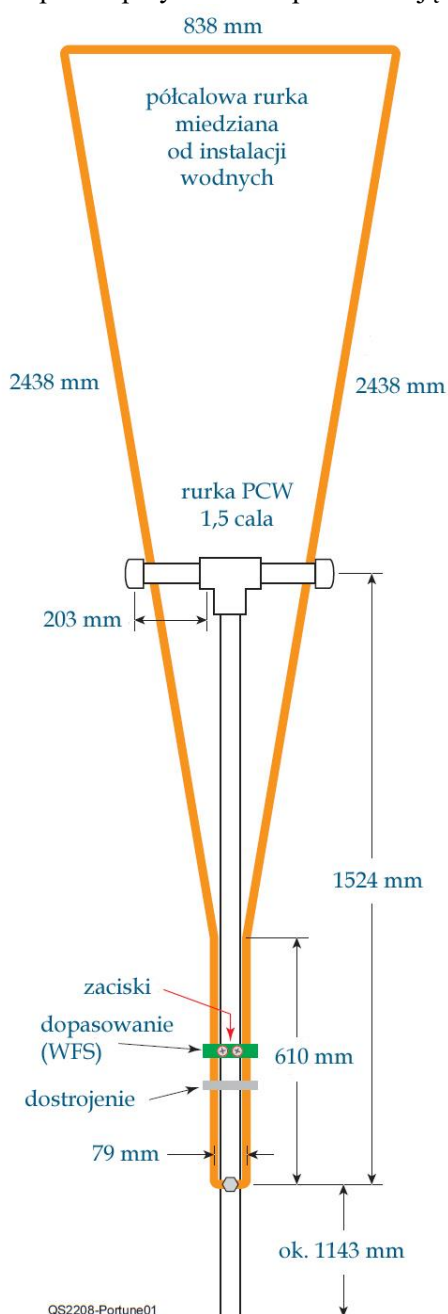
Rys. 1.4.2.2. Straty w wyniku niedopasowania w płaskiej linii drabinkowej 450 Ω o długości 30 m w zakresie krótkofalowym

[1.4.2.1] Anpassung.pdf – DJ9CS

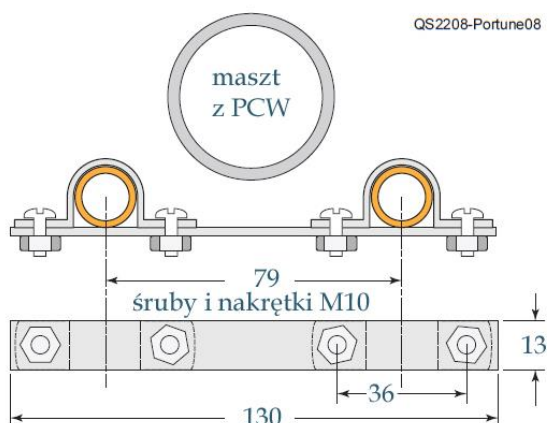
2. Anteny na pasmo 50 MHz

2.1. Szkieletowa antena trójkątna na pasmo 6 m

Przedstawiona w poz. [2.1.1] szkieletowa antena delta na pasmo 6 m charakteryzuje się łatwością konstrukcji i dostrojenia, a także trochę lepszymi parametrami w porównaniu z anteną prostokątną. Dzięki temu, że antena jest szersza u góry, środek jej promieniowania przesuwają się w górę zmniejszając wpływ strat w ziemi i zależność charakterystyki promieniowania od właściwości gruntu. Pionowo umieszczona antena promieniuje falę o polaryzacji poziomej. Kierunek promieniowania jest prostopadły do płaszczyzny anteny. Zysk w płaszczyźnie poziomej wynosi w przybliżeniu 6 dBi nawet na poziomie gruntu, co odpowiada małej antenie kierunkowej znajdującej się na niewysokim maszcie. Szerokość pasma przy WFS nie przekraczającym 2 wynosi około 500 kHz.



Rys. 2.1.1. Wymiary anteny



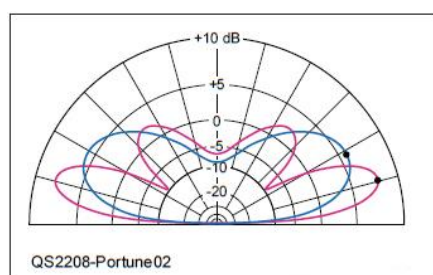
Rys. 2.1.2. Konstrukcja elementu zasilającego

Dzięki wykonaniu z miedzianej rurki wodociągowej o średnicy 1/2 cala antena może stać stabilnie bez użycia dodatkowych wsporników. Jest ona umieszczona na nośniku (maszcie) w kształcie litery T wykonanym z plastikowej rurki z PCW o długości około 2,70 m i średnicy 1,5 cala (~4 cm), której dolna część jest zakopana w ziemi. Na szczycie rurki znajduje się trójkąt służący do zamocowania poziomych ramion zakończonych przykrywkami.

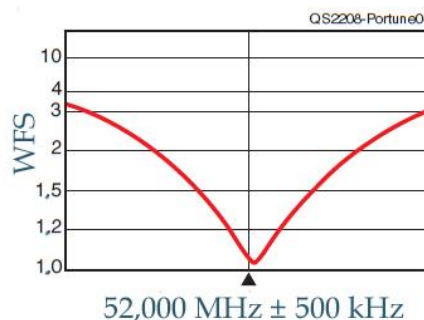
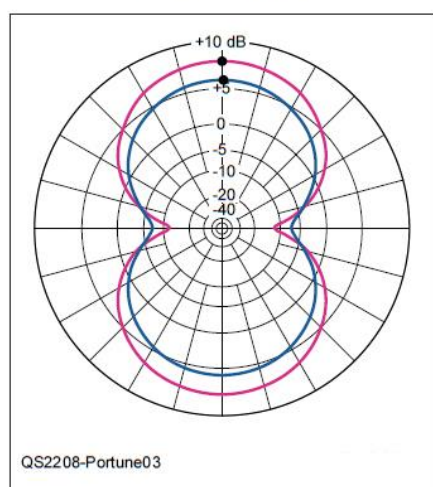
Sama antena składa się z dwóch pionowych elementów o długościach po 2,44 m zagiętych w odległości 61 cm od końca jak to pokazano na rys. 2.1.1, oraz z dwóch zamykających pętlę elementów poziomych. Górny element poziomy ma długość 84 cm, a dolny 6,4 cm.

Górne końce elementów pionowych i końce górnego elementu poziomego są spłaszczone i skręcone razem za pomocą śruby M6 (fot. 2.1.3). Poniżej na zdjęciu widoczne jest miejsce zgięcia pionowych boków anteny.

W poprzecznych ramionach nośnika należy wyciąć szczeliny o szerokościach 1,6 mm i długościach około 57 mm dla przepuszczenia pionowych ramion anteny. Następnie należy skleić ze sobą części nośnika anteny, ale przykrywkę można przykleić dopiero po włożeniu ramion anteny. Dolna poprzeczna część anteny jest przykręcona do pionowego nośnika za pomocą śruby M6.



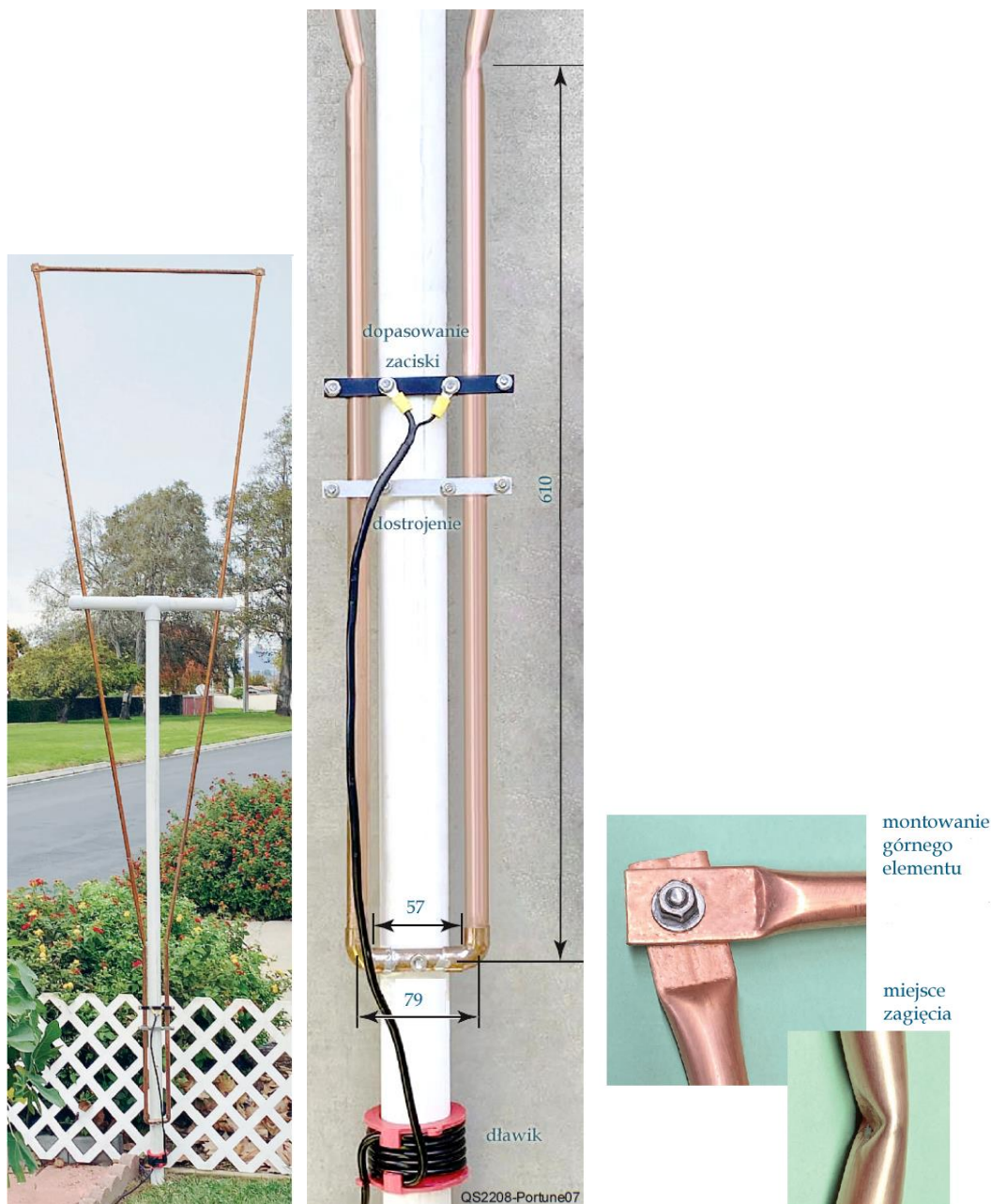
$$f = 51,9 \text{ MHz}$$



Rys. 2.1.3. Charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej i poziomej (linie niebieskie na wysokości 30 cm, fioletowe – 3 m)

Rys. 2.1.4. Przebieg dopasowania anteny w funkcji częstotliwości

Dostrojenie anteny uzyskuje się przesuwając poprzeczny zwieracz (dolny na fotografii 2.1.2), a dopasowanie – dobierając punkty zasilania anteny. U góry kabla nałożonych jest kilka ferrytowych rdzeni pierścieniowych z materiału 61 zapewniających tłumienie fali powierzchniowej na ekranie kabla zasilającego, a na maszcie poniżej anteny umieszczony jest dławik symetryzujący składający się z sześciu zwoi kabla koncentrycznego RG-8X albo RG-58. Sposób wykonania i umocowania poprzecznego elementu zasilającego pokazano na rys. 2.1.2. Zakres dostrajania anteny leży z grubsza pomiędzy 45 i 57 MHz, co pozwala na dostrojenie jej do pasma 6 m w granicach europejskich.



Fot. 2.1.1. Widok ogólny anteny Fot. 2.1.2. Konstrukcja dolnej części anteny
Fot. 2.1.3. Połączenie elementów u góry i miejsce zagięcia bocznych części

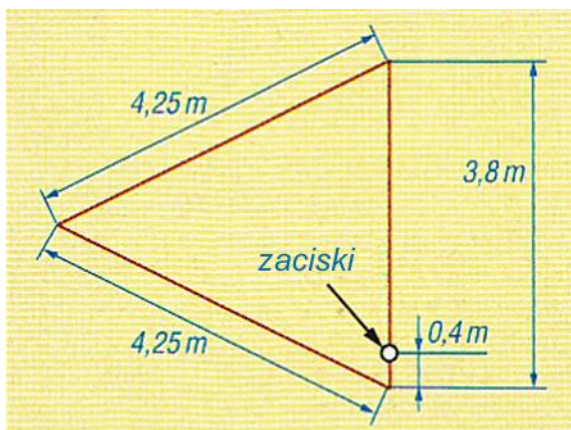
[2.1.1] „The Inverted Hen-Delta 6-Meter Antenna”, Hohn Portune W6NBC, Jim Bailey W6OEK, „QST” 8/2022, str. 30

2.2. Pozioma antena pętlowa na pasmo 6 m

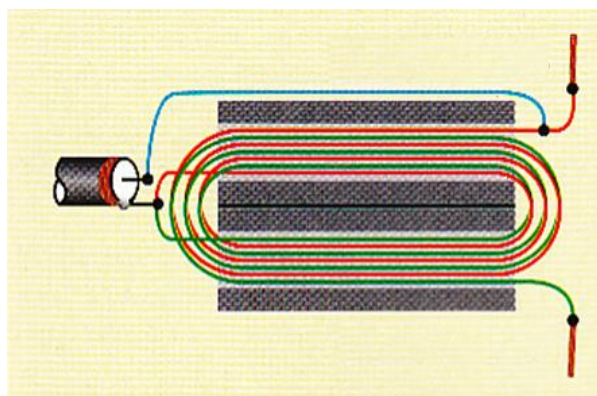
Ta trójkątna antena pętlowa o obwodzie 2λ zapewnia łączności DX-owe nawet przy zainstalowaniu jej na małej wysokości [2.2.1].

Konstruktor umieścił ją poziomo na wysokości 5 m nad powierzchnią gruntu. Impedancja wejściowa anteny jest zbliżona do $200\ \Omega$, co pozwala na dopasowanie jej do $50\ \Omega$ za pomocą transformatora o przekładni 4:1. Charakterystyka kierunkowa w płaszczyźnie poziomej wykazuje dwa minima (rys. 2.2.3a), a zysk kierunkowy obliczony na podstawie symulacji w *Mmana* wynosi 7,4 dBi. W płaszczyźnie pionowej charakterystyka promieniowania posiada dwa maksima na wysokościach 16° i 60° (drugie z nich pozwala na prowadzenie łączności na krótkich dystansach 20 – 60 km). W praktyce okazało się, że w warunkach instalacji u konstruktora zysk kierunkowy jest zbliżony do 5 dBi czyli 2,5 dBd.

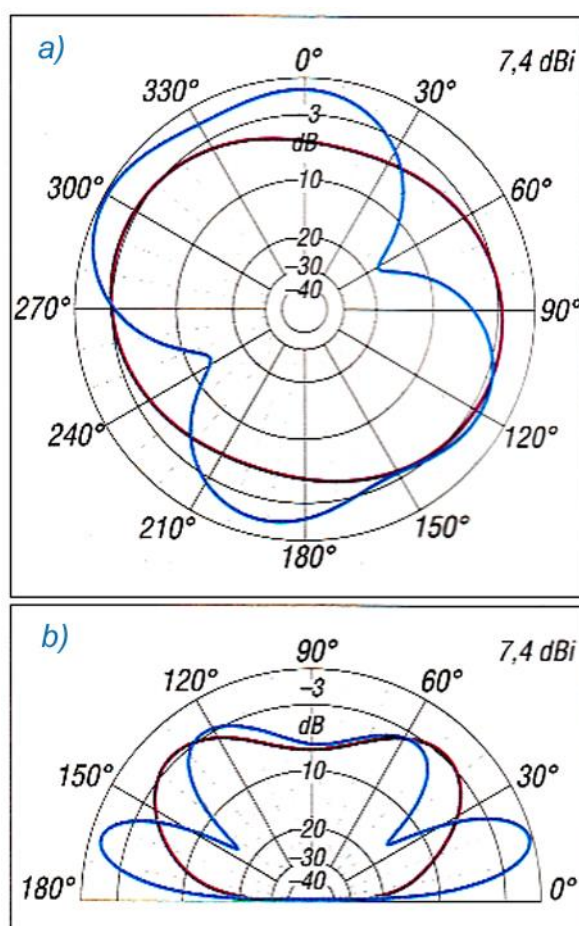
Symulacje konstrukcji piętrowych zapowiadały wprawdzie interesujące wyniki, ale ich wykonanie jest trudne mechanicznie. Antena jest spolaryzowana poziomo.



Rys.2.2.1. Wymiary anteny



Rys. 2.2.2. Wykonanie transformatora dopasowującego



Rys. 2.2.3. Symulowane w *Mmana* charakterystyki kierunkowe pętli a) w płaszczyźnie poziomej, b) w płaszczyźnie pionowej, wykres niebieski – dla 50,5 MHz, fioletowy – dla 28 MHz

Do konstrukcji użyto 12,3 m wojskowego kabla telefonicznego w izolacji z tworzywa sztucznego. Transformator dopasowujący zawiera 2 x 3,5 zwoju licy w izolacji polietylenowej. Przewody licy miały średnicę 0,5 mm (dla zmniejszenia strat lepiej jednak użyć przewodu antenowego o większej średnicy) a wymiary ferrytowych rdzeni rurkowych z materiału 61 wynosiły: długość 28 mm i średnica 16 mm. Przewody zielony i czerwony na rys. 2.2.2 są połączone z zaciskami pętli, a do jednego z zacisków pętli prowadzi dodatkowy przewód (na rysunku w kolorze niebieskim) od żyły środkowej kabla zasilającego do jednego z końców pętli. Wyprowadzenia transformatora należy zabezpieczyć przed obciążeniem ich

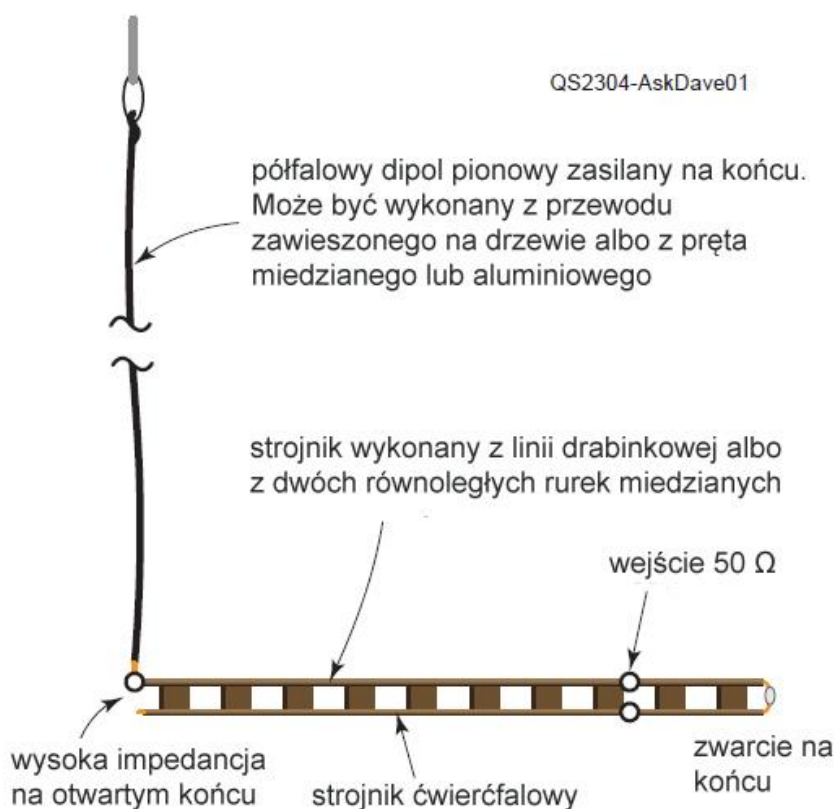
przez ciężar pętli i kabla koncentrycznego. Można przylutować je do płytki montażowej, do której przylutowane i umocowane za pomocą wiązań będą także kabel i pętla antenowa.

Zaciski anteny znajdują się nie w rogu trójkąta, a na jego krótszym boku w odległości 40 cm od niego. Antena sprawdziła się w ponad 10-letniej praktyce i pozwoliła na uzyskanie zasięgów przekraczających 5000 km na telegrafii. Według symulacji i pomiarów przeprowadzonych przez konstruktora możliwe jest również wykorzystanie anteny w paśmie 10 m i w łącznościach awaryjnych w kanałach trzecich pasm CB (27 MHz) i PMR (446 MHz).

[2.2.1] „Horizontale Schleifenantenne für das 6-m-Band“, Eberhard von Wedelstädt, DL3ZID, *Funkamateureur* 3/2024, str. 224

2.3. Ukryta antena J na pasmo 6 m

W łącznościach FM w paśmie 6 m i wyższych pasmach UKF stosowana jest polaryzacja pionowa, natomiast w łącznościach SSB – polaryzacja pozioma. Zasada ta dotyczy łączności za pomocą fali bezpośredniej. Polaryzacja fal odbitych od jonosfery ulega zmianom niezależnym od operatora stacji i trudno jest przewidzieć ją dla fali docierającej do odbiorcy. Polaryzacja fali nadawanej staje się wobec tego mało istotna.



Rys. 2.3.1. Konstrukcja anteny

Anteny typu J składają się z dwóch elementów: dipola półfalowego i ćwierćfalowego odcinka dopasowującego wykonanego najczęściej z płaskiej linii symetrycznej albo rurki metalowej. Stojnik dopasowujący jest zwarty na końcu. Po drugiej, rozwartej stronie ma on wysoką impedancję, pasującą do impedancji wejściowej dipola półfalowego zasilanego na końcu.

Promiennik może być skierowany w dowolnym kierunku i nie musi stanowić przedłużenia stojnika. W szczególności mogą być umieszczone w stosunku do siebie pod kątem prostym. Stojnik może znajdować się więc w pozycji leżącej, a promiennik – w pionowej. Załamanie anteny daje obniżenie jej wysokości, dzięki czemu można ją łatwiej ukryć przed niepożądanymi oczami.

