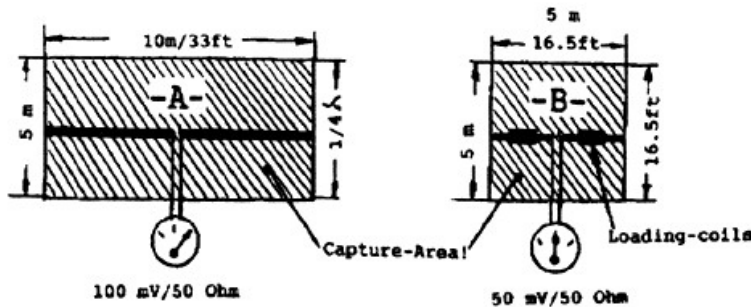


אנטנה Vertical Endfed Dipole מאת אלי קובו 4X4LH

אחרי הרבה שנים שדיברתי עם הרבה תחנות רחוקות עם אנטנה Yagi מסתובבת מטיפוס Fritzel בעלת 3 אלמנטים, ובשלב יותר מאוחר הסבתי אותה לארבעה אלמנטים, הנה עברתי דירה ולרוע מזלי מצאתי את עצמי עם גג מלא קולטי שמש ותקופה של רגישות הציבור לאנטנות. נאלצתי לסרוק מחדש את שניתן לקרוא על אנטנות טובות כדי לחלץ את עצמי מהמלכודת של שידור ללא אנטנה טובה. אחד הדברים הראשונים שהתגלו לי שאנטנה פשוטה לכאורה יכולה להשיג תוצאות דומות לאנטנה של שלושה אלמנטים, לשלושה גלים, ומסתובבת, אל תחנת ה DX ! אני רואה גבות מתרוממות... המשך לקרוא ותבין מה הכוונה ! אביא כאן קצה קצהו של סיור עמוק וממושך במקורות למיניהם. שימוש באנטנות אנכיות אפוף במיסטיקה, פחד ובורות ! ננסה להתנער במקצת מזה... ניגש לכמה חוקי יסוד בשטח האנטנות:

1. אנטנה המיועדת לגל אחד-Monoband- יותר טובה מאלה שמכילות אילווצים ופשוטות, כמו קיצור אורך האלמנטים, דרישה להתאמה לכמה גלים, להיות זולה, להיות קלה להרכבה ועוד.
2. אנטנת דייפול אופקית בגובה אופטימלי של 1/2 אורך גל, מקרינה כלפי האופק אך גם כלפי מעלה - כלומר תחנות קרובות יחסית, המקרינות כמוה 70-90 מעלות כלפי היונוספירה – ומוחזרות ארצה באותה זווית, גורמות את מיטב ה QRM ל DXers .
3. כל פגיעה והחזרה מהיונוספירה (hop) גוזלת מהאות שלנו כ 10 dB
4. אנטנת Yagi משיגה הרבה DX בזכות ריבוי האלמנטים והקרינה המרוכזת שלה. אבל זווית יציאת הקרינה - Take off עדיין גבוהה (ראה שרטוטו 2) הגורמת להחזרות מיותרות מהיונוספירה שמחלישות את האות המגיע לתחנת ה DX !
5. אנטנה אנכית של 1/4 אורך גל עם 15 רדיאלים מגיעה סך הכל ליעילות קרינה של 50% .
6. אנטנה טובה מושפעת מאד מעצמים שבסביבה - בתים, אנטנות אחרות, עצים וכו' !
7. אל תפרק אנטנה שעובדת טוב כדי לפנות מקום ואמצעים לאנטנה יותר טובה, אלא רק לאחר שהוכחח שהחדשה נותנת את התוצאות המצופות! חוקי Murphy פועלים במלוא עוצמתם על אנטנות...

ניתן לעשות הערכה של טיב אנטנה בלי שמוש מוגבר בנוסחאות, ע"י חישוב השטח שהאנטנה מציעה לגל האלקטרומגנטי העובר בקרבתה, משהו כמו "חבית רחבה קולטת יותר גשם מחבית צרה".



שרטוט 1: הערכת יעילותה של אנטנה

לפנינו תרגיל פשוט להערכת יעילותה של אנטנה. ע"י חישוב השטח האפקטיבי של שתי אנטנות ל 20 מטר ניתן לאמוד את יכולתן ללכוד מקסימום קוי כח של הגל האלקטרומגנטי המגיעים אליהן. יש להכפיל את אורך האלמנט

$$\text{ברבע אורך גל שמסביבו וכך } A = 10 \times 5 = 50 \text{ מ"ר}$$

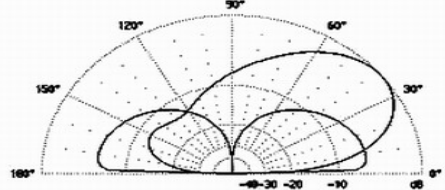
$$\text{ואנטנת B רק } B = 5 \times 5 = 25 \text{ מ"ר}$$

האנטנה השנייה בעלת 50% שטח קולטת במיליוולטים של מתח 6dB פחות! החשבון הזה מסתמך על סלילים (ב B) ללא הפסדים – דבר שלא קיים במציאות – לכן יש להוסיף עוד 2-3 dB של הפסדים. כלומר $-6+(-3) = -9 \text{ dB}$

משדר של 100 W יוציא לאויר ~ 30W. זה בתנאי שהדייפול הנ"ל נמצאת בגובה של לפחות 1/2 אורך גל – ואם לא? – אז כמו במשחק הסולמות – רד בסולם ל 10W וחכה שם שני תורים ל DX המיוחל. על אנטנה נמוכה כזאת נשלם קנס של ~ 4dB שבח לילי. אנו התדרדרנו לסביבת 13 dB- שבח שלילי שפרושו המעשי הוא שהמשדר שלנו (של ה 100 ואט!) מוציא לאויר ~ 7 ואט!