Długość stojnika można obliczyć ze wzoru $l \text{ [m]} = 71,5 / f \text{ [MHz]}$, a długość promiennika ze wzoru $l \text{ [m]} = 143 / f \text{ [MHz]}$, przy założeniu współczynnika skrócenia 0,95. Znaczna szerokość pasma 6-

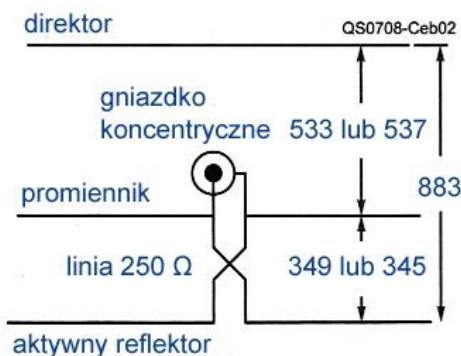
metrowego powoduje, że antena może nie pokrywać jego całości i konieczny będzie wybór interesującego wycinka. W przypadku zawieszenia anteny (promiennika) na drzewie najlepiej do jego wykonania użyć przewodu w izolacji. Długość promiennika można także obliczyć przeskalowując proporcjonalnie antenę z pasma 2 m. Położenie zacisków wejściowych dla impedancji $50\ \Omega$ można znaleźć doświadczalnie.

Antena nie wymaga przeciwwag i może być umieszczona na dowolnej wysokości nad ziemią. Lepiej by była ona wyższa od 1,5 – 2 m. Na tej zasadzie można konstruować załamane anteny na dowolne inne pasma.

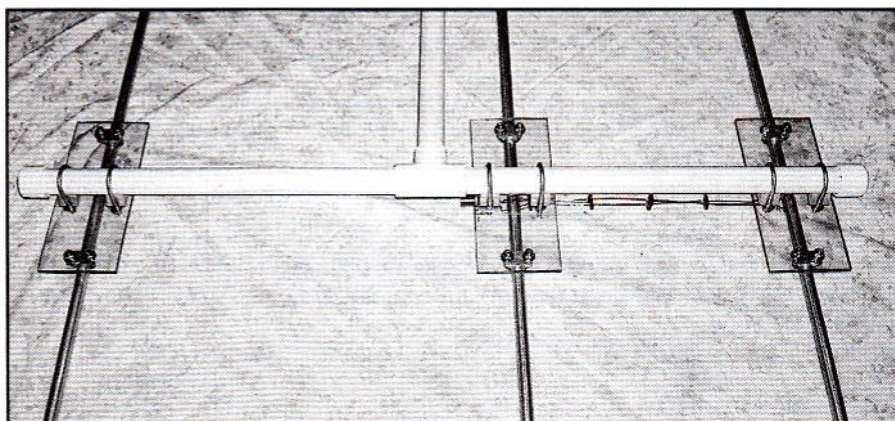
[2.3.1] „Ask Dave: Coax Cables, Band Noise, and A 6-Meter J-Pole Antenna“, Dave Casler, KE0EG, QST 4/2023, str. 50

2.4. Krótka antena 3-elementowa

Krótką anteną trzelementową konstrukcji W4RNL [L.2] składa się z aktywnego promiennika i reflektora połączonych przez skrzyżowaną linię przesuwającą fazę i biernego direktora. Antena pokrywa całe pasmo 6-metrowe w granicach obowiązujących w USA – a więc o szerokości 4 MHz – ze współczynnikiem fali stojącej nie przekraczającym dwóch. Konstruktor zwrócił szczególną uwagę na pokrycie zakresu FM 51 – 54 MHz. Antena została zaprojektowana z myślą o pracy z polaryzacją pionową. Przy użyciu aktywnego promiennika i reflektora zysk anteny jest porównywalny z zyskiem anteny trzelementowej, ale przy krótszym nośniku.

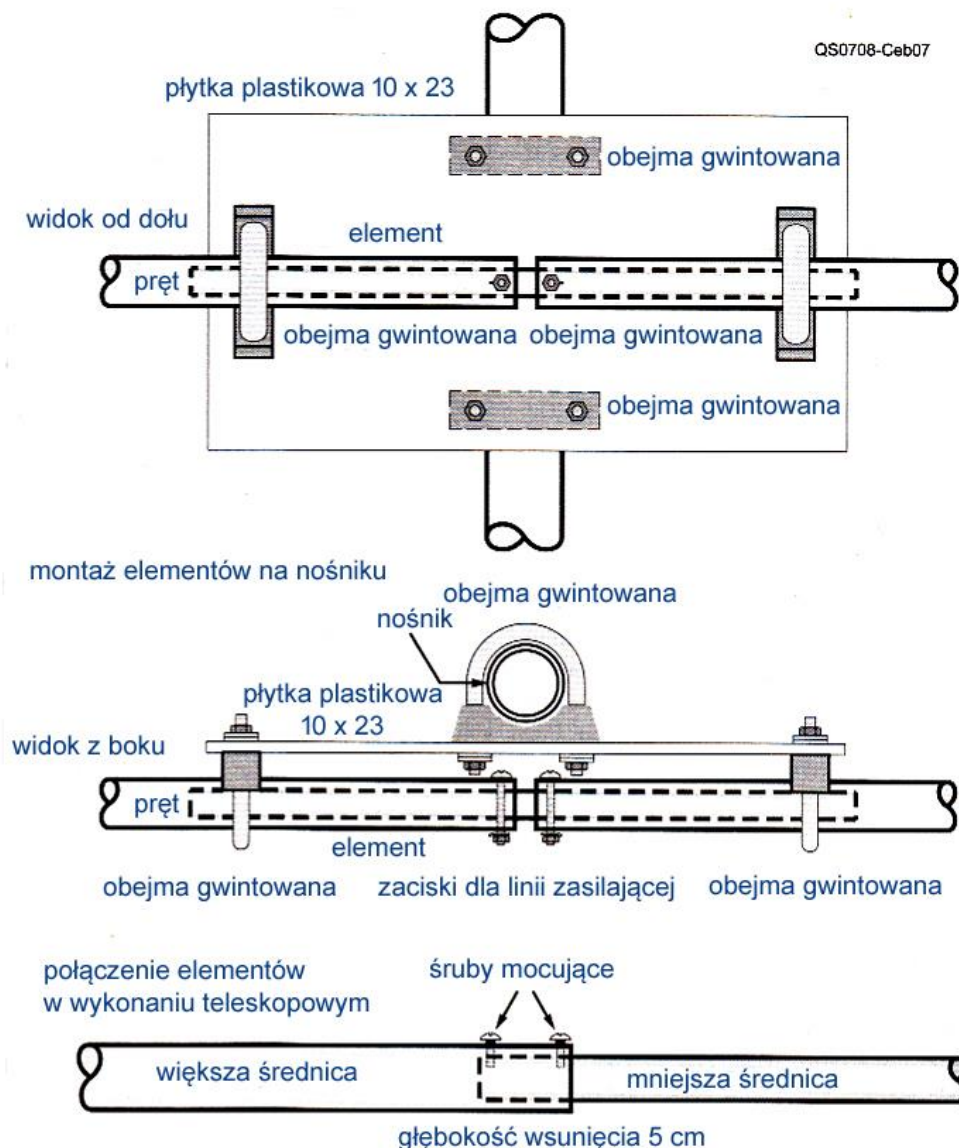


Rys.2.4.1. Zasada konstrukcji anteny



Fot. 2.4.2. Widok anteny, nośnika z rurki PCW i górnej części masztu. U dołu widoczna linia zasilająca reflektor

Impedancja wejściowa anteny W4RNL jest zbliżona do 50 omów więc nie wymaga ona obwodu dopasowującego. Zalecana jest jednak symetryzacja za pomocą dławika fali powierzchniowej. WFS w całym zakresie 50 – 54 MHz nie przekracza dwóch.

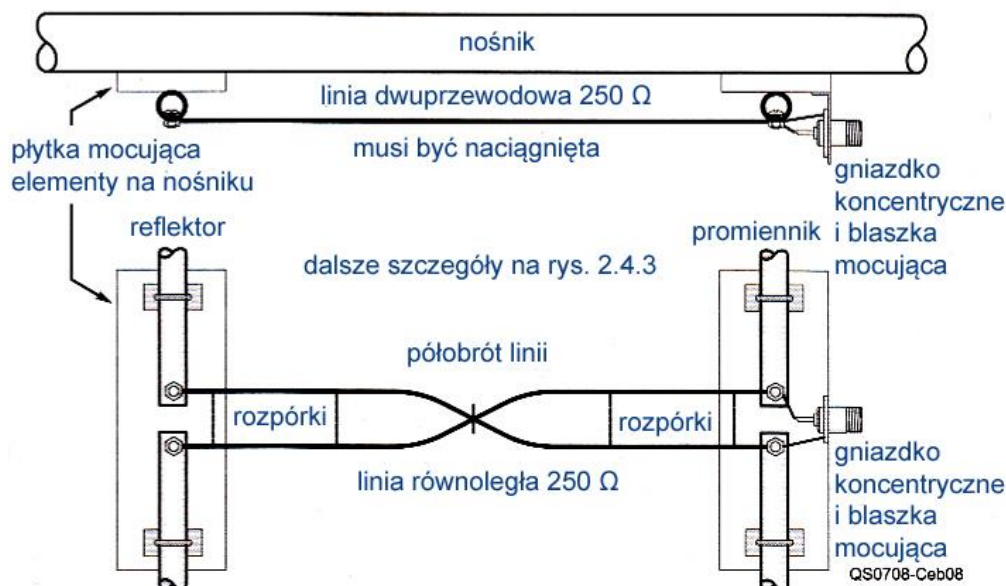


Rys. 2.4.3. Niektóre szczegóły konstrukcji

Przykłady wymiarów elementów dla różnych kombinacji materiałów podano w tabeli 2.4.1. Jak z nich wynika grubości elementów mogą wywrzeć znaczny wpływ na parametry anteny, wymagający nawet ponownego przeliczenia konstrukcji. Różnice w odległościach elementów są znacznie mniej krytyczne. Długość elementów przy konstrukcji teleskopowej musi być trochę większa niż w przypadku użycia elementów o stałej średnicy. W przypadku konstrukcji teleskopowej elementy zewnętrzne powinny być dłuższe o 5 cm, aby można było je wsunąć do rurek o większej średnicy. Elementy anteny mogą być wykonane z rurek aluminiowych. W konstrukcji prototypowej nośnik anteny wykonano z rurki z PCW. Przykłady rozwiązań niektórych szczegółów konstrukcji przedstawiono na ilustracjach 2.4.3 i 2.4.4. Odstępy między połówkami elementów zasilanych są wliczone do ich ogólnej długości, a nie dodawane do niej. Nie powinny one być jednak zbyt duże. Konstruktor proponuje rozmieszczenie co 7 cm rozporok wykonanych z polikarbonatu lub z pleksiglasu. W prostopadłościanach tych wywiercone są otworki dla przepuszczenia przewodu. Współczynnik skrócenia linii jest zbliżony do jedności. Autor nie poleca stosowania płaskich kabli telewizyjnych 300-omowych gdyż ich współczynnik skrócenia równy w przybliżeniu 0,8 odbiega znacznie od współczynnika dla powietrza. Linia taka byłaby więc elektrycznie za długa o 25%.

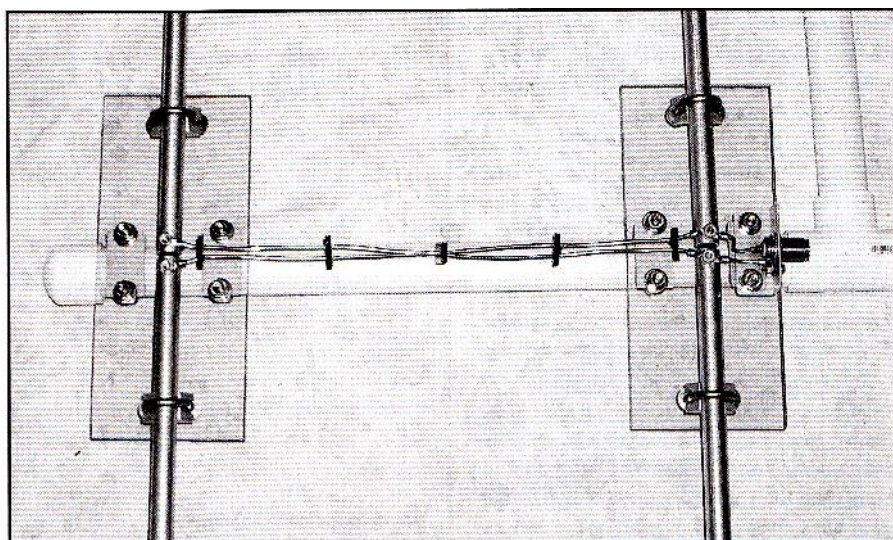
Linia zasilająca reflektor ma długość 349 mm, impedancję falową 250 Ω , a jej wymiary dla kilku średnic przewodu podano w tabeli 2.4.2. Jest ona wykonana z nieizolowanego przewodu miedzianego. Linię można także skonstruować z dwóch odcinków kabla RG-63 o impedancji falowej 125 Ω . Odcinki powinny mieć długość 349 mm. Na obu końcach należy połączyć (złutować) ze sobą ekrany i miejsca

lutowania zaizolować, aby nie zwierały się z elementami anteny. Linię fazującą stanowią jedynie przewody środkowe kabli. Dzięki szeregowemu połączeniu impedancja falowa linii wynosi $250\ \Omega$ jak w poprzedniej konstrukcji. Współczynnik skrócenia kabla RG-63 wynosi 0,84, przez co konieczne jest dopasowanie długości elementów. Przykładowe wartości podano w tabeli 2.4.1.



Rys. 2.4.4. Konstrukcja linii i szczegóły zasilania elementów. Konstrukcja z wykorzystaniem kabla RG-63 jest podobna ale nie potrzebuje rozpórek

Poprzednie rozwiązania anten szerokopasmowych opierały się na zachowaniu możliwie dużego odstępu między promiennikiem i reflektorem. Miało to dodatkową zaletę: zwiększenie odległości powoduje także wzrost impedancji wejściowej anteny do około 50 omów dzięki czemu zbędny staje się układ dopasowujący. Przedstawiona trójelementowa konstrukcja ma, dzięki zasilaniu dwóch elementów zamiast jednego, nośnik o długości 92 cm. Odległość środków skrajnych elementów jest nawet mniejsza, ale rzeczywista długość nośnika zależy od konkretnego rozwiązania mechanicznego. Antena dwuelementowa (o niższym zysku od opisanej) ma nośnik 107 cm, a antena trzejelementowa (o zysku wyższym) wymaga nośnika ponad 1,8 m.



Fot. 2.4.5. Widok linii fazującej, jej konstrukcji i połączenia z elementami anteny

Tabela 2.4.1

Przykłady wymiarów dla różnych konstrukcji

Element	Długość [mm]	Długość elementu końcowego [mm]	Odstęp od reflektora [mm]
Elementy teleskopowe z rurek 16/12,7 mm, linia równoległa 250 Ω , element grubszy 610 mm, w sumie – 1220 mm, należy dodać 50 mm na wsunięcie elementu końcowego			
Reflektor	2794	787	—
Promiennik	2629	705	349
Direktor	2565	673	883
Elementy teleskopowe z rurek 16/12,7 mm, linia 250 Ω z kabla RG-63, element grubszy 610 mm, w sumie – 1220 mm, należy dodać 50 mm na wsunięcie elementu końcowego			
Reflektor	2756	768	—
Promiennik	2642	711	349
Direktor	2565	686	883
Elementy o jednakowej grubości 12,7 mm, linia równoległa 250 Ω			
Reflektor	2766		—
Promiennik	2606		345
Direktor	2535		883
Elementy teleskopowe z rurek 12,7/9,5 mm, linia równoległa 250 Ω , element grubszy 610 mm, w sumie – 1220 mm, należy dodać 50 mm na wsunięcie elementu końcowego			
Reflektor	2819	800	—
Promiennik	2657	719	346
Direktor	2591	686	883
Elementy teleskopowe z rurek 12,7/9,5 mm, linia 250 Ω z kabla RG-63, element grubszy 610 mm, w sumie – 1220 mm, należy dodać 50 mm na wsunięcie elementu końcowego			
Reflektor	2769	775	—
Promiennik	2667	724	346
Direktor	2591	686	883

Tabela 2.4.2

Wymiary linii 250 Ω (przeliczone z wymiarów calowych)

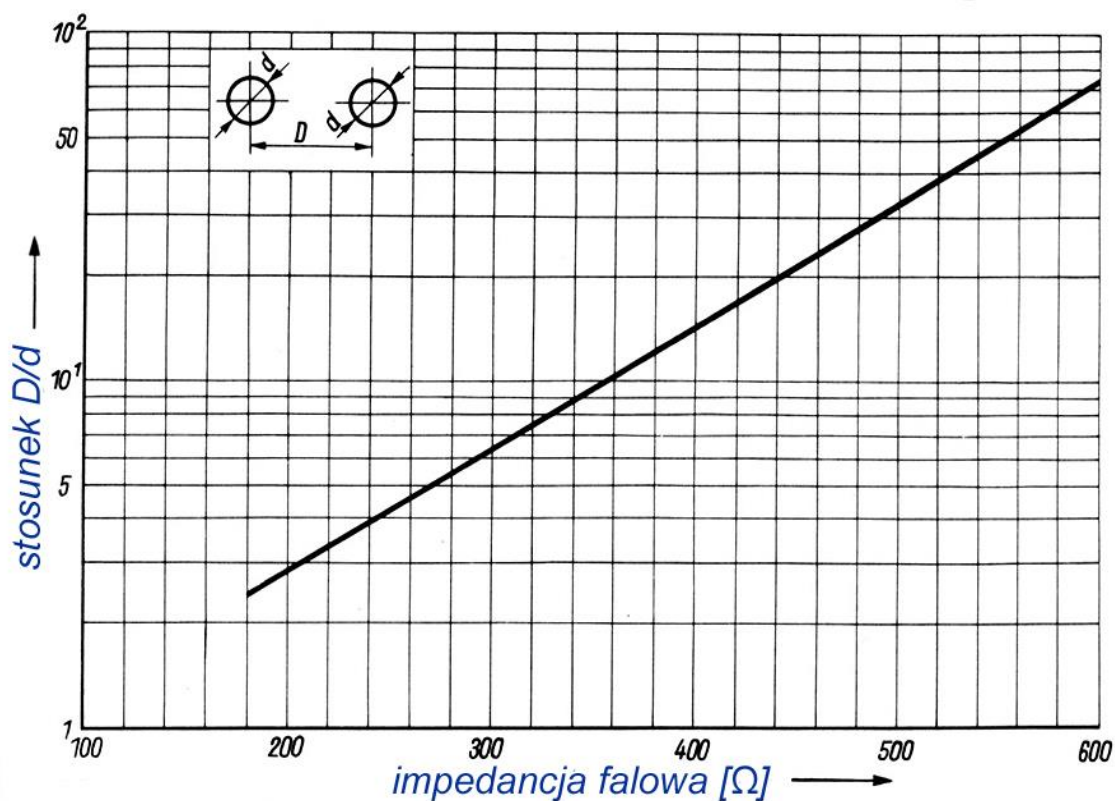
Średnica przewodu wg normy amerykańskiej [mm]	Przekrój wg normy amerykańskiej [mm ²]	Odpowiednik metryczny [mm ²]	Odległość środków przewodów [mm]
1,628 (AWG #14)	2,081	2,5 (Ø 1,78 mm)	6,7
2,053 (AWG #12)	3,309	4 (Ø 2,26 mm)	8,4
2,588 (AWG #10)	5,261	6 (Ø 2,76 mm)	10,6
3,264 (AWG #8)	8,366	10 (Ø 3,57 mm)	13,3

Uwaga: kalkulator impedancji linii płaskich znajduje się w Internecie m.in. pod adresem

<https://www.rfwireless-world.com/calculators/twin-wire-line-calculator>

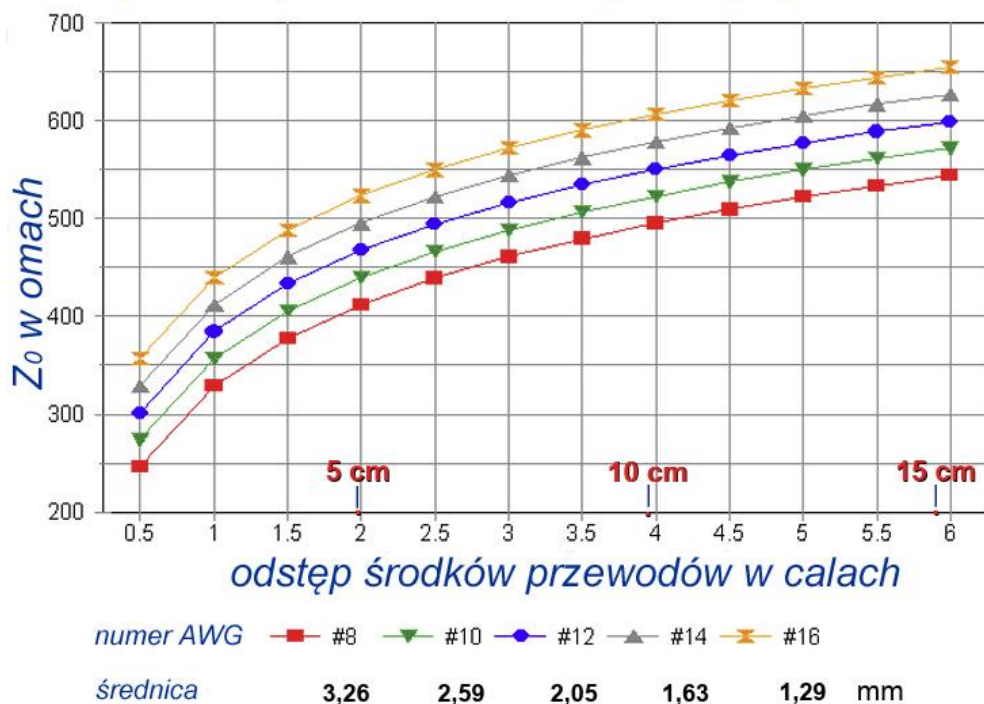
Przykładowo dla otrzymania impedancji 250 Ω przy średnicy przewodu 2 mm odległość między nimi wynosi 8,2 mm, a dla średnicy 1 mm – odstęp środków wynosi 4,1 mm.

Przy okazji warto byłoby może zadbać o dopuszczenie w Polsce emisji FM, niedozwolonej w wyniku podjętej przed laty nieszczęśliwej decyzji.



Rys. 2.4.6. Zależność impedancji falowej linii dwuprzewodowej z izolacją powietrzną od wymiarów (źródło DJ9CS)

Z_0 dwuprzewodowej linii transmisyjnej w zależności od grubości przewodów i odstępów między nimi



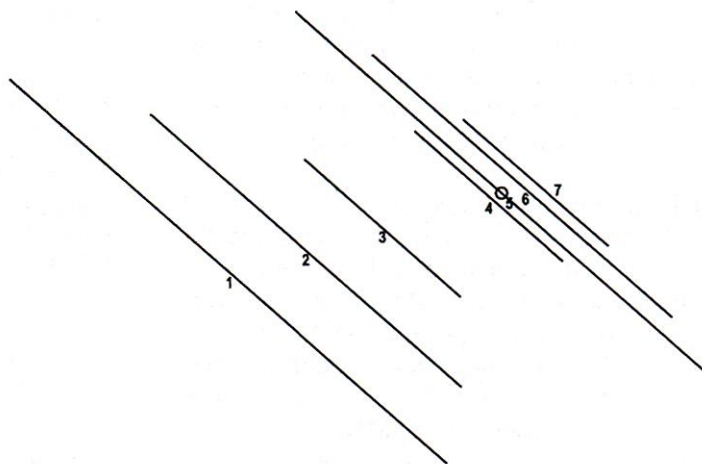
Rys. 2.4.7. Zależność impedancji falowej linii dwuprzewodowej od wymiarów (źródło DJ9CS)

3. Anteny na pasmo 70 MHz

3.1. Krótkie anteny na pasmo 4 m

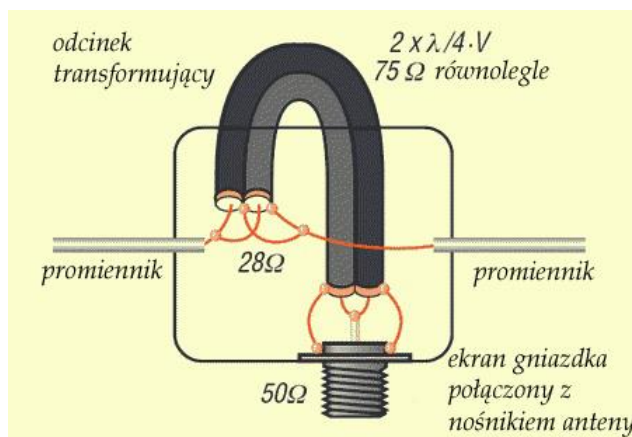
Trójpasmowa antena na pasma 6, 4 i 2 m konstrukcji DK7ZB stanowi dzięki stosunkowo niewielkim rozmiarom praktyczne rozwiązanie dla wszystkich mających mało miejsca do dyspozycji. Oprócz zasilanego promiennika na pasmo 6 m posiada ona dwa blisko leżące i silnie sprzężone elektromagnetycznie promienniki na pasma 4 i 2 m. Zasada pracy jest często nazywana w literaturze zasadą dławika koncentrycznego (ang. *open sleeve*). Położenia elementów są dobrane tak, aby impedancja wejściowa wynosiła 50 omów nie tylko w paśmie 6 m, ale i w pozostałych. Bierny promiennik nr 6 pracuje w paśmie 4 m, a promiennik nr 4 – w paśmie 2 m. Antena zawiera dodatkowe reflektory dla obu pasm. Są to elementy nr 2 dla pasma 4 m i nr 3 dla pasma 2 m. Element nr 7 pracuje jako direktor w paśmie 2 m. W paśmie 2 m antena pracuje więc jako 3-elementowa, a w pozostałych jako 2-elementowa.

Elementy dla wyższych pasm nie wywierają wpływu na pracę w paśmie 50 MHz, natomiast przy pracy w paśmie 70 MHz w elementach dla pasma 6 m płyną znaczne prądy. Duży prąd indukuje się w biernym promienniku dla pasma 4 m przy pracy w paśmie 2 m.

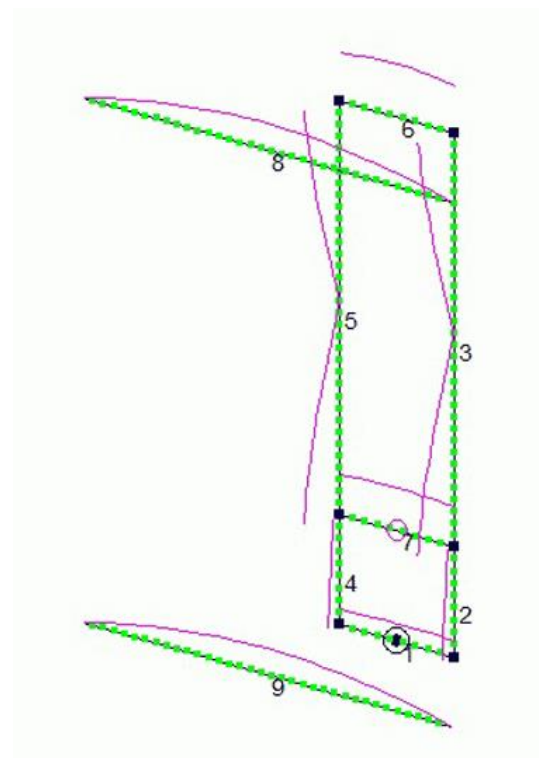


Rys.3.1.1. Rozmieszczenie i numeracja elementów anteny 3-pasmowej

Częstotliwość rezonansu w paśmie 2 m wynosi 144,3 MHz i leży w podzakresie CW/SSB, a WFS wyraźnie wzrasta powyżej 145 MHz. Częstotliwości rezonansu w pozostałych pasmach wynoszą 50,15 i 70,2 MHz. Aluminiowy nośnik anteny ma długość 1,25 m i przekrój kwadratowy o wymiarach 20 x 20 x 2 (1,5) mm. Elementy wykonano z rurek aluminiowych 10 x 1 mm. Konstruktor odradza stosowanie elementów o innych średnicach.



Rys.3.1.2. Sposób dopasowania anteny 28 Ω do linii zasilającej 50 Ω



Rys. 3.1.3. Elementy konstrukcyjne *Hentenny* (linie zielone) i rozkłady prądów (linie fioletowe)

Antena jest zasilana przez dławik symetryzujący (fot. 3.1.2). Składa się on z 11 zwojów kabla koncentrycznego Aircell-5 nawiniętego na rurce z PCW o średnicy 25 mm. Kabel ma w przybliżeniu długość 1 m. Gniazdko koncentryczne jest umieszczone w dolnej ścianie puszkki i jego ekran jest połączony z nośnikiem anteny.



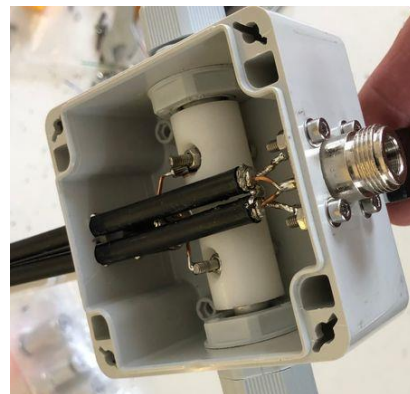
Fot. 3.1.1. Widok anteny trzypasmowej DK7ZB



Fot. 3.1.2. Zasilanie anteny trzypasmowej

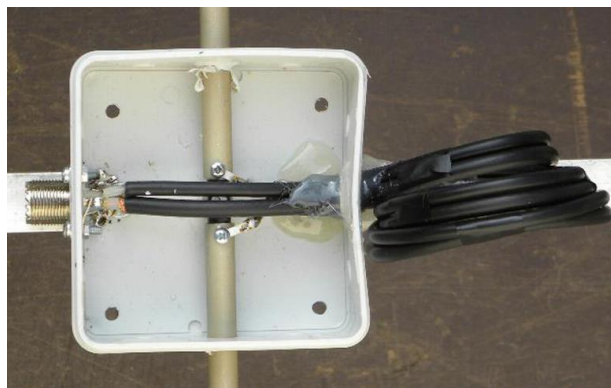
Strojenie anteny może w praktyce wymagać jedynie dopasowania długości promiennika dla pasma 2 m. Wymiary w tabeli 3.1.1 uwzględniają korekty dokonane przez DK7ZB w trakcie dostrajania anteny.

Dwuelementowa antena Yagi na pasmo 70 MHz ma nośnik o długości 45 cm, zysk antenowy 4,4 dBd a tłumienie wsteczne 15,5 dB. Jej wymiary dla częstotliwości rezonansowej 70,2 MHz zawiera tabela 3.1.3. Sposób dopasowania anteny wykonanej w technice $28\ \Omega$ przedstawiono na rys. 3.1.2. Współczynnik fali stojącej (WFS) w zakresie 70,0 – 70,5 MHz nie przekracza 1,2. Dalsze warianty dopasowania anten 28-omowych podaje poz. [3.1.5].



Fot 3.1.3. Antena dwuelementowa wykonana przez DH0GSU

Fot. 3.1.4. Zasilanie anteny dwuelementowej



Fot. 3.1.5. Antena trzelementowa Fot. 3.1.6. Zasilanie anteny trzelementowej

Trzelementowa antena DK7ZB na pasmo 70 MHz ma nośnik o długości 1,55 m. Charakteryzuje się ona zyskiem 6,55 dBd i tłumieniem wstecznym 17,5 dB. WFS w zakresie 70,0 – 70,5 MHz nie przekracza 1,25. W odróżnieniu od obu poprzednich jest wykonana w technice $18\ \Omega$, a sposób jej dopasowania przedstawiono na fot. 3.1.6. Dopasowanie uzyskuje się za pomocą dwóch połączonych równolegle ćwierćfalowych odcinków kabli 50 i 75 Ω . Na zdjęciu są to odcinki kabli RG58 i RG59. Długości kabli podano w tabeli 3.1.5.

Trzelementowy wariant anteny wykonany w technice $28\ \Omega$ charakteryzuje się zyskiem 5,7 dBd i tłumieniem wstecznym 27 dB. Długość nośnika wynosi w tym przypadku 1,35 m. Sposób dopasowania jest identyczny jak dla anteny dwuelementowej. WFS w paśmie 70,0 – 71,0 MHz leży poniżej 1,5, a w paśmie do 7,5 MHz – 1,2. Wymiary anteny dla częstotliwości 70,2 MHz podano w tabeli 3.1.6.

Pionowo ustawiona antena pętlowa znana pod nazwą *Hentenny* uzupełniona o dwa reflektory charakteryzuje się zyskiem około 7,05 dBd i tłumieniem wstecznym 12,5 dB w pasmach 50 i 70 MHz. Dzięki zasilaniu po dwóch przeciwnych stronach pętli promieniuje ona falę z polaryzacją poziomą, a dobór punktu zasilania (element 7) na elementach pionowych (odległości od elementu 1) pozwala na uzyskanie impedancji wejściowej 50 Ω . Podział anteny na elementy konstrukcyjne i rozkłady prądów przedstawia rys. 3.1.3, a wygląd anteny – fot. 3.1.7. Wymiary anteny wykonanej z rurek o średnicy 12 mm dla pasm 4 i 6 m zawiera tabela 3.1.7. Do jej zasilania służy dławik symetryzujący jak w antenie pierwszej. W zakresie 70,0 – 70,5 MHz WFS leży poniżej 1,2.

Fot. 3.1.7. Pionowa pętla – *Hentenna*Tabela 3.1.1
Wymiary anteny 3-pasmowej

Element	Funkcja	Długość [mm]	Położenie [mm]
1	Reflektor 6 m	2914	0
2	Reflektor 4 m	2080	300
3	Reflektor 2 m	1044	600
4	Promiennik bierny 2 m	981	1000
5	Promiennik zasilany 6 m	2764	1065
6	Promiennik bierny 4 m	2006	1148
7	Direktor 2 m	966	1200

Tabela 3.1.2
Najważniejsze parametry anteny 3-pasmowej

Pasmo [m]	Zysk antenowy [dBd]	Tłumienie wsteczne [dB]	Pasmo dla WFS 1,5 [MHz]
6	4,49	8,6	1,75
4	4,29	10,8	1
2	5,43	10,6	> 2

Tabela 3.1.3
Wymiary dwuelementowej anteny 28 Ω dla 70,2 MHz

Element	Położenie [mm]	Długość dla średnicy 10 mm [mm]	Długość dla średnicy 12 mm [mm]*
Promiennik	0	2092	2088
Direktor	430	1938	1928

Tabela 3.1.4
Wymiary trzejelementowej anteny 18 Ω dla 70,2 MHz

Element	Położenie [mm]	Długość dla średnicy 10 mm [mm]	Długość dla średnicy 11,5 + 8 mm [mm]
Reflektor	0	2142	2164
Promiennik	600	2028	2065
Direktor	1535	1874	1907

Uwaga:

* elementy złożone są z dwóch rurek o podanych średnicach włożonych jedna do drugiej

Tabela 3.1.5

Długości kabla w układzie dopasowania

Długość kabla (ekranu) [mm]	Typ kabla	Współczynnik skrócenia
715	RG58 + RG59	0,66
875	Aircell5 + kabel TV kablowej	0,82

Tabela 3.1.6

Wymiary trzejelementowej anteny 28Ω dla 70,2 MHz

Element	Położenie [mm]	Długość dla średnicy 10 mm [mm]	Długość dla średnicy 12 mm [mm]
Reflektor	0	2154	2150
Promiennik	660	2026	2020
Direktor	1320	1890	1880

Tabela 3.1.7

Wymiary elementów *Hentenny* dla średnicy 12 mm

Segmenty (numeracja wg. rys. 3.1.3)	Długość dla pasma 70 MHz [mm]	Długość dla pasma 50 MHz [mm]
1, 6, 7 (poziome) – $0,15 \lambda$	645	900
3, 5 (pionowe) – $0,5 \lambda$	1679	2443
2, 4 (pionowe) – $0,1 \lambda$	448	625
8, 9 (reflektory) – $0,62 \lambda$	2072	2900
Odległość reflektor-pętla – $0,16 \lambda$	680	975

Literatura i adresy internetowe

[3.1.1] <http://dk7zb.darc.de/4m/2-El-4m-Yagi.htm>[3.1.2] <http://dk7zb.darc.de/4m/3-El-4m-Yagi.htm>[3.1.3] <https://www.qsl.net/dk7zb/Duoband/Triband-Yagi.htm>[3.1.4] <https://www.qsl.net/dk7zb/Quadlong/Hentenna.htm>

[3.1.5] „Biblioteka polskiego krótkofalowca” tom 50, „Anteny ultrakrótkofalowe 1”

4. Anteny na pasma 2 m i 70 cm

4.1. Antena Yagi do łączności EME

Opisana w numerze 1/2023 *Funkamateura* antena jest przeznaczona do łączności EME w paśmie 70 cm emisją Q65 z rodziny WSJT-X. Konstruktor korzystał z niej w terenie dzięki czemu możliwe było skrócenie linii zasilającej do 3 m i znaczne zmniejszenie wnoszonego przez nią tłumienia. Doprowadzona moc 25 – 50 W umożliwiała konstruktorowi prowadzenie łączności przez odbicie od Księżyca emisją Q65-B. Możliwe jest doprowadzenie mocy 100 W. Zysk antenowy wynosi około 18,4 dBi czyli mniej więcej 16,3 dBd. Przy mocy doprowadzonej 50 W moc EIRP równa się w przybliżeniu 3,3 kW.

Stacje o skromniejszym wyposażeniu powinny na początek starać się odebrać silniejszych korespondentów i zoptymalizować położenie anteny na maksimum odbieranego sygnału i dopiero potem rozpocząć łączność.

Antena GTV 70-23m jest 23-elementową anteną Yagi o długości 5,3 m. Promiennik jest wykonany z dwóch odchylonych do tyłu płaskowników aluminiowych o grubości 2 mm (fot. 4.1.1). Najsilniejsze prądy płyną w direktorach D1 i D2 (rys. 4.1.3). Cechą charakterystyczną konstrukcji jest minimalizacja listków bocznych i tylnych.

W przypadku promiennika prostego impedancja wejściowa anteny wynosiłaby 17 Ω , ale dzięki odchyleniu jego połówek do tyłu uzyskuje się impedancję 50 Ω bez dodatkowych strat lub innych niekorzystnych efektów.

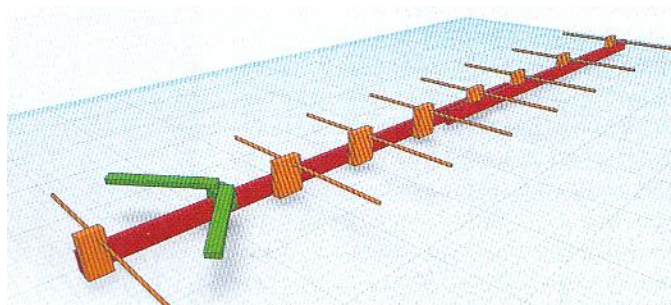
Tabela 4.1.1.

Wymiary i położenie elementów anteny GTV 70–23m

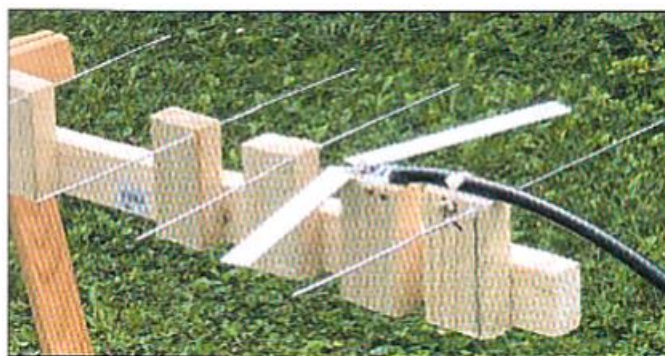
Element	d [mm]	l [mm]	Położenie na nośniku [mm]
Reflektor	2,2	339,5	40,0
Promiennik (DE)	*	313,5	144,5
D1	2,2	323,5	193,0
D2	2,2	320,0	286,0
D3	2,2	310,8	468,0
D4	2,2	306,0	681,0
D5	2,2	303,9	928,0
D6	2,2	300,7	1192,0
D7	2,2	297,3	1465,0
D8	2,2	296,5	1747,0
D9	2,2	294,4	2032,0
D10	2,2	291,8	2310,5
D11	2,2	291,0	2585,0
D12	2,2	289,5	2858,0
D13	2,2	289,0	3138,0
D14	2,2	285,5	3406,0
D15	2,2	284,5	3674,0
D16	2,2	281,9	3937,0
D17	2,2	280,0	4199,0
D18	2,2	279,3	4475,0
D19	2,2	275,5	4765,0
D20	2,2	272,5	5038,0
D21	2,2	264,5	5280,0

Do skonstruowania anteny niezbędne są trzy drewniane listwy dachowe o długości 3 m, co najmniej 12 drucianych wieszaków do ubrań (z pralni itp.), 3 m kabla koncentrycznego 50 Ω i 0,4 m listwy aluminiowej 20 x 2 mm. Jak wynika z tabeli długości elementów i miejsca ich umieszczenia muszą być zmierzone z dokładnością 0,1 mm.

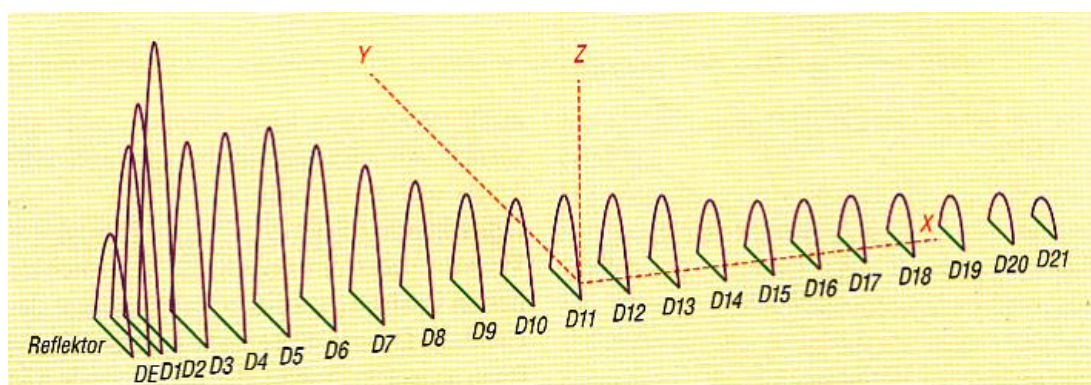
Nośnik anteny składa się z dwóch listew zachodzących na siebie na długości 65 cm i skręconych ze sobą za pomocą czterech śrub. Sposób umocowania elementów anteny przy użyciu drewnianych klocków wyciętych z trzeciej listwy przedstawia fot. 4.1.2. Elementy znajdują się 4,5 cm nad nośnikiem. Są one przyklejone za pomocą kleju na gorąco w otworach wywierconych w klockach. Szerokości wiązki głównej w pionie i w poziomie wynoszą w przybliżeniu 15° . Naprowadzanie anteny na księżyc jest więc konieczne tylko co około 15 minut.



Rys. 4.1.1. Komputerowy model anteny GTV 70-23m



Rys. 4.1.2. Sposób montowania elementów na nośniku



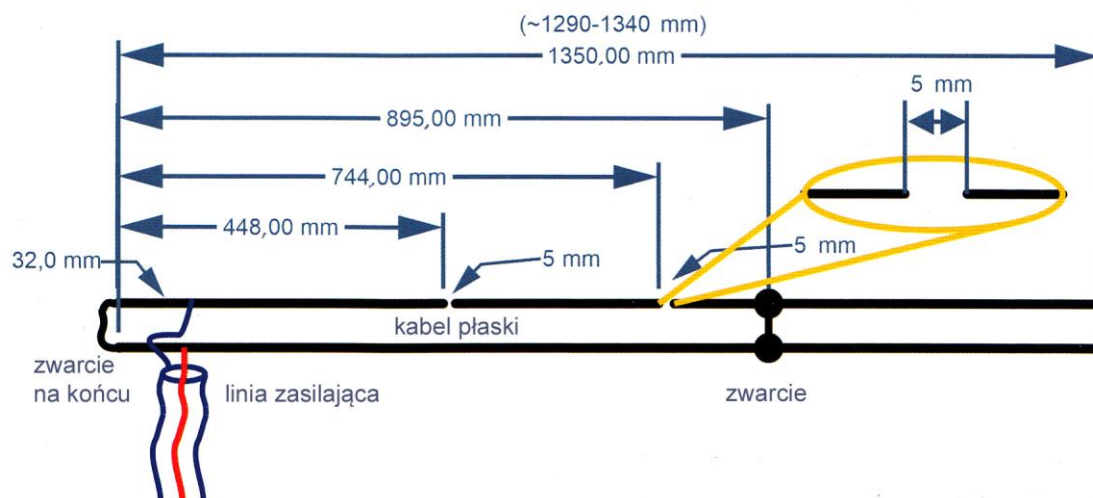
Rys. 4.1.3. Rozkład prądów w elementach anteny



Rys. 4.1.4. Gotowa antena i sposób nastawiania kierunku

[4.1.1] „Mit selbst gebauter Yagi-Antenne auf 432 MHz zum Mond und zurück“, Daniel Eberli – HB9EHD, Daniel Gautschi – HB9CRQ, Dipl. Ing. Hartmut Klüver – DG7YBN, *Funkamateureur* 1/2023, str. 50.

4.2. Anteny J z płaskiego kabla



Rys. 4.2.1. Wymiary i konstrukcja dwupasmowej anteny na 2 m i 70 cm

Prostą konstrukcyjnie i lekką dwupasmową antenę do stosowania w terenie i nie tylko można wykonać z płaskiego kabla telewizyjnego $240\ \Omega$, dawniej powszechnie stosowanego w instalacjach antenowych albo z płaskiego kabla drabinkowego $450\ \Omega$. Podane na ilustracji wymiary dotyczą wersji wykonanej z kabla telewizyjnego, ale ich przeliczenie nie jest trudne i wymaga tylko uwzględnienia współczynnika skrócenia. Dla kabla telewizyjnego $240 - 300\ \Omega$ wynosi on około $0,8 - 0,82$, dla 300-omowego CQ562 – $0,9$ dla 450-omowego CQ553 – $0,85$, a dla 450-omowego kabla drabinkowego dostępnego powszechnie w sklepach krótkofalarskich – $0,9$. Przedstawione na rys. 4.2.1 wymiary zmieniają się odpowiednio na ok. 34, 483, 801, 964 i 1473 mm. Antena jest zasilana kablem koncentrycznym. Przy krótkich odcinkach do kilku metrów może być to nawet RG-58, przy dłuższych powinny być to kable o niższych stratach jak Aircell 7 lub podobne. Do zastosowania w terenie nie powinien on być zbyt sztywny gdyż może łatwiej ulec uszkodzeniu, ale w warunkach stacjonarnych lepiej zastosować kabel o jak najmniejszych stratach.

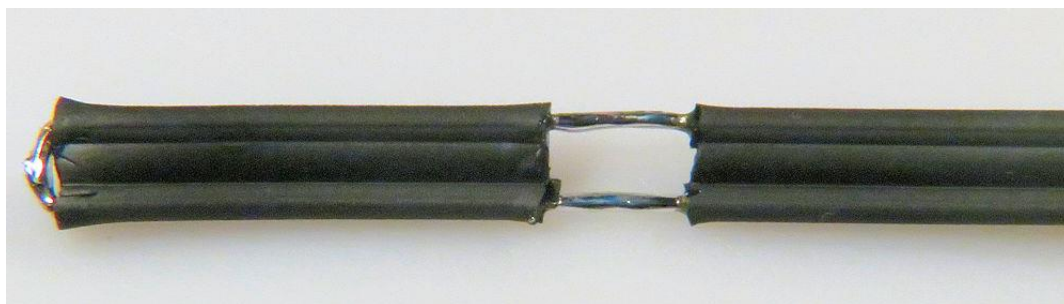
Jego miejsce podłączenia należy dobrać dla otrzymania jak najniższego WFS, ale wystarczy aby leżał on poniżej 1,4 – 1,5. Dalsza optymalizacja nie daje już znaczących korzyści i stanowi jedynie niepotrzebną komplikację. WFS rzędu 1,3 oznacza straty około 1,7% w stosunku do idealnego dopasowania i można je już uznać za pomijalne.

Podstawą konstrukcji jest antena J na pasmo 2 m. Prawidłową pracę w paśmie 70 cm zapewnia pułapka pasmowa w jej górnej części. Odcinek nie uciętej drugiej żyły poniżej zwory stanowi kondensator wchodzący w skład pułapki.

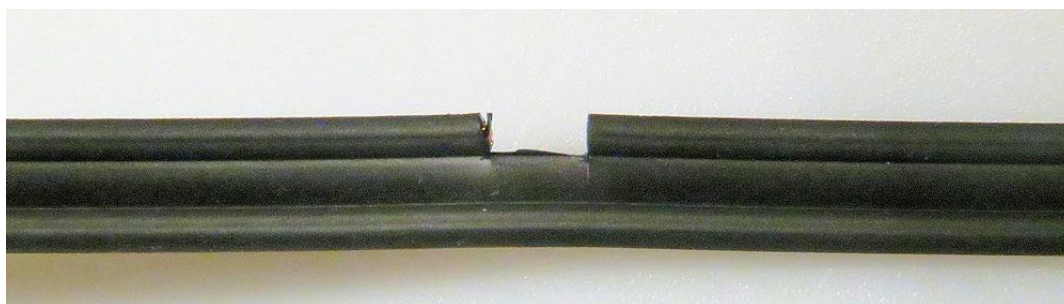
W miejscu podłączenia kabla należy odizolować odcinek o długości około 1 – 1,5 cm i na nim dobierać miejsce przylutowania kabla zasilającego. To samo dotyczy położenia zwory. Antena jest dostrajana w paśmie 2 m.

Na początek należy też uciąć kabel o nieco większej długości i dobrać ją eksperymentalnie. Przerwy w drugiej żyły kabla mają długości w przybliżeniu 5 mm, ale nie jest ona krytyczna. Kabel zasilający należy umocować do końca anteny tak, aby jego ciężar nie obciążał punktów lutowania i nie powodował ich rozerwania. Miejsca odizolowane należy zabezpieczyć przed wpływami zewnętrznymi np. za pomocą kleju błyskawicznego, a na końcach przerw można założyć koszulki termokurczliwe. Do pracy w terenie wygodnie jest umocować u góry anteny pętelkę służącą do jej zawieszenia.

Rozwiązania anten typu J na różne zakresy fal przedstawiono w tomach 32, 35 i 49 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.



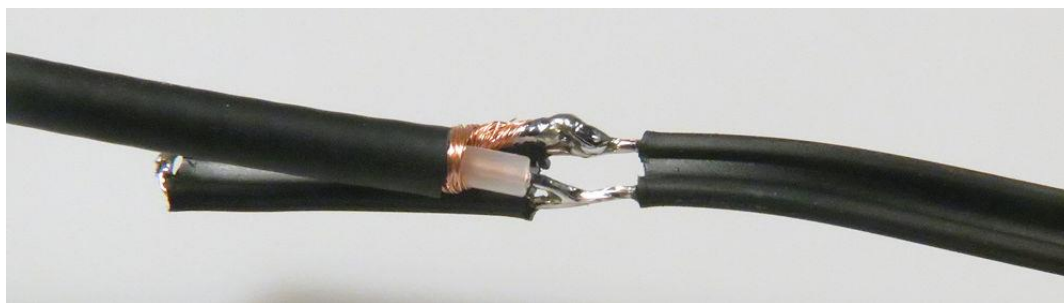
Fot. 4.2.2. Przykład wykonania dolnego końca



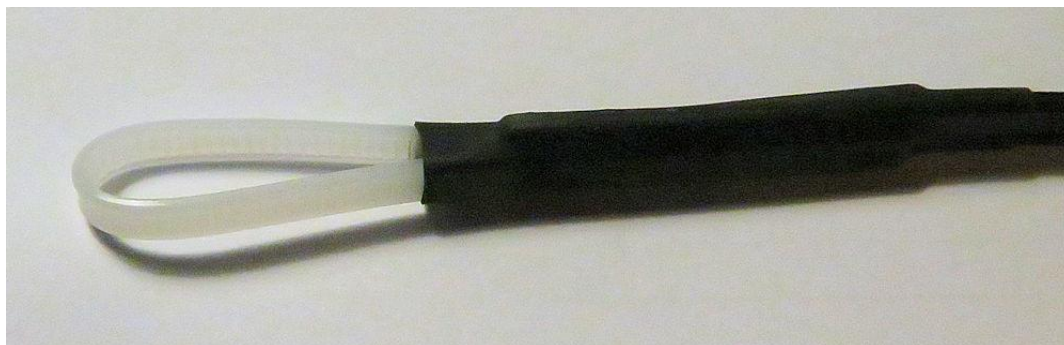
Fot. 4.2.3. Przykład wykonania przerwy



Fot. 4.2.4. Miejsce zwarcia



Fot. 4.2.5. Podłączenie kabla zasilającego



Fot. 4.2.6. Pętla u góry anteny służąca do jej zawieszenia



(c) DL2LTO



(c) DL2LTO

Fot. 4.2.7. Możliwy sposób zabezpieczenia przerwy za pomocą koszulki termokurczliwej

Fot. 4.2.8. Możliwy sposób umocowania kabla na końcu anteny

Na rysunku 4.2.9 przedstawiono rozwiązanie dwupasmowej anteny J z pułapką wykonaną z odcinka kabla RG-174 [L.2]. Antena DBJ-1 konstrukcji WB6IQN i opublikowana w [L.2] pracuje w obu pasmach jak antena półfalowa, a nie jak antena $3/4 \lambda$ na trzeciej harmonicznej i dzięki temu daje lepsze wyniki w pozycji pionowej. Różnica dzięki separacji może dochodzić do 4 – 6 dB w stosunku do anteny *Ground Plane*. Strojnik dopasowujący u dołu pracuje w paśmie 70 cm jako strojnik $3/4 \lambda$.

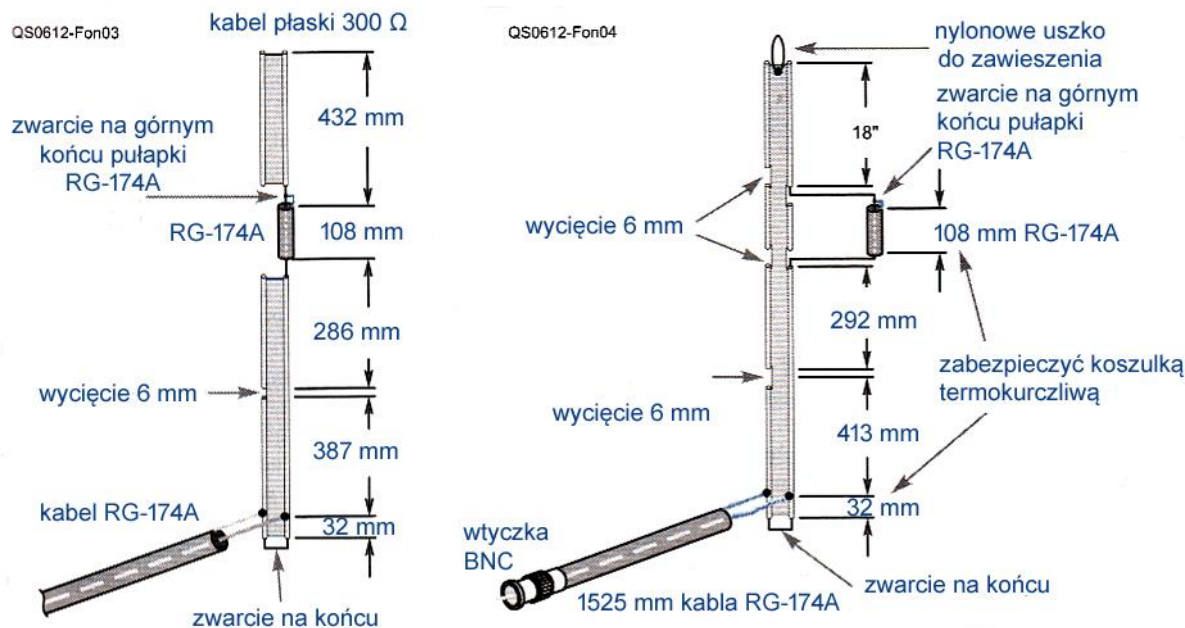
Pułapka zapewnia odseparowanie górnej części promiennika na pasmo 2 m przy pracy w paśmie 70 cm, ale nie wywiera żadnego wpływu na pracę w paśmie 2 m. W antenie DBJ-1 jest to zapewnione dzięki połączeniu płaskiego kabla 300Ω z odcinkiem kabla koncentrycznego RG-174A, jak to pokazano na rysunku.

Antena jest zasilana przez około 1,5 m odcinek kabla RG-174A zakończony gniazdkiem BNC. Strojnik dopasowujący $\lambda/4$ (na 2 m) ma, po uwzględnieniu współczynnika skrócenia kabla płaskiego długość około 38 cm. Jest on zwarty na dolnym końcu i wskutek tego ma dużą impedancję u góry – pasującą do impedancji półfalowej anteny na 145 MHz zasilanej na końcu. Zaciski anteny (punkt podłączenia kabla RG-174A) są oddalone o 32 mm od zwarcia.

W paśmie 70 cm strojnik ma długość $3/4 \lambda$ – jest on więc kombinacją strojnika $\lambda/4$ i odcinka półfalowego. Wprowadza on niestety dodatkowe straty wynoszące w przybliżeniu 0,1 dB. Powyżej znajduje się promiennik na pasmo 70 cm mający długość około 305 mm. Na jego końcu znajduje się pułapka separująca górną część anteny od części używanej w paśmie 2 m. Odcinek kabla RG-174A ma długość $\lambda/4$ w zakresie 70 cm i transformuje zwarcie u góry na rozwarcie u dołu. Na jego górnym końcu jest podłączona 457-milimetrowa – uzupełniająca do połówki fali – część promiennika na 2 m. Współczynnik skrócenia RG-174A 0,6 powoduje, że jego długość jest równa 114, a nie 152 mm.

Promiennik na pasmo 2 m jest krótszy niż spodziewane 914 mm, gdyż pułapka na RG-174A ma w tym paśmie charakter indukcyjny, powodujący lekkie skrócenie anteny.

W oryginalnym rozwiązaniu anteny DBJ-1 jest ona umieszczona we wnętrzu rurki z PCW o długości około 180 cm. Konstrukcja ta nadaje się dobrze do instalacji stacjonarnej, ale jest niepraktyczna jako terenowa.

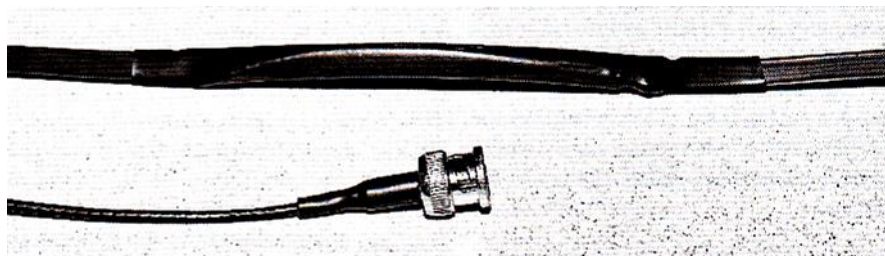


Rys. 4.2.9. Konstrukcja anteny DBJ-1

Rys. 4.2.10. Konstrukcja zmodyfikowanej anteny terenowej DBJ-2. Ma ona trochę większe wymiary niż poprzednia, gdyż nie jest zamknięta w rurce z PCW. Dokładne wymiary zależą od parametrów kabla płaskiego i różnią się lekko dla poszczególnych producentów. Szczególnie dotyczy to miejsca podłączenia zasilania

Ilustracja 4.2.10 przedstawia konstrukcję DBJ-2 zmodyfikowaną przez WB6IQN, tak aby była łatwa do zwinięcia na czas transportu [L.2]. Składa się ona z ciągłego odcinka 300-omowego płaskiego kabla. Dla otrzymania pożądaných rezonansów i jednoczesnego odizolowania segmentów anteny w żyłach kabla wykonano 6-milimetrowe wycięcia pozostawiając nienaruszoną resztę izolacji. Dwa z nich są dobrane tak, aby między nie pasowała ćwierćfalowa pułapka z kabla koncentrycznego. Wymiary anteny są dłuższe o około 5% w stosunku do anteny pierwszej, umieszczonej w rurce z tworzywa sztucznego. Wycięcia, punkty połączeń i pułapka są zabezpieczone przed wpływami środowiska zewnętrznego za pomocą izolacyjnych koszulek termokurczliwych. U góry kabla płaskiego znajduje się uszko do zawieszenia anteny.

Parametry DBJ-2 w paśmie 2 m są porównywalne z parametrami jednopasmowej anteny J, natomiast w paśmie 70 cm jej zysk przekracza o 6 dB zysk jednopasmowej anteny na pasmo 2 metry pracującej na trzeciej harmonicznej. Antena DBJ-2 jest łatwa w konstrukcji, tania i zajmuje mało miejsca.



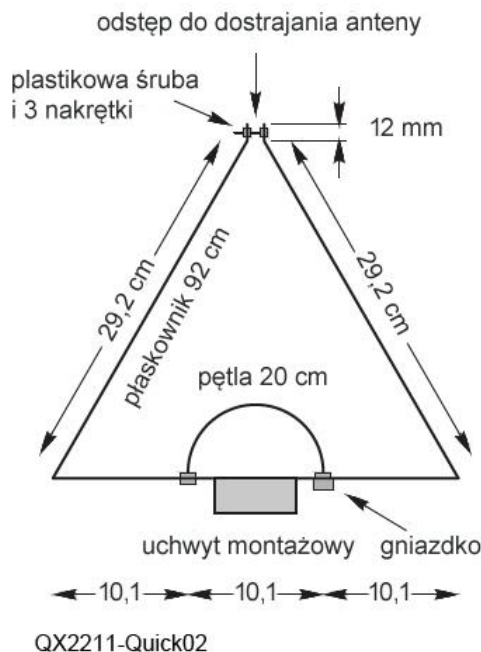
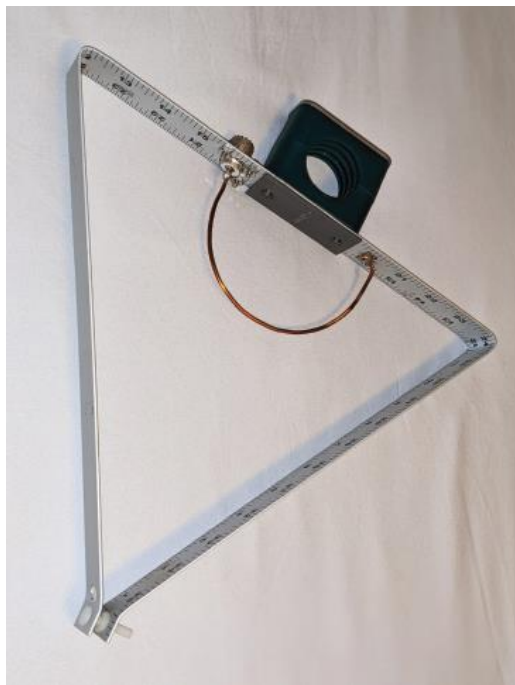
Fot. 4.2.11. Zabezpieczenie koszulką termokurczliwą pułapki z RG-174A i punktów jej podłączenia. U dołu wtyczka BNC do połączenia z radiostacją

[4.2.1] „Slim Jim Antenne”, QSP 2/2024 str. 24

[4.2.2] <http://oe1iah.at/Hardware/Antennen/SlimJim2-70.shtm>

4.3. Trójkątna antena pętlowa na pasmo 2 m

Położona w płaszczyźnie poziomej trójkątna pętla ma charakterystykę dookólną, jest prosta i tania w realizacji.



Fot. 4.3.1. Trójkątna antena pętlowa na 2 m z pętlą zasilającą

Rys. 4.3.2. Wymiary anteny

Stacje pracujące emisją SSB w paśmie 2 m stosują zasadniczo polaryzację poziomą, ale niektórzy operatorzy (często z konieczności) używają anten pionowych. Nieduża i niedroga antena pętlowa pomaga w zapewnieniu zgodności polaryzacji fali i ułatwia prowadzenie niedalekich łączności.

Niektóre z dotychczasowych rozwiązań albo przysparzały trudności w budowie albo w montażu na maszcie. W konstrukcji K9BCT stosowany był układ dopasowujący typu gamma, ale okazało się, że zasilanie za pomocą pętli daje lepsze wyniki.

Do konstrukcji pętli użyto aluminiowego płaskownika o długości 92 cm i szerokości około 3 cm. Wymiary anteny przedstawiono na ilustracji 4.3.2. Ma ona kształt trójkąta równoramiennego o ramionach 29,2 cm. Na podstawie trójkąta umieszczony jest uchwyt montażowy i gniazdko antenowe UHF (UC-1). Pętla zasilająca jest wykonana z drutu miedzianego o przekroju 4 mm^2 i długości 20 cm. Na jej końcu należy wykonać pętelkę (przewód musi więc być dłuższy o 2 – 3 cm), która jest przykręcona do płaskownika za pomocą metalowej śruby ze sprężynującą podkładką. Dla zapewnienia dobrego kontaktu powierzchnię płaskownika należy zadrapać. Gniazdko koncentryczne i koniec pętli znajdują się na jednej trzeciej długości podstawy trójkąta od jego kątów.

Końce boków trójkąta są odgięte na długości 12 mm i skrócone ze sobą za pomocą plastikowej śruby M3 i trzech nakrętek. Pierwsza z nakrętek wraz z główką śruby dociskają koniec jednego z ramion, a dwie pozostałe – koniec drugiego. Dostrojenie do częstotliwości pracy uzyskuje się przez dobranie odległości tych końców. Zakres przestrajania anteny wynosi w przybliżeniu 139 – 148 MHz. Szerokość zakresu pracy dla WFS 2,15 jest w przybliżeniu równy 2,16 MHz, a więc pokrywa w całości europejskie pasmo 2 m. Współczynnik fali stojącej w rezonansie był bliski jedności. Jako ostatni element mocowany jest uchwyt służący do przymocowania anteny do masztu.

Zmierzona przez konstruktora impedancja wejściowa wynosiła $49,4 - j1,43 \Omega$, była więc prawie równa 50Ω . Zysk antenowy nie został wprawdzie zmierzony przez konstruktora, ale z symulacji za pomocą *4nec2* wynikało, że jest on nieco większy od zysku dipola. Dla zwiększenia zysku kierunkowego pętlę można montować piętrowo w odległości pionowej $5/8$ fali. Do ich zasilania służy wówczas kabel z rozgałęźnikiem, przy czym obydwa odcinki od rozgałęźnika do anten mają długości $5/4 \lambda$ (lub ogólniej –

nieparzystą liczbę ćwiartek fali). Przy obliczaniu ich długości należy uwzględnić współczynnik skrócenia kabla. W dostrajaniu pojedynczej anteny lub ich pary pomocny jest analizator antenowy VNA.

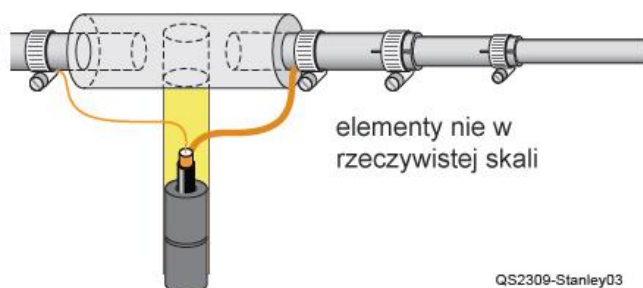


Fot. 4.3.3. Antena zamontowana na maszcie

[4.3.1] „Horizontally Polarized Two-Meter Trangle Loop Antenna“, Richard Quick, W4RQ, QEX 1-2/2023, str. 3

4.4. Szerokopasmowa antena UKF

Szerokopasmowa antena pozwala na odbiór różnych służb, radiofonii, telewizji i krótkofalowców w paśmie 88 – 608 MHz. Odbiorczo i nadawczo pokrywane są pasma amatorskie 2 m, 1,25 m (w Europie niedostępne) i 70 cm. Poszczególne służby korzystają bądź z polaryzacji poziomej bądź z pionowej albo ukośnej. Dlatego też ważna jest możliwość łatwej zmiany polaryzacji (fot. 4.4.1). Nieduże wymiary pozwalają na korzystanie z niej również w terenie.



Fot. 4.4.1. Widok anteny w polaryzacji pionowej

Rys. 4.4.3. Szczegóły konstrukcji. Izolator środkowy wykonany z HDPE

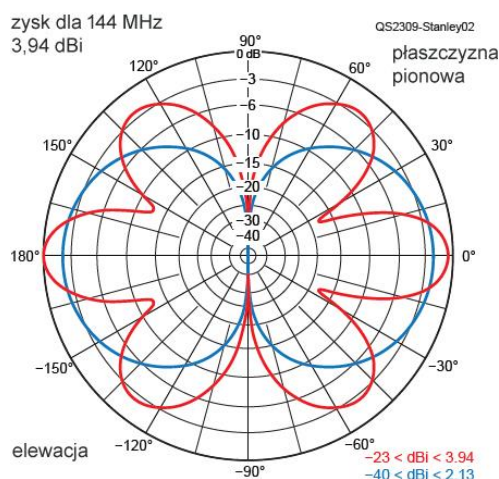
Antena pracuje w zakresie 88 – 235 MHz jako półfalowa, a w zakresie 235 – 608 MHz – jako 3/2-falowa. Charakterystyki promieniowania przedstawia rys. 4.4.2. Przy polaryzacji pionowej charakterystyka kierunkowa jest dookólna.

Dla zmniejszenia strat elementy plastikowe izolatora promiennika i uchwytu anteny są wykonane z polietylenu o dużej gęstości (HDPE) zamiast z PCW. Promiennik jest wykonany z wsuwanych teleskopowo rurek aluminiowych: dwóch 6/8 cala x 24 cm, dwóch półcalowych x 25,5 cm i dwóch 3/8 cala x 48,3 cm. Podane średnice są średnicami zewnętrznymi. Grubość ścianek powinna pozwolić na swobodne przesuwanie się rurek o mniejszych średnicach wewnątrz większych. Końcówki rurek są nacięte, aby można było zaciskać je na rurkach wewnętrznych za pomocą obejm (rys. 4.4.3).

Dławik symetryzujący składa się z trzech rdzeni pierścieniowych z materiału 43 nałożonych na kabel antenowy. Konstruktor użył kabla RG-8 z izolacją piankową. Można też przeprowadzić dwa zwoje kabla przez rdzenie o odpowiedniej wielkości. Kabel powinien być doprowadzony pod kątem prostym do dipola na długości 15 cm (nie jest ona krytyczna), a następnie może być zagięty zgodnie z kształtem uchwytu.

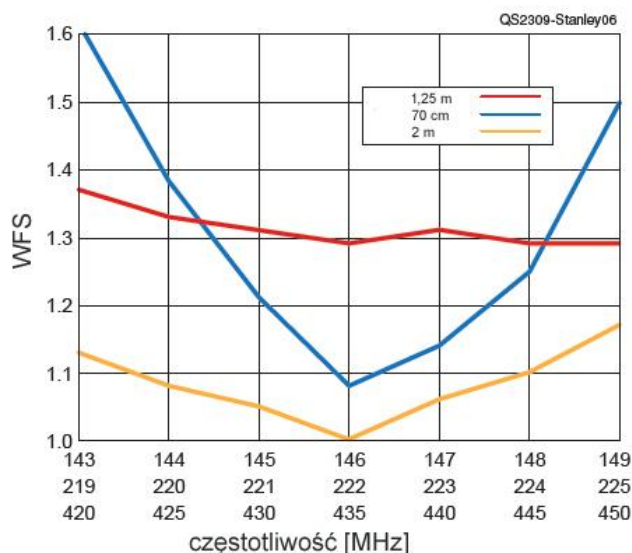
Półfalowy dipol w wolnej przestrzeni ma impedancję wejściową 72 Ω , co oznacza dla systemu 50 Ω wartość współczynnika fali stojącej (WFS) 1,44. Pojemność występującą między połówkami dipola zrównoważono przez połączenie punktów zasilania w pewnej odległości od środka (długość przewodu środkowego na zdjęciu 4.4.4 wynosi około 8 cm. Dobierając ich położenie można uzyskać WFS równy

1. W konstrukcji przeprowadzono optymalizację dla pasma 2 m, ale WFS w paśmie 70 cm jest również bardzo dobry (rys. 4.4.5). Dostrojenie polegające na wsuwaniu lub wysuwaniu rurek i optymalizację WFS przez dobór punktów zasilania należy przeprowadzić dopiero po umieszczeniu dławika symetryzującego – tłumiącego falę powierzchniową. Dla dobrania długości w metrach należy korzystać ze wzoru $143 / f \text{ [MHz]}$ dla dipola półfalowego i trzykrotnie więcej półtorafalowego dla fal decymetrowych. Można dobrać długość dla jednej najważniejszej dla użytkownika częstotliwości, albo zaznaczyć taśmą na rurkach ich położenie dla kilku wybranych. Polaryzację dipola można łatwo obracać dostosowując do polaryzacji stosowanej w pasmach pracy.



Rys. 4.4.2. Charakterystyka promieniowania, linia niebieska dla fal metrowych, czerwona dla fal decymetrowych

Fot. 4.4.3. Szczegóły montażu i podłączenia dipola



Rys. 4.4.5. Przebieg WFS w pasmach amatorskich

[4.4.1] „A Utility Antenna for 88 to 608 MHz”, John Stanley, K4ERO, QST 9/2023, str 36

4.5. Skrócony dipol UKF

Antena konstrukcji DK3BA [4.5.1] pracuje w pasmach 2 m i 70 cm i jest przeznaczona do montażu w lokalizacjach o ograniczonym miejscu albo w przypadkach gdy potrzebny jest szybki montaż i demontaż anteny. Antena charakteryzuje się prostą konstrukcją widoczną na fot. 4.5.1. Na fotografii zdjęto przykrywkę z obudowy układu dopasowującego.



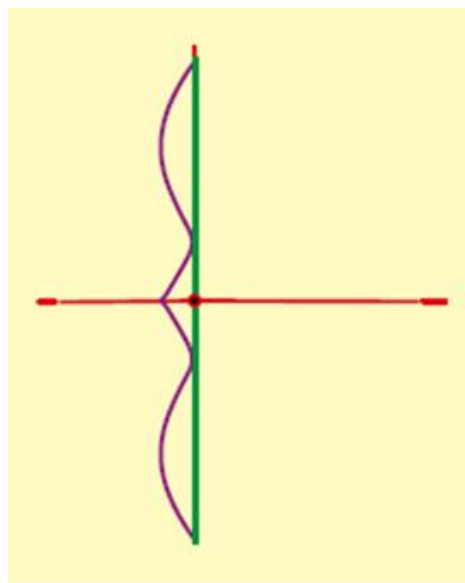
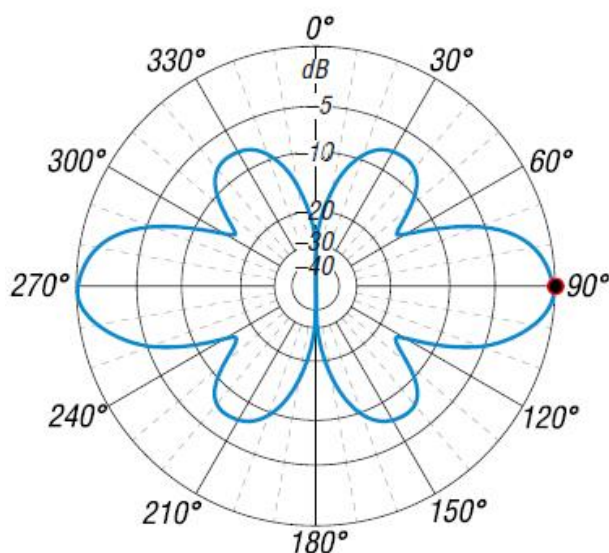
Fot. 4.5.1. Widok anteny umieszczonej pionowo Fot. 4.5.2. Widok skrzynki przyłączeniowej

Ramiona mają długość $5/8 \lambda$ dla pasma 70 cm zamiast $6/8 (3/4) \lambda$ w klasycznej konstrukcji. Główny listek charakterystyki promieniowania jest skierowany poprzecznie do ramion anteny, a osiągnięty zysk kierunkowy jest o 3 dB wyższy niż dla anteny o długości $\lambda/2$ i wynosi ~ 5 dBi. Impedancja wejściowa takiej skróconej anteny jest niestety daleka od 50Ω .

Długość dipola $2 \times 5/8 \lambda$ wynosi 870 cm dla dolnej części pasma 70 cm. Odcinek, w którym prąd w.c.z. płynie w przeciwnej fazie niż w zewnętrznych odcinkach jest znacznie krótszy i powoduje powstanie wyraźnie słabszych listków skierowanych pod kątami $\pm 55^\circ$.

Przy zastosowaniu na ramiona anteny przewodu o średnicy 2 mm impedancja na zaciskach anteny wynosi 96Ω ze składową pojemnościową 353Ω . Dla jej skompensowania konieczne jest wprowadzenie szeregowej indukcyjności. Konstruktor zastosował dwie cewki o indukcyjności 70 nH połączone z zaciskami anteny. Są one umieszczone w puszcze przyłączeniowej o wymiarach 72 x 50 cm i połączone z ramionami dipola za pomocą kostek od instalacji elektrycznych. Cewki zawierają po 4 zwoje przewodu miedzianego o średnicy 0,8 mm nawinięte na karkasie 5 mm. Jako karkasy konstruktor zastosował kawałki plastikowej izolacji od kabla RG-58. Obliczona w programie symulacyjnym impedancja wejściowa wynosi 127Ω ze składową reaktancyjną w pobliżu zera. W programie symulacyjnym nie została jednak uwzględniona rozproszona pojemność między końcami ramion dipoli znajdującymi się w obudowie. W praktyce więc linia zasilająca 50Ω prowadząca do gniazdka SMA jest połączona z cewkami przez dławik bez użycia transformatora dopasowującego i symetryzatora. W dławiku tłumiącym fale powierzchniową użyto dwóch rdzeni ferrytowych FT50-43. Impedancja wejściowa w gnieździe SMA wynosi w przybliżeniu 50Ω w paśmie 435 MHz. Po uzupełnieniu modelu o tą pojemność otrzymano symulowaną charakterystykę kierunkową i symulowany rozkład prądu dla pasma 435 MHz przedstawione na ilustracjach 4.5.3 i 4.5.4. Przyjęto długości ramion po 870 mm i odległość ich końców 30 mm. Przy pojemności między końcami ramion 0,3 pF impedancja wejściowa zmniejsza się do 50Ω . Indukcyjność cewek zmniejsza się do 2×40 nH.

W paśmie 2 m dipol o długości 870 cm jest za krótki mimo wpływu cewek przedłużających i jego rezonans wypada na 151 MHz. Po przedłużeniu dipola o 60 mm możliwe jest uzyskanie dopasowania w obydwu pasmach za pomocą indukcyjności 31 nH. Powoduje to wzrost poziomu listków bocznych w paśmie 70 cm i zmniejszenie zysku w głównym kierunku o około 1 dB. Rozkład prądu w paśmie 2 m odpowiada rozkładowi dla lekko skróconego dipola, a zysk kierunkowy jest identyczny jak dla dipola półfalowego.



Rys. 4.5.3. Symulacja charakterystyki kierunkowej dipola o długości ramion 870 mm dla pasma 70 cm

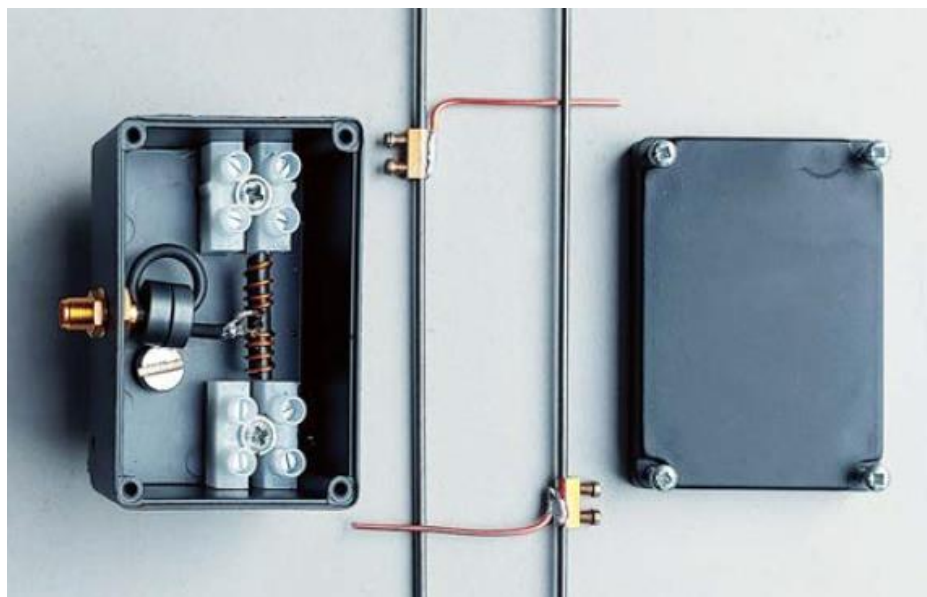
Rys. 4.5.4. Symulacja rozkładu prądów dla pasma 70 cm

W ostatecznym rozwiązaniu anteny dodano strojniki w odległości 160 mm od zewnętrznych końców anteny. Ponieważ w tym miejscu wypada maksimum prądu i minimum pola elektrycznego dla pasma 70 cm wpływ strojników jest minimalny. W paśmie 2 m w tych miejscach natężenie pola elektrycznego jest znacznie większe i strojniki powodują obniżenie częstotliwości rezonansowej dipola o długości ramion 870 mm do 145 MHz. Strojniki są umocowane na ramionach dipola za pomocą kostek instalacyjnych i w razie potrzeby można zmienić ich położenie co pozwoli na obniżenie częstotliwości rezonansowej w paśmie 70 cm. Przesunięcie jednej z kostek o 20 mm na zewnątrz powoduje orientacyjnie obniżenie częstotliwości rezonansowej w paśmie 2 m o 250 kHz, a w paśmie 70 cm o 500 kHz. Przy przesunięciu kostki o 20 mm w kierunku środka anteny częstotliwość rezonansowa w paśmie 70 cm obniża się o 500 kHz, ale częstotliwość rezonansowa w paśmie 2 m wzrasta o 250 kHz.

Indukcyjności przedłużające mają w tym rozwiązaniu po 40 nH. Uzwojenie są nawinięte ściśle na karkasie i przecięte na środku. Przy nawinięciu 10 zwojów na długości 25 mm otrzymuje się cewkę o indukcyjności 80 nH, która po podzieleniu daje dwie cewki po 40 nH. Dla wyższych częstotliwości rzeczywista indukcyjność okazuje się być większa od obliczonej i dlatego konieczne może być obniżenie liczby zwojów. W przykładzie z ilustracji 4.5.2. są to przykładowo 2 x 4 zwoje.

Wąsy strojników mają długość 40 mm. Pomiary za pomocą *NanoVNA* wykazały, że rezonanse leżą na częstotliwościach 144 i 436 MHz. Zakresy WFS < 2 ($S_{11} < -10$ dB) jest szerszy niż odpowiednio pasma 70 cm i 2 m. Straty wnoszone przez cewki leżą w pobliżu 0,5 dB.

Antena może być wykorzystywana jako antena stała lub jako składana do pracy terenowej.



Fot. 4.5.5. Ramiona dipola z zamontowanymi stojnikami

[4.5.1] „Leichter Dipol für 2 m/70 cm mit Verbesserter Anpassung“, Klaus Solbach, DK3BA, *Funk-amateur* 5/2024, str. 372

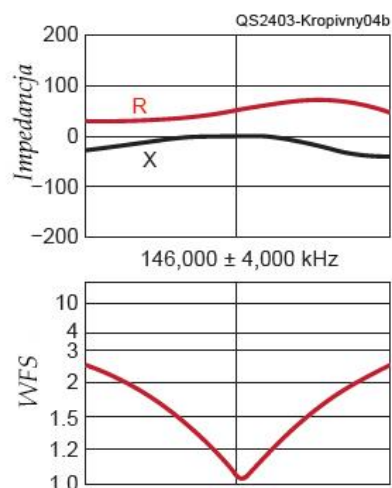
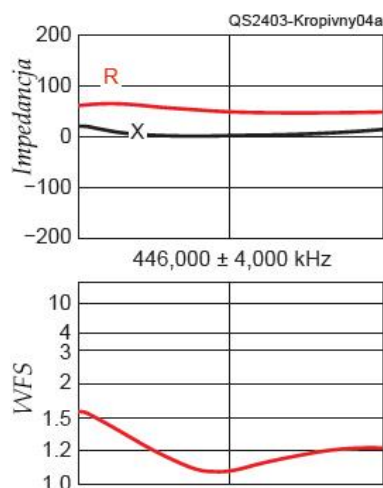
4.6. Dwupasmowa antena J wykonana z rurek miedzianych

Konstrukcja dwupasmowej anteny J na pasma 2 m i 70 cm może stanowić wyzwanie dla konstruktora. Ulepszone rozwiązanie stanowi antena kolinearna składająca się z dwóch elementów półfalowych połączonych za pomocą stojnika. Przy dostrojeniu do pasma 70 cm nie znajduje się ona jednak w rezonansie dla pasma 2 m i wymaga przedłużenia stojnika dopasowującego z ćwierci fali do trzech czwartych. Niemożliwe jest także uzyskanie impedancji wejściowej $50\ \Omega$ na obu pasmach. DL2KQ zaproponował rozwiązanie zawierające promiennik $3/2\ \lambda$ w paśmie 70 cm i dwa promienniki $5/8\ \lambda$ w paśmie 2 m. Impedancję $50\ \Omega$ na obu pasmach uzyskano przez zagięcie stojnika J na jego długości. W paśmie 2 m antena ta pracowała jako lekko skrócona antena J zawierająca stojnik (o charakterze indukcyjnym) na środku promiennika. W paśmie 70 cm pracowała ona jako super J o promienniku $3/4\ \lambda$. Antena charakteryzowała się niskim kątem promieniowania. Jej wadą było stosunkowo wąskie pasmo pracy wymagające dostrojenia do pożądanego podzakresu.

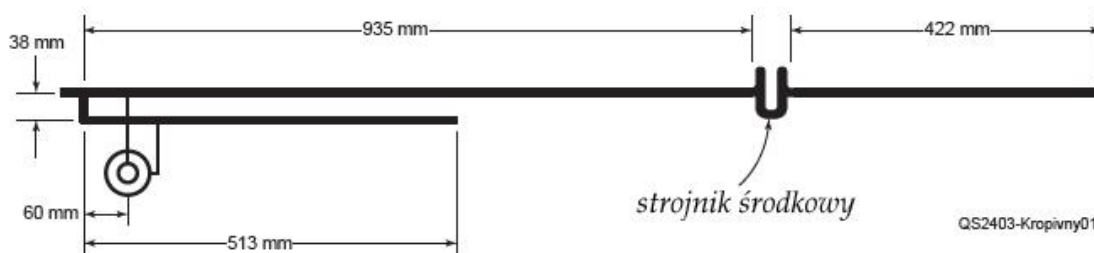
Autor [4.6.1] udoskonalił konstrukcję wykonując ją z półcalowych rurek miedzianych (rys. 4.6.1). Wszystkie wymiary podano dla odległości środków rurek. Do zlutowania elementów konieczna jest lutownica większej mocy, a pracę należy wykonać na zewnątrz lub w dobrze przewietrzanym pomieszczeniu. Potrzebne elementy miedziane pokazano na ilustracji 4.6.2. Masę gniazdka w.cz. typu N należy przylutować bezpośrednio do elementu dopasowującego J. Gotowy stojnik środkowy przedstawia ilustracja 4.6.3. Wymiary dobrano dla częstotliwości 146 i 446 MHz, co może być interesujące dla krótkofalowców amerykańskich. W warunkach europejskich wymagają one przedłużenia aby antena była dostrojona do 145 MHz i w pobliżu górnej granicy pasma 70 cm. Dokładne zachowanie kształtu stojnika środkowego nie jest istotne. Jego długość (w opisie 320 mm) wpływa głównie na częstotliwość rezonansu w paśmie 70 cm. Rezonans w paśmie 2 m zależy głównie od położenia miejsca zasilania (zacisków) i lekkiego odgięcia końca elementu dopasowującego.

Symulacja za pomocą MMANA-GAL wykazała niski kąt promieniowania na obu pasmach. Szerokość pasma dla WFS 1,5 wynosi 4 MHz w zakresie 2 m i 12 MHz w zakresie 70 cm. Jej całkowita wysokość nie przekracza 1,5 m.

Konstrukcja charakteryzuje się dobrą stabilnością mechaniczną i jest uziemiona dla elektryczności statycznej. Dla wytłumienia fali powierzchniowej można nawinąć kilka zwojów kabla na rdzeniu pierścieniowym albo zwinąć kabel w kilka zwojów, przy czym lepsze jest pierwsze rozwiązanie.



Rys. 4.6.4. Wyniki pomiarów dla pasm 70 cm (po prawej) i 2 m (po lewej)



Rys. 4.6.1. Wymiary anteny



Fot. 4.6.2. Elementy strojnika



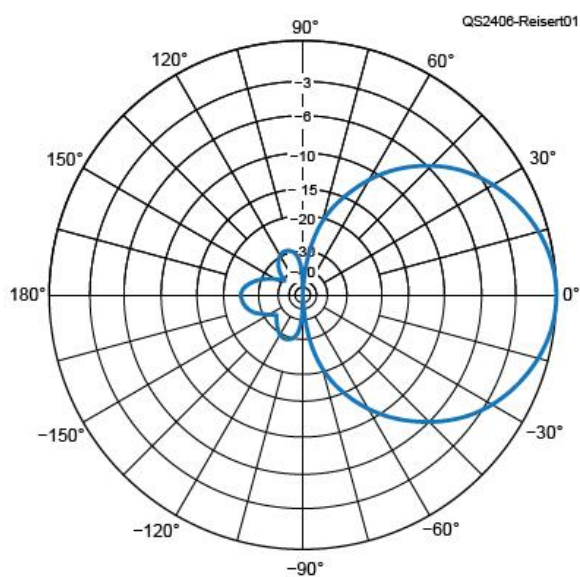
Fot. 4.6.3. Gotowy strojnik

[4.6.1] „The Saxophone Antenna: A True Dual-Band UHF and VHF J-Pole“, Kosta Kropivny, VA7KL, QST 3/2024, str. 30

4.7. Proste poręczne anteny Yagi na pasma 2 i 6 m

Anteny Yagi są dobrym rozwiązaniem dla potrzebujących anten niedużych, a skutecznych. Charakterystyka kierunkowa i impedancja wejściowa zależą od liczby elementów, ich długości, grubości oraz odstępów między nimi.

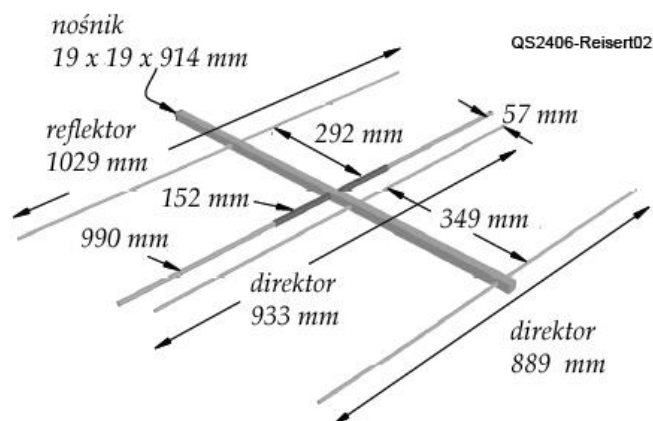
Trzelementowa antena Yagi o długości nośnika $0,35 \lambda$ daje zysk 5 dBd. Optymalne długości krótkich anten Yagi leżą pomiędzy $0,25$ a $0,35 \lambda$. Charakterystykę kierunkową można poprawić umieszczając dodatkowy direktor między promiennik i direktor już istniejący i lekko korygując długości i odstępów elementów. Tłumienie wsteczne wzrasta do ponad 20 dB, a zysk kierunkowy do około 6 dBd. Impedancja wejściowa wynosi 50Ω , a dzięki uniknięciu elementów dopasowujących uzyskuje się szersze pasmo pracy.



Fot. 4.7.1. Antena dwumetrowa zamontowana w pozycji pionowej na trójnogu

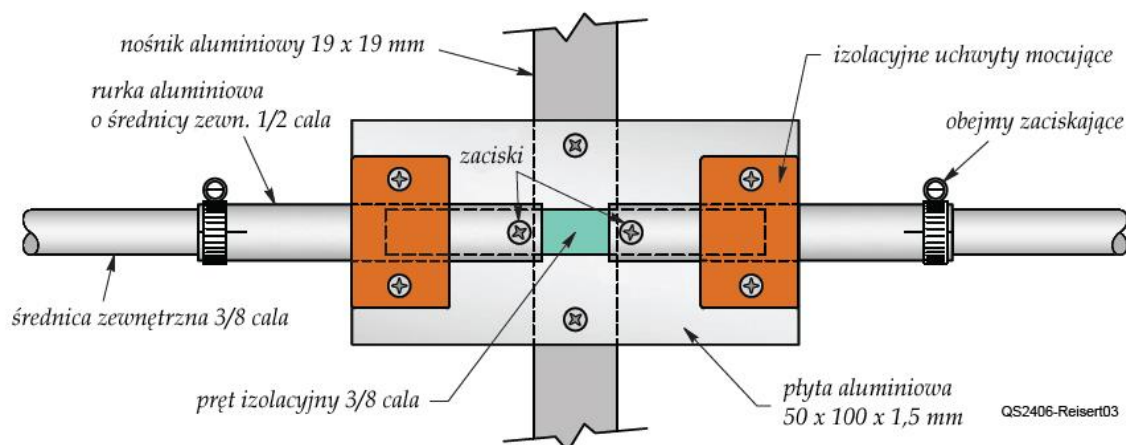
Rys. 4.7.2. Jej charakterystyka kierunkowa symulowana w NEC

Elementy są umocowane na nośniku tak, aby jego tylna część mogła posłużyć do umocowania na maszcie albo do umieszczenia uchwytu do trzymania w ręce. Antena może pracować w polaryzacji pionowej albo poziomej.



Rys. 4.7.3. Wymiary anteny dla pasma 2 m, elementy mają średnice 4,8 mm. Promiennik składa się z dwóch części: środkowej o średnicy zewnętrznej pół cala i przedłużenia wykonanego z rurki 3/8 cala

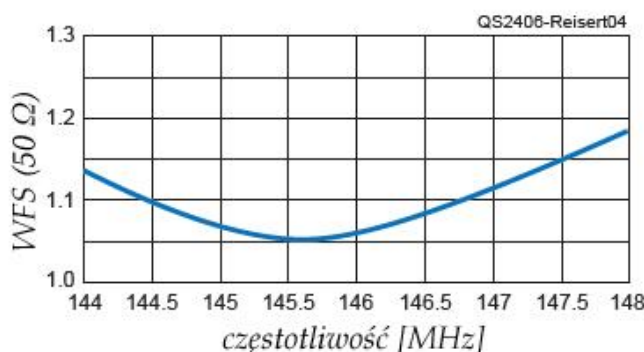
Sposób wykonania promiennika złożonego z dwóch rurek aluminiowych przedstawia rysunek 4.7.4. Środkowa część składa się z dwóch odcinków rurki aluminiowej o średnicy pół cala i elementów przedłużających wykonanych z rurek o średnicy 3/8 cala. Środkowe elementy są połączone za pomocą pręta izolującego mającego również średnicę 3/8 cala. Ich przesuwanie na pręcie pozwala na dostrojenie długości wibratora na minimalny WFS. Przy dobrym dopasowaniu promiennika WFS w całym paśmie dwu-metrowym nie przekracza 1,15. Linia zasilająca jest podłączona bezpośrednio do połówek promiennika. Jej pierwszy odcinek powinien mieć długość co najmniej 60 cm i być wykonany z kabla o małej średnicy (np. RG-58). Na kabel należy założyć kilka tulejek ferrytowych tworzących dławik dla fali powierzchniowej. Antena ma impedancję wejściową 50Ω i nie wymaga dodatkowego dopasowania. Reflektor i direktory są wykonane z prętów aluminiowych o średnicy 5 mm.



Rys. 4.7.4. Szczegóły konstrukcji promiennika



Fot. 4.7.4a. Zasilanie anteny dwumetrowej

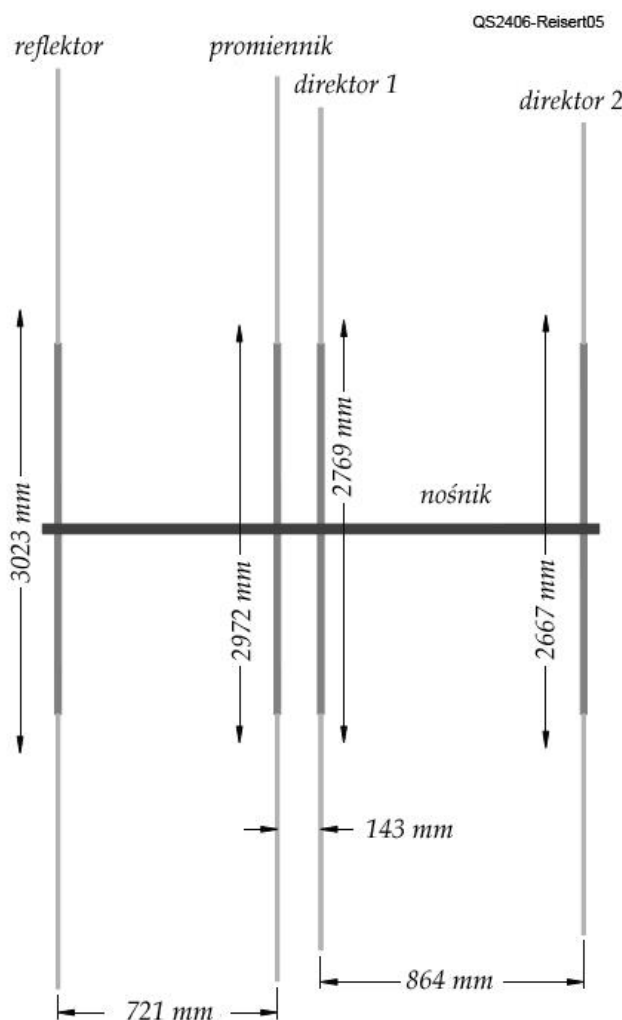


Rys. 4.7.5. Przebieg WFS w paśmie 2 m

Wymiary czteroelementowej anteny Yagi na pasmo 6 m przedstawia rys. 4.7.6. Nośnik został trochę skrócony, do $0,29 \lambda$ ($\sim 1,81$ m), aby dostosować go do typowych kształtowników dostępnych w sklepach [w USA]. Zysk kierunkowy leży o kilka dziesiątych części decybelu poniżej 6 dB. Elementy anteny wykonano z rurek aluminiowych o średnicy 5/8 cala, grubości ścianek 1,5 mm i długości 122 cm. Końcowe części elementów są wykonane z rurek półcalowych. Konstrukcja środkowej części promiennika jest podobna jak dla anteny na pasmo 2 m, tylko płyta aluminiowa ma większe wymiary.

Reflektor i direktory powinny być zamontowane w podobny sposób jak promiennik za pomocą uchwytów izolujących na płytkach aluminiowych przymocowanych do nośnika anteny. Pierwszy odcinek linii zasilającej powinien mieć długość przynajmniej 30 cm i być wykonany z kabla RG-58 lub podobnego. Dławik fali powierzchniowej składa się z co najmniej 5 tulejek ferrytowych, a przy mocach powyżej 250 W – z co najmniej siedmiu na kablu RG-303 lub podobnym. Dalszy ciąg linii zasilającej, szczególnie dla pasma 2 metry powinien być wykonany z kabla możliwie niskustratnego, zwłaszcza przy większych długościach.

Nośnik anteny powinien być umocowany na maszcie za pomocą płyty aluminiowej 15 x 15 x 0,5 cm. Krótka antena na pasmo 2 m może przydać się przy pracy w terenie lub w łącznościach ratunkowych, natomiast antena na pasmo 6 m może służyć początkującym miłośnikom tego pasma. Wymiary konstrukcji można łatwo przeliczyć na wyższe pasma krótkofalowe.



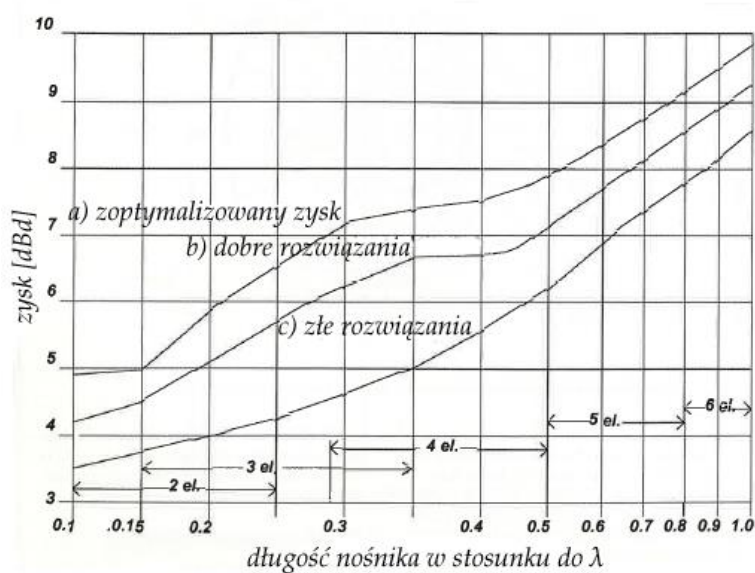
Rys. 4.7.6. Wymiary czteroelementowej anteny o długości $0,29 \lambda$ na pasmo 6 m



Fot. 4.7.7. Montaż elementów biernych w antenie na 50 MHz



Fot. 4.7.8. Zasilanie promiennika w antenie na 6 m



Rys. 4.7.9. Zależność zysku kierunkowego anten Yagi od długości nośnika i liczby elementów

[4.7.1] „Simple, Small 2- and 6-Meter Yagis”, Joe Reisert, W1JR, QST 6/2024, str. 30

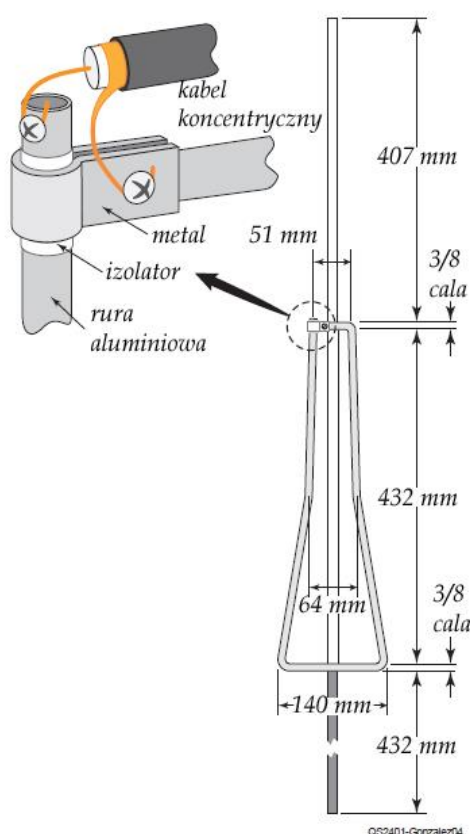
[4.7.2] „Yagi/Uda Antenne Design“, Joe Reisert, W1JR, *Communications Quarterly* 4/1998, str. 49

4.8. Antena *Astroplane* na pasmo 2 m

Antena na pasmo 2 m oparta jest na opatentowanej w 1971 roku w USA pod numerem 779,942 półfalowej antenie krótkofalowej na pasmo 11 m (CB) konstrukcji Louisa J. Martino opisaną w punkcie 1.2.13. *Astroplane* składa się z pionowego dipola skróconego o $1/8$ fali dzięki obciążeniu pojemnościowemu na szczycie. Dolna część składa się z dwóch skierowanych w dół elementów ćwierćfalowych połączonych z ćwierćfalo-wym pierścieniem. Antena promieniuje pod kątami $10 - 15^\circ$ i daje zysk 4 dBi. Konstruktor przeliczył proporcjonalnie wymiary anteny CB 27 MHz na pasmo 2 m. Powstała w ten sposób antena o nie-wielkich rozmiarach i łatwa do ukrycia. Na rys. 4.8.1 podano jej wymiary dla częstotliwości 146 MHz. Z symulacji za pomocą MMANA-GAL wynika, że jej zakres pracy dla WFS nie przekraczającego 2 wynosi prawie 10 MHz.



Fot. 4.8.1. Widok ogólny anteny



Rys. 4.8.2. Wymiary anteny

Konstruktor zrezygnował z obciążenia pojemnościowego na wierzchołku, dlatego górny element jest dwa razy dłuższy niż gdyby był obciążony pojemnościowo. Uzyskuje się dzięki temu szerszy zakres pracy. Górny element został wykonany z półcalowych rurek aluminiowych. Pełni on zarazem funkcję masztu.

Rurę PCW, na której antena jest umieszczona można rozciąć i góry na długości kilkunastu centymetrów i po włożeniu do niej rury aluminiowej zacisnąć nierdzewną obejmą. Dwa dolne ramiona są wykonane z rur aluminiowych o średnicy $3/8$ cala. Obie rury należy rozciąć na końcu, tak aby można było użyć odcinków rur półcalowych do zmiany ich długości w celu ich dostrojenia na minimum WFS. Do ich umocowania należy użyć nierdzewnych obejm do rur.

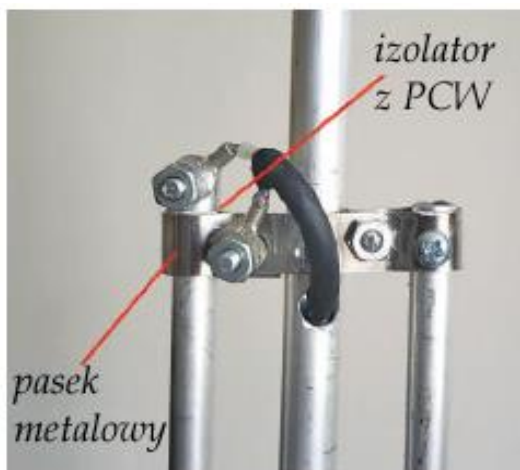
Pętla u dołu anteny jest wykonana z płaskownika aluminiowego o długości 483 mm i szerokości 19 mm. Zwinięty płaskownik tworzy okrąg o średnicy 140 mm. Końce płaskownika należy skrócić ze sobą za pomocą śrub ze stali nierdzewnej. Końce rur należy spłaszczyć i przymocować do okręgu za pomocą śrub nierdzewnych. Sposób połączenia ich z pętlą i szczegóły zasilania anteny pokazano na ilustracjach. Środkowy przewód kabla jest połączony z jednym z ramion dolnych a ekran z drugim i z elementem pionowym.

Konstruktor przeliczył wymiary anteny krótkofalowej na pasmo 2 m, więc pozostaje jeszcze pole do praktycznej optymalizacji anteny. Dla osiągnięcia minimalnego WFS należy dopasować długość elementu pionowego i ramion dolnych starając się zachować ich proporcję.

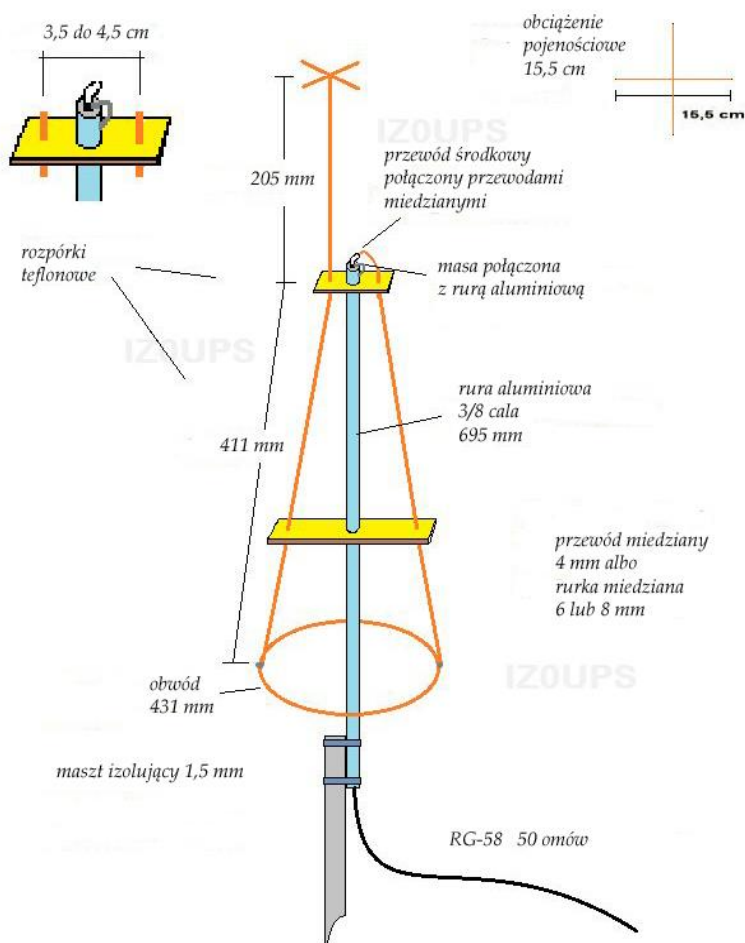
Antena sprawuje się dobrze zarówno w łącznościach bezpośrednich jak i przez przemienniki. Wykazuje ona również rezonans w paśmie 70 cm, ale konstruktor próbował na razie tylko łączności przez najbliższy przemiennik. Najprawdopodobniej kąt promieniowania będzie się różnił w porównaniu z pasmem 2 m.



Fot. 4.8.3. Szczegóły konstrukcji dolnej części



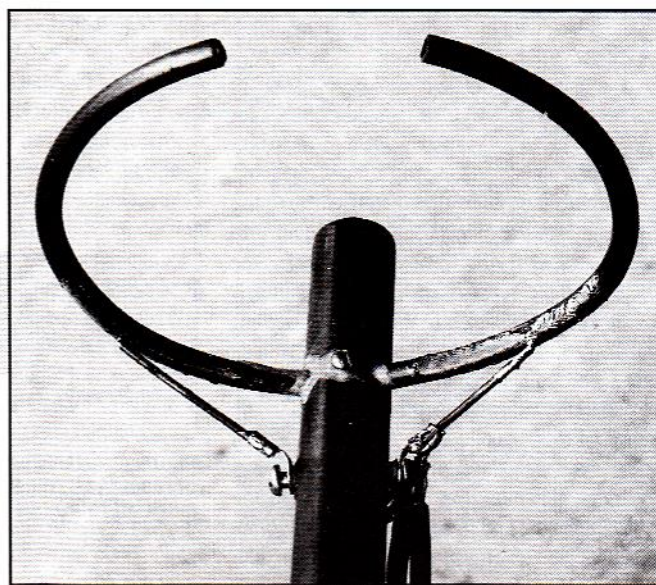
Fot. 4.8.4. Szczegóły zasilania anteny



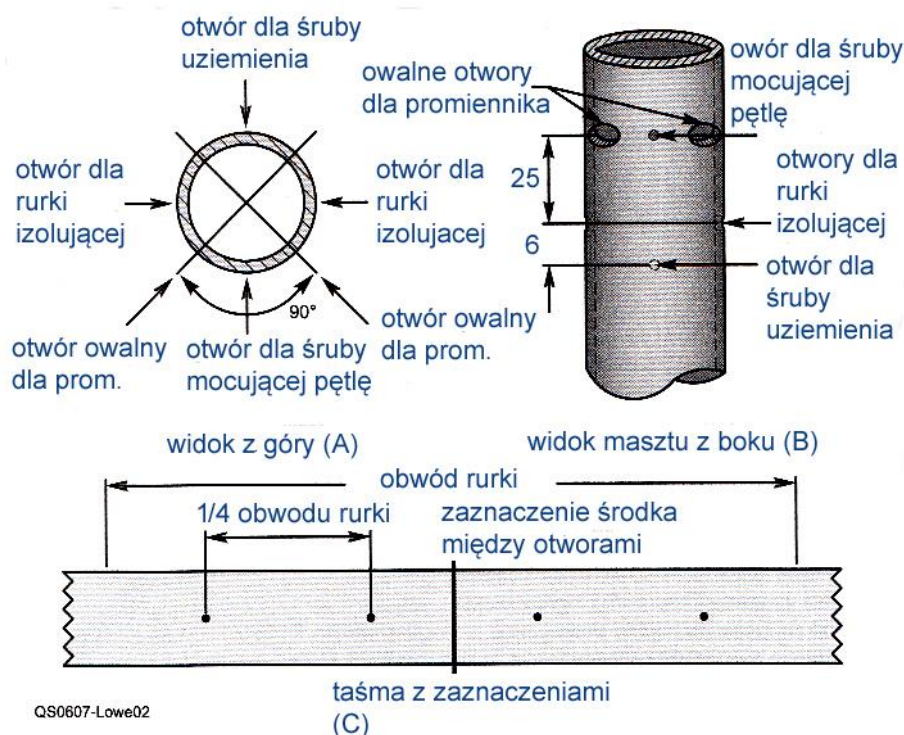
Rys. 4.8.5. Antena *Astroplane* na pasmo 2 m konstrukcji IZ0UPS

[4.8] "Modifying a Forgotten 1970s Antenna", Francisco Gonzales, TI2LX, QST 2/2024, str. 35

4.9. Dipol pętlowy na pasmo 70 cm



Fot. 4.9.1. Widok anteny



Rys. 4.9.2. Szczegóły konstrukcji mechanicznej

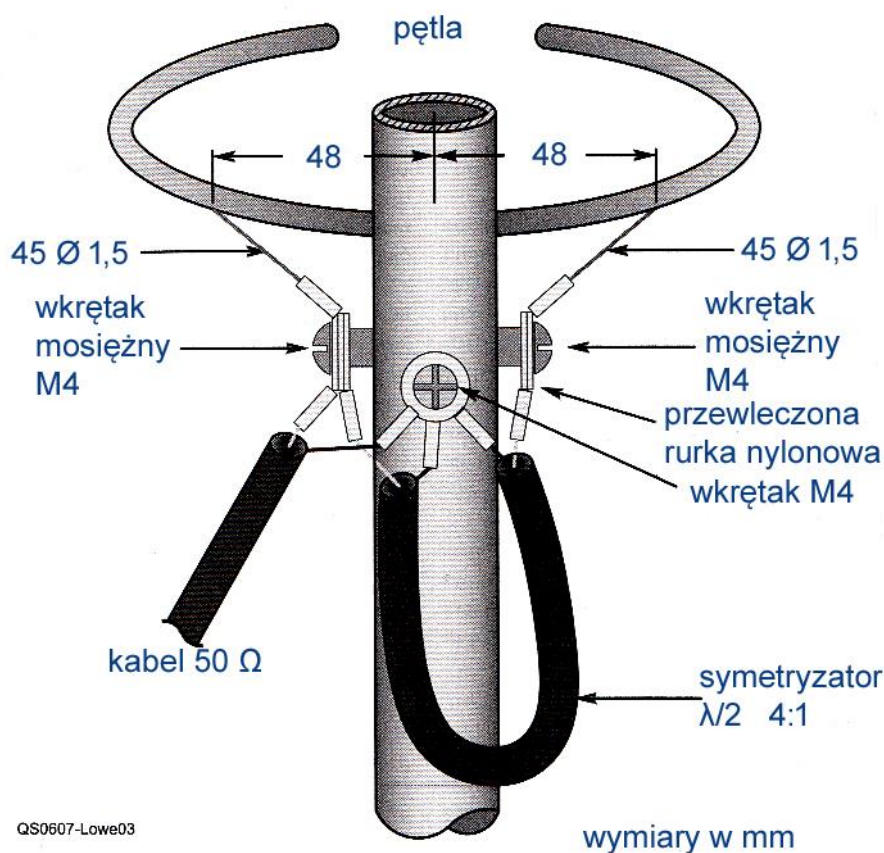
Opisana w [L.2] antena pętlowa konstrukcji K4QF jest prosta w budowie i zajmuje mało miejsca. Możliwe jest także wykorzystanie jej w antenach piętrowych. Promiennik jest wykonany z miedzianej rurki instalacyjnej o średnicy 1/4 cala i ma długość 330 mm. W antenie zastosowano do dopasowania obwód delta i symetryzator półfalowy wykonany z kabla koncentrycznego. Promiennik jest przewleczony przez otwory w maszcie, który stanowi rura miedziana o średnicy 3/4 cala. Po prowizorycznym umocowaniu go za pomocą śrubki należy go przylutować do rury masztu. Przez otwory znajdujące się 2,5 cm poniżej należy przewlec nylonową rurkę izolacyjną o długości 2,5 cm, tak aby po obu stronach wystawała na długości około 3 mm. Tworzy się w ten sposób izolator dla połączeń linii zasilającej

i symetryzatora z promiennikiem. Jako transformatora symetryzującego i w linii zasilającej użyto kabla RG-58. Przy mocach powyżej 100 W należy zastosować kabel o większej mocy dopuszczalnej.

Średnica pętli wynosi w przybliżeniu 10 cm, ale nie jest konieczne jej dokładne przestrzeganie. Szczegóły konstrukcji mechanicznej i elektrycznej przedstawiono na ilustracjach 4.9.2 i 4.9.3.

Układ dopasowujący typu delta jest wykonany z gołego przewodu o średnicy 1,5 mm przylutowanego do promiennika. Transformator koncentryczny z RG-58 ma długość 302 mm. Na każdym z końców należy usunąć zewnętrzną izolację na długości 19 mm aby można było zebrać razem przewody ekranu i połączyć z punktem uziemienia, którym jest śruba do drewna M4 wkręcona do otworu w rurze masztu. Pozostała zaizolowana część kabla ma długość około 245 mm.

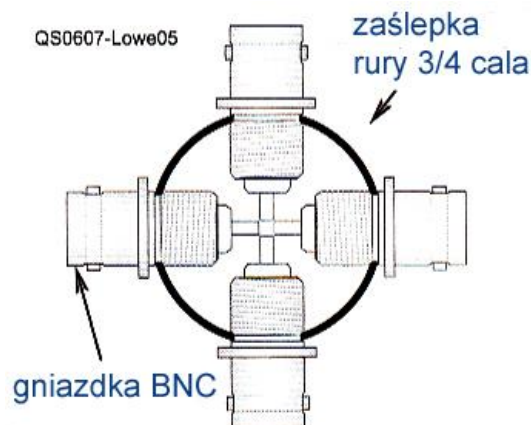
Wkręcone do otworów powyżej mosiężne śruby do drewna M4 podtrzymują izolację, przez którą przeprowadzone są przewody środkowe kabli.



Rys. 4.9.3. Konstrukcja anteny

Antena piętrowa składa się z czterech pętli umieszczonych nad sobą w odstępach $5/8 \lambda$ czyli 406 mm dla 432 MHz. Całkowita wysokość anteny wynosi 1,19 m, a jej zysk w stosunku do anteny pojedynczej wynosi 6 dB.

Wypadkowa impedancja wejściowa czterech anten wynosi w tym przypadku $12,5 \Omega$. Do jej dopasowania zastosowano ćwierćfalowy odcinek linii 25-omowej uzyskanej przez równoległe połączenie odcinków kabla RG-58 o długościach 95 mm. W celu połączenia kabli na ich końcach usunięto izolację na długości 6 mm. Transformator jest wbudowany do ćwierćfalowego odcinka rury miedzianej $3/4$ cala. W zaślepce na jednym z jej końców umocowane są cztery gniazdka BNC, których kontakty środkowe zostały skrócone tak, żeby można je było zlutować razem, a w zaślepce na drugim końcu gniazdo BNC dla linii zasilającej. Odcinki kabla łączącego gniazdka transformatora z antenami mają równe długości.

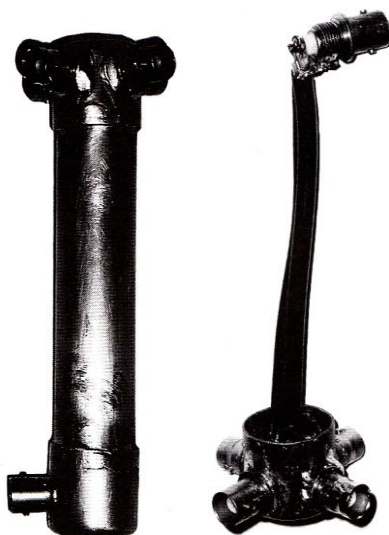


Rys. 4.9.4. Połączenie gniazd w dzielniku mocy



Rys. 4.9.5. Linia 25-omowa

Dla dopasowania dwóch anten (czyli wypadkowej impedancji 25Ω) potrzebny jest ćwierćfalowy odcinek linii $37,5 \Omega$ uzyskanej przez równoległe połączenie odcinków kabla 75-omowego. Charakterystyka promieniowania anteny pętlowej, zarówno pojedynczej jak i piętrowej jest w przybliżeniu dookólna.



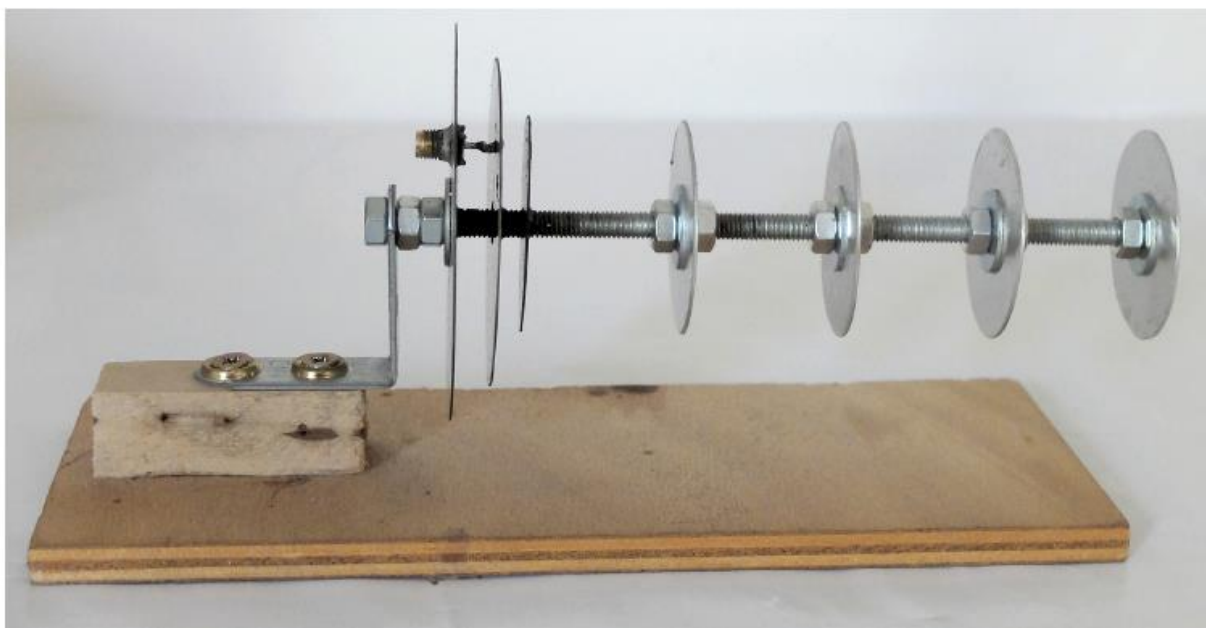
Fot. 4.9.6. Dzielnik mocy w obudowie

Fot. 4.9.7. Otwarty

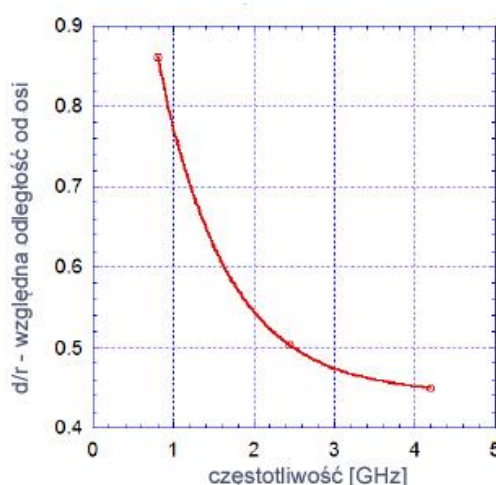
5. Anteny na pasma 23 i 13 cm

5.1. Antena tarczowa na pasmo 13 cm

Anteny tarczowe charakteryzują się prostotą konstrukcji, znaczną kierunkowością i umiarkowaną szerokością pasma. Są one stosowane głównie z zakresie 1 – 4 GHz. W przedstawionym rozwiązaniu jest ona zasilana przez 2-elementową antenę planarną i zawiera dodatkowo 5 dyrektorów stanowiących cylindryczną strefę falowodową zawężającą charakterystykę promieniowania w porównaniu z listkiem anteny planarnej. Dodatkową zaletą jest to, że nie wymaga ona symetryzatora. Względna szerokość pasma dopasowania dla WFS nie przekraczającego 2 wynosi 5 – 7%. Jest ona ograniczona przez właściwości części planarnej gdyż odcinek falowodowy pracuje w szerokim zakresie częstotliwości. Wymiary anteny zależą od częstotliwości pracy i zysku kierunkowego.



Fot. 5.1.1. Antena tarczowa na 2,45 GHz



Rys. 5.1.2. Względna odległość punktu zasilania od środka dysku dla impedancji wejściowej 50Ω i $h/r = 0,21$

Nośnik opisanej anteny na częstotliwość 2450 MHz stanowi nagwintowany pręt, a tarcze są zamocowane na właściwych pozycjach za pomocą nakrętek (fot. 5.1.1).

W konstrukcji założono średnicę reflektora $2r$ równą długości fali i stosunek odległości promiennika od reflektora h równy $0,21 r$. Względna odległość punktu zasilania od środka promiennika w stosunku do promienia r przedstawia wykres na rysunku 5.1.2. Czerwonym kwadracikiem zaznaczono częstotliwość $2,45$ GHz i odpowiadający jej stosunek d/r .

Odległość dysków dla strefy falowodowej przyjęto na $0,25 \lambda_0$ (długości fali w powietrzu, wynoszącej $122,45$ mm).

Wymiary anteny uzyskane w oparciu o symulację w programie HFSS podaje tabela 5.1.1. Dyski są wykonane ze stali ze względu na stabilność mechaniczną, ale można je też wykonać z brązu.

Tabela 5.1.1

Dane anteny dla częstotliwości $2,45$ GHz ($\lambda_0 = 122,45$ mm)

Parametr	Wartość	Parametr	Wartość
Całkowita długość	137,0 mm	Średnica nośnika	5,9 mm
Grubość dysków	0,5 mm, nie jest krytyczna	Średnica reflektora	122,4 mm
Średnica promiennika	66,05 mm	Odstęp reflektor-promiennik	6,93 mm
Odległość środkowego kontaktu SMA od osi	14,97 mm	Odstęp 1 direktora od promiennika	7,65 mm
Średnice direktorów	47,7 mm	Odległość między direktorami	30,6 mm
Szerokość wiązki (-3 dB)	44°	Zysk kierunkowy	12 ± 0,5 dBi
Szerokość pasma (WFS < 5	5%	Długość strefy falowodowej	1 λ_0

[5.1.1] „Build Your Own ‘Gun’ (Disk Yagi) Antenna“, Jean Claud Hénau, Franck Daout, QEX 5 – 6/2022, str. 14

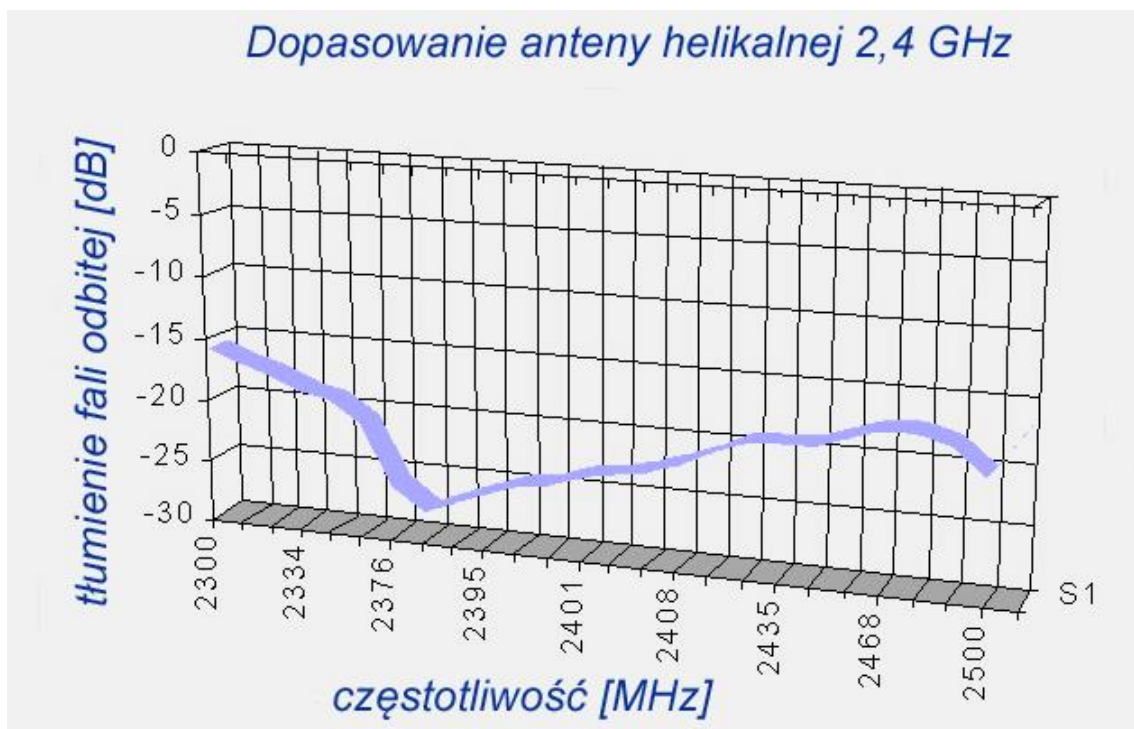
5.2. Antena helikoidalna na pasmo 13 cm

Opisana w poz. [5.2.1] antena helikoidalna ma polaryzację kołową prawoskrętną, zysk kierunkowy około 16 dBi i szerokość listka głównego na poziomie -3 dB 27°. Na nośniku o długości 68 cm nawiniętych jest 16 zwojów przewodu.

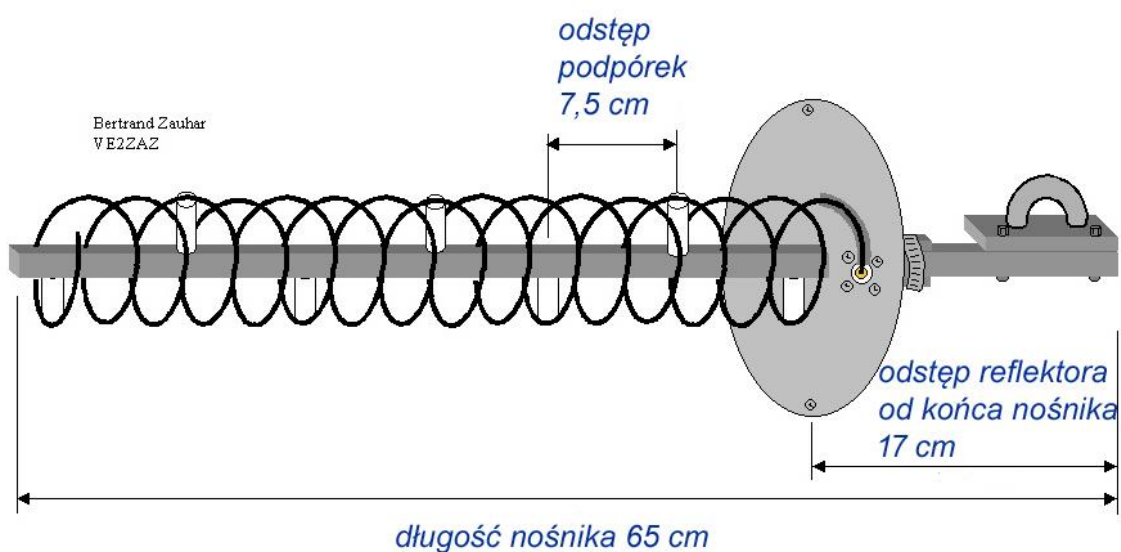
Tabela 5.2.1

Wymiary anteny

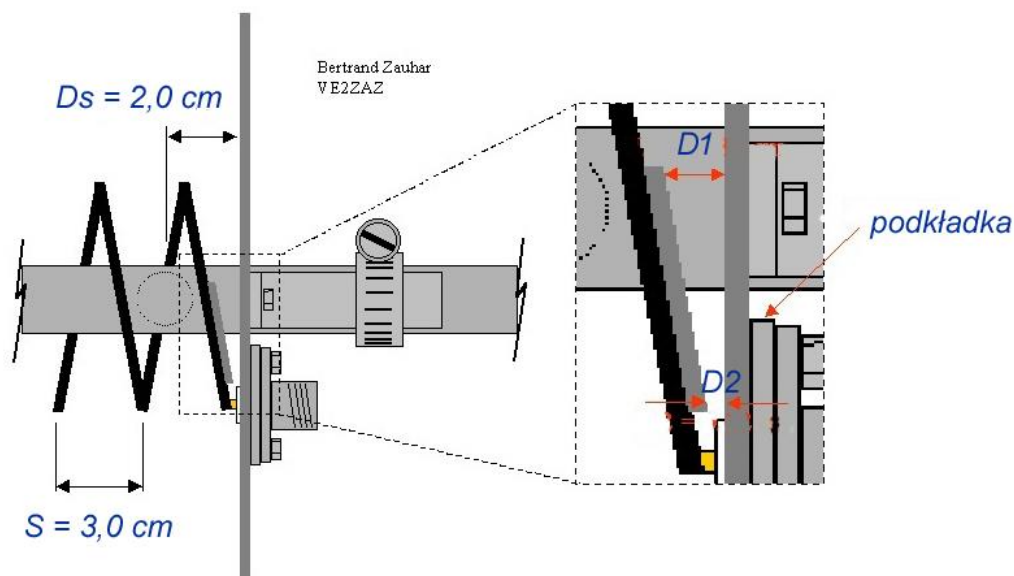
Parametr	Wymiar	Parametr	Wymiar
Długość fali	$\lambda = 12,5$ cm	Długość nośnika	$L_n = 68$ cm
Odległość od tylnego końca nośnika do reflektora	$l_r = 18$ cm	Skok zwoju	$S = 0,24 \lambda = 3,0$ cm
Średnica zwojów anteny	$D_z = 4,6$ cm	Średnica reflektora	$D_{ref} = 10 \lambda = 12,5$ cm
Odstępy między podpórkami	$l_s = 2,5 \times S = 7,5$ cm	Szerokość linii paskowej dopasowującej	$W = 0,6$ cm
Odległość góry linii paskowej od reflektora	$D_1 = 0,3$ cm	Odległość dołu linii paskowej od reflektora	$D_2 = 0,12$ cm
Odległość pierwszej podpórki od reflektora	$D_s = 2,0$ cm	Promień zwoju anteny	$R = 0,184 \lambda = 2,3$ cm
Obwód zwoju	$1,18 \lambda = 14,75$ cm	Szerokość pasma	Patrz rys. 5.2.1



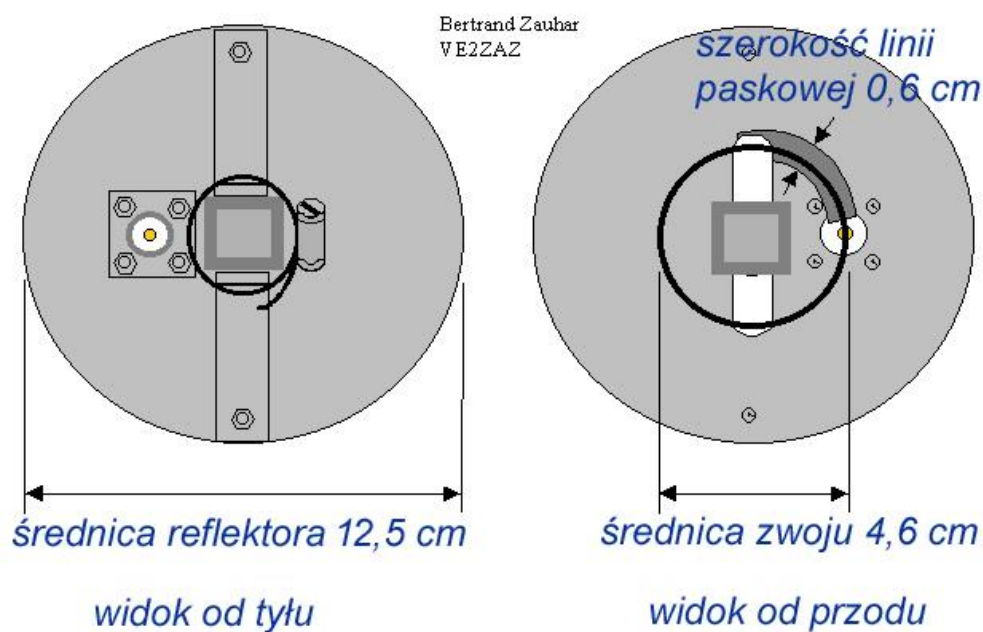
Rys. 5.2.1. Tłumienie fali odbitej w funkcji częstotliwości. Tłumieniu -15 dB odpowiada WFS 1,43, -20 dB – WFS 1,22, -25 dB – WFS 1,12



Rys. 5.2.2. Konstrukcja anteny



Rys. 5.2.3. Szczegóły konstrukcji anteny i reflektora, widok z boku. Linia paskowa jest przylutowana do przewodu



Rys. 5.2.4. Szczegóły konstrukcji anteny, widok z przodu i z tyłu

[5.2.1] <https://24ghzhelixantenna.blogspot.com/2010/02/specifications-type-helicoidale-helix.html> – opis anteny

Dodatek A

Antena KF – 6 m typu MFJ-1898

MFJ-1898 jest wielopasmową anteną pokrywającą zakres 40 – 6 m i przeznaczoną do pracy terenowej. Jak każda antena o mniejszych wymiarach jest rozwiązaniem kompromisowym między wielkością i skutecznością, ale charakteryzuje się konstrukcją odporną na trudne warunki pracy i przystępna ceną. Składa się ona z cewki przedłużającej umieszczonej u dołu i elementu teleskopowego ze stali nierdzewnej o długości 2,21 m. Przy całkowitym złożeniu anteny ma ona długość 55 cm i daje się łatwo transportować, a w pełni wyciągnięta – 262 cm. Dół jest zakończony śrubą o średnicy 3/8 cala (fot. A.1) pasującą do wielu typów podstaw, trójnogów itp. Dobre rezultaty daje dodanie kilku (przykładowo pięciu) przeciwwag trzymetrowych położonych na ziemi.



Fot. A.1. MFJ-1898 ma długość 55 cm przy całkowitym wsunięciu elementów (po lewej)

Fot. A.2. Praca terenowa z anteną umocowaną na dachu samochodu. Wewnątrz podziałka ułatwiająca dostrajanie

Jest ona wyposażona w dopracowany mechanizm strojenia pozwalający na przechodzenie z jednego zwoju cewki na następny. Należy poluzować pierścień mocujący u dołu anteny i przesunąć całość w górę lub w dół aż do uzyskania najniższego WFS. Dla ułatwienia dostrajania mechanizm jest wyposażony w podziałkę, dzięki czemu użytkownik może sobie zapisać optymalne położenia dla poszczególnych pasm (fot. A.2). Wyniki pomiarów przedstawia tabela A.1. Najczęściej korzystne położenie wypadało w dolnej części cewki. W pasmach 10 i 6 m po przejściu do dolnej pozycji konieczne było skrócenie części teleskopowej o 15 – 25 cm.

Zakres dopasowania dla WFS < 2 ma w paśmie 40 m szerokość 50 kHz i rozszerza się dla wyższych częstotliwości. Dla radiostacji wyposażonych w automatyczną skrzynkę antenową uzyskanie dobrego dopasowania nie jest większym problemem. Dotyczy to w szczególności pasm 40 i 30 m.

Maksymalna dopuszczalna moc doprowadzona wynosi 125 W, co nie stanowi praktycznie ograniczenia dla nadajników 100 W przy pracy emisją SSB. Dla emisji cyfrowych o stałej obwiedni, takich jak FT8 zaleca się jednak obniżenie mocy nadawania.

Antena dobrze sprawdziła się w pracy terenowej emisjami SSB i FT8 w paśmie 20 m w niekorzystnych warunkach propagacyjnych. Wyniki w paśmie 40 m były nieco gorsze, ale można było się tego spodziewać ze względu na jej małą długość.

Anteny o małych wymiarach zawsze stanowią kompromis między ich wielkością i skutecznością, ale MFJ-1898 okazała się być udanym kompromisem. Dodatkową zaletą jest jej odporna na niekorzystne warunki konstrukcja.

Tabela A.1

Dostrojenie anteny MFJ-1898 (pomiar WB8IMY, nie zweryfikowane w laboratorium ARRL)

Częstotliwość [MHz]	WFS	Podziałka
7,18	2	12,9
10,1	1,8	6,7
14,1	1,2	3,3
18,1	1,4	2,7
21,1	1,4	1,9
24,9	1,4	1,2
28,4	1,5	0 (skrócona część teleskopowa)
50,125	1,3	0 (skrócona część teleskopowa)

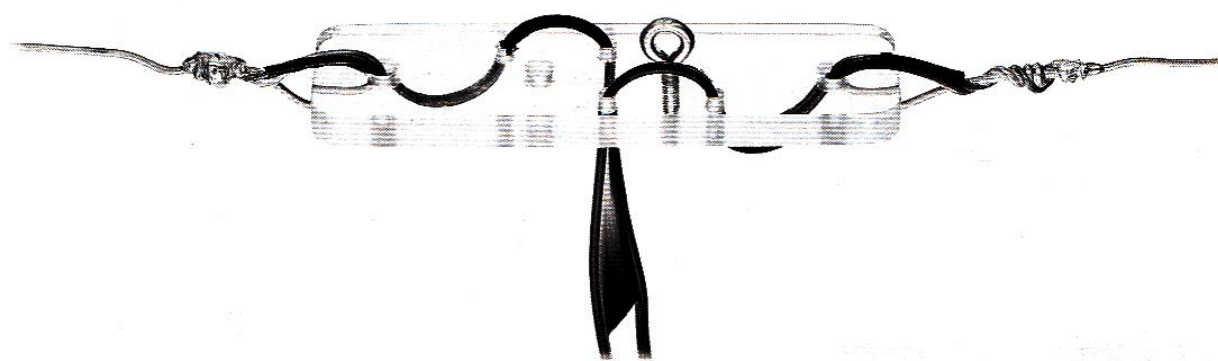
[A.1] „MFJ-1898 Portable HF 6-Meter Antenna“, Steve Ford, WB8IMY, QST 8/2023, str. 45

Dodatek B

Izolator środkowy dla anten dipolowych

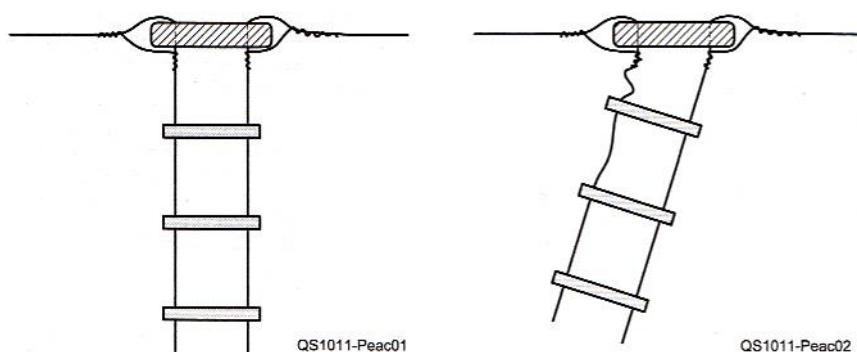
Linia zasilająca wywiera najmniejszy wpływ na charakterystykę jej promieniowania gdy jest doprowadzona do niej pod kątem prostym. Pod wpływem wiatru może się ona odchylać od pionu powodując zafałdowanie jednego z przewodów i naciąganie (przeciążanie) drugiego jak to pokazano na rysunku B.2 po prawej stronie. Aby uniknąć tej niekorzystnej sytuacji w opisanym izolatorze symetryczna linia zasilająca jest doprowadzona w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny anteny. Unika się w ten sposób nierównomiernego obciążenia przewodów przy bujaniu się linii pod wpływem wiatru.

W przedstawionym rozwiązaniu końce przewodów linii są przeprowadzone przez dodatkowe otwory tak, aby nie naprężyły się pod wpływem ciężaru linki antenowej. Jako linii zasilającej można użyć płaskiego kabla drabinkowego o impedancji falowej 450 Ω .



Rys. B.1. Widok izolatora z przeprowadzonymi przewodami linii i jej doprowadzeniem prostopadłym do przewodu anteny

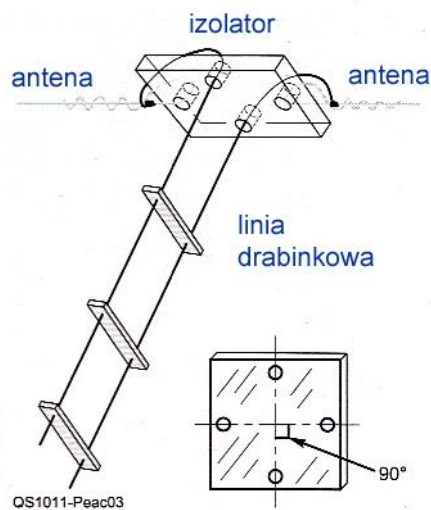
Izolator konstrukcji W2GFF opisany w poz. [L.2] został wykonany z płytki z tworzywa sztucznego – polikarbonatu – wytrzymałego mechanicznie i odpornego na wpływ promieniowania ultrafioletowego. Jej grubość i rozmieszczenie otworów podano na ilustracji B.4, z tym, że wymiary są zaokrąglonymi wynikami przeliczeń z wartości calowych podanych w oryginale. Ich zmiana na wygodniejsze nie wpłynie negatywnie na właściwości izolatora. W przypadku zastosowania kabli o innej grubości przewodów można oczywiście bezproblemowo dopasować średnice otworów. Autor sugeruje nawiercenie najpierw otworów o małej średnicy i późniejsze rozwiercenie ich do ostatecznych wymiarów.



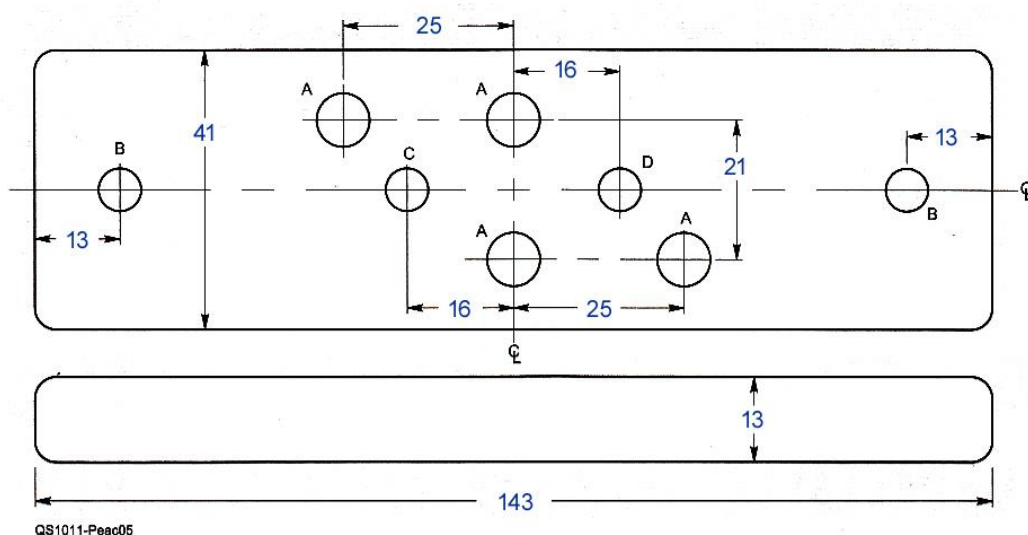
Rys. B.2. Klasyczny izolator podłużny z linią symetryczną doprowadzoną w płaszczyźnie anteny po lewej stronie i jej odchYLENIE w bok pod wpływem wiatru

Linia zasilająca powinna być doprowadzona na środku płytki izolatora. Otwory powinny też zostać lekko rozwiercone wiertłem o większej średnicy, aby uniknąć ostrych krawędzi mogących uszkodzić

izolację. Jedynym krytycznym wymiarem jest odstęp otworów A, który musi odpowiadać odstępowi przewodów linii (na rysunku B.4 21 mm). Ich średnica dla kabla 450 Ω wynosi 4 mm.



Rys. B.3. Izolator środkowy z poprzecznie doprowadzoną linią symetryczną



Rys. B.4. Wymiary izolatora. Na rysunku podano zaokrąglone wymiary wynikające z przeliczenia wymiarów całowych z oryginału

Literatura i adresy internetowe

- [L.1] Roczniki 2019 – 2026 Świata Radio, Funkamateura, CQDL, QST, QEX i QSP
- [L.2] „Small Antennas for Small Spaces“, Steve Ford, WB8IMY, ARRL 2025, wydanie 3
- [L.3] Strony internetowe podane na końcach rozdziałów

W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca” dotychczas ukazały się:

- Nr 1 – „Poradnik D-STAR”, wydanie 1 (2011), 2 (2015), 3 (2019) i 4 (2021)
- Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS” (2011)
- Nr 3 – „Technika słabych sygnałów” Tom 1 (2011)
- Nr 4 – „Technika słabych sygnałów” Tom 2 (2011)
- Nr 5 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 1 (2011)
- Nr 6 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 2 (2011)
- Nr 7 – „Packet radio” (2011)
- Nr 8 – „APRS i D-PRS” (2012)
- Nr 9 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 1, wydanie 1 (2012)
- Nr 10 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 2, wydanie 1 (2012)
- Nr 11 – „Słownik niemiecko-polski i angielsko-polski” Tom 1 (2012)
- Nr 12 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 1 (2012)
- Nr 13 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 2 (2012)
- Nr 14 – „Amatorska radioastronomia” (2012)
- Nr 15 – „Transmisja danych w systemie D-STAR” (2013)
- Nr 16 – „Amatorska radiometeorologia”, wydanie 1 (2013) i 2 (2017)
- Nr 17 – „Radiolatarnie małej mocy” (2013)
- Nr 18 – „Łączności na falach długich” (2013)
- Nr 19 – „Poradnik Echolinku” (2013)
- Nr 20 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 1 (2013)
- Nr 21 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 2 (2013)
- Nr 22 – „Protokół BGP w Hamnecie” (2013)
- Nr 23 – „Technika słabych sygnałów” Tom 3, wydanie 1 (2014), 2 (2016) i 3 (2017)
- Nr 24 – „Raspberry Pi w krótkofalarstwie” (2014)
- Nr 25 – „Najpopularniejsze pasma mikrofalowe”, wydanie 1 (2015) i 2 (2019)
- Nr 26 – „Poradnik DMR” wydanie 1 (2015), 2 (2016) i 3 (2019), nr 326 – wydanie skrócone (2016)
- Nr 27 – „Poradnik Hamnetu” wydanie 1 (2015) i 2 (2021)
- Nr 28 – „Budujemy Ilera” Tom 1 (2015)
- Nr 29 – „Budujemy Ilera” Tom 2 (2015)
- Nr 30 – „Konstrukcje D-Starowe” (2015)
- Nr 31 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 3 (2016)
- Nr 32 – „Anteny łatwe do ukrycia” (2016)
- Nr 33 – „Amatorska telemetria”, wydanie 1 (2017) i 2 (2022)
- Nr 34 – „Poradnik systemu C4FM”, wydanie 1 (2017), 2 (2019) i 3 (2021)
- Nr 35 – „Licencja i co dalej” Tom 1 (2017)
- Nr 36 – „Cyfrowa Obróbka Sygnałów” (2018)
- Nr 37 – „Telewizja amatorska” (2018)
- Nr 38 – „Technika słabych sygnałów” Tom 4, wydanie 1 (2018), 2 (2020) i 3 (2022)
- Nr 39 – „Łączności świetlne” (2018)
- Nr 40 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 4 (2018)
- Nr 41 – „Licencja i co dalej” Tom 2 (2018)
- Nr 42 – „Miernictwo” Tom 1 (2019)
- Nr 43 – „Miernictwo” Tom 2 (2019)
- Nr 44 – „Miernictwo” Tom 3 (2019)
- Nr 45 – „Testy sprzętu” Tom 1 (2019)
- Nr 46 – „Testy sprzętu” Tom 2 (2019)
- Nr 47 – „Licencja i co dalej” Tom 3 (2019)
- Nr 48 – „Jonosfera i propagacja fal” (2020)
- Nr 49 – „Anteny krótkofalowe” Tom 1, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 50 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 1, wydanie 1 (2020) i 2 (2022)
- Nr 51 – „Anteny krótkofalowe” Tom 2, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 52 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 2, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 53 – „Anteny mikrofalowe” (2020)

- Nr 54 – „Proste odbiorniki amatorskie” Tom 1 (2020)
 - Nr 55 – „Proste odbiorniki amatorskie” Tom 2 (2020)
 - Nr 56 – „Proste nadajniki amatorskie” Tom 1 (2021)
 - Nr 57 – „Proste nadajniki amatorskie” Tom 2 (2021)
 - Nr 58 – „Mini- i mikrokomputery w krótkofalarstwie” Tom 1 (2021)
 - Nr 59 – „Mini- i mikrokomputery w krótkofalarstwie” Tom 2 (2021)
 - Nr 60 – „DX-y w C4FM” (2021)
 - Nr 261 – „Poradnik DMR” Tom 1, z nru 26, wydanie 1 (2021)
 - Nr 262 – „Poradnik DMR” Tom 2, z nru 26, wydanie 1 (2021)
 - Nr 63 – „Testy sprzętu” Tom 3 (2021)
 - Nr 64 – „Pocztą elektroniczną na falach krótkich”, z numerów 9 i 10, wydanie 2 (2022)
 - Nr 65 – „Testy sprzętu” Tom 4 (2022)
 - Nr 66 – „Mieszanka firmowa” Tom 1 (2023)
 - Nr 67 – „Mieszanka firmowa” Tom 2 (2023)
 - Nr 68 – „System LoRa”, wydanie 1 (2023), 2 (2024), 3 (2025)
 - Nr 69 – „Poradnik cyfrowego głosu” (2024)
 - Nr 70 – „Konstrukcje antenowe” Tom 1, wydanie 1 (2024), 2 (2025), 3 (2026)
 - Nr 71 – „Mieszanka firmowa” Tom 3 (2024)
 - Nr 72 – „Testy sprzętu” Tom 5 (2024)
 - Nr 73 – „Poradnik DMR” Tom 3 (2024)
 - Nr 74 – „Mieszanka firmowa” Tom 4 (2025)
 - Nr 75 – „Instrukcja obsługi FTDX10 (2025)
 - Nr 76 – „Testy sprzętu” Tom 6 (2025)
 - Nr 77 – „Historyczna technika krótkofalowców” Tom 1 (2025)
 - Nr 78 – „Mieszanka firmowa” Tom 5 (2025)
- Nr 356 – „Słownik historycznych terminów z elektroniki i radiotechniki” (2020)

W serii „Biblioteka historii techniki” dotychczas ukazały się:

- Nr H1 – „Praprzemysł na ziemiach polskich”, Tom 1, wyd. 1 (2024)
- Nr H2 – „Witelon”, wyd. 1 (2024)
- Nr H3 – „Praprzemysł na ziemiach polskich”, Tom 2, wyd. 1 (2025)