שרטוט 2: קרינה אל האופק של Yagi - 35 מעלות,

לעומת דייפול אנכי- 15 מעלות



כדי לתת מנוחה למוחנו המיוסר, ארשה לעצמי לתת מובאה ממאמר היתולי מחוברת אגודת חובבי הרדיו הגרמנית QRV על 3 צורות להצגת שבח האנטנות ע"י אינטרסנטים למיניהם להסתיר את האמת:

- א. ב dB/d כלומר כלפי דייפול (שהוא ב 2.14 dB יותר מאנטנה איזוטרופית ומשמש בעצמו כקנה מידה- הוא 0dB/d)
- או ב dB/i יחסית לאנטנה מעבדתית – איזוטרופית בעלת שבח של 0 dB
- ב. ב dB/ham כ 6dB יותר מהאמת לאנטנות הנמכרות לחובבים
- ג. ב dB/CB גבוהה ב 10 dB יותר מהאמת (לאלהב Citizen Band שכוחם בבוהן (PTT))

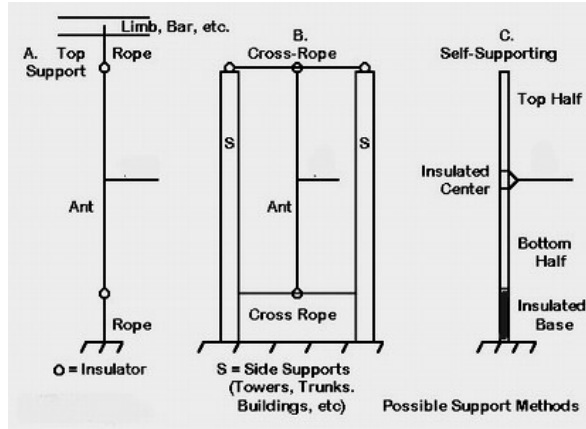
מי יצילנו – ומי יושיענו?

כדי לחזור לטענה הבסיסית בה פתחתי, אביא כמה נקודות שיעזרו להבין את ההסתכלות המודרנית על אנטנות. בזמנו, לאחר מלחמת העולם השנייה התייחסו אל האנטנה כאחד המרכיבים ההכרחיים לשידור: ספק- מודולטור- משדר- אנטנה. את האלקטרוניקה הבינו יפה – האנטנה נשארה ברובה מגיה מיסטית. החובבים דיברו על מאפיינים שהיה להם קל להבין, כמו שבח קדמי ויחס קדימה אחורה (F/B).

היום ההבנה הרבה יותר עמוקה ורחבה. הופעת התוכנות לתכנון ובחינת התנהגות האנטנות על ריבוי הפרמטרים שבה, מאפשרת לבחון ואף להמציא אנטנות בלי לקום מהכיסא. ההיסתכלות על התקשורת היא כמערכת: משדר- אנטנה- יונוספרה-אנטנה-מקלט. בצורה כזאת נכנסת לחשבון זווית הקרינה של אנטנת השידור כלפי האופק, כאחד הפרמטרים החשובים ביותר של שידור, ובמיוחד לאלה מאיתנו שרוצים שהאות שלנו יגיע בשלום לתחנת ה DX ואולי אף להצליח להתגבר על Pile up. חובבים ומקצוענים שלא מבינים את המכניזם המשולב הזה פותרים את בעיית ההגעה ליעד ע"י שימוש בקילואט-ים - "מה שבטוח - בטוח". לעומתם משיגים חובבי ה QRP תוצאות מדהימות עם עוצמות זכור ואנטנה אפקטיבית יעילה ומתואמת היטב! שפו! מוריד את הכובע!

עד עכשיו ירדנו במשחק הסולמות. הגיע הזמן שנתאושש ונעלה מבטינו אל קו האופק!

אחד הדברים הטובים שנוכל לעשות יהיה לעמיד את הדייפול החביב שלנו למצב אנכי. כך נקבל מהדייפול עצמו שבח של 0 dB/d ללא שבח שלילי. למרות שהוא משדר לכל הכוונים מסביב, בחזקת Omnidirectional -- הקליטה מלמעלה כמעט אפס – אין רוסים, אין אירופה, אין QRM! הגל נשמע ריק! רק שלוש תחנות- אחת FR5, השנייה LU והשלישית—JA!! עם ה 100 ואט שלי (ICOM 730) קיבלתי משלושתן 58 בעזרת הדייפול הורטיקלי (והטנאים הטובים). בהזדמנות אביא מידע על תוספת אלמנט לריכוז השידור ושיפור של 3.5dB. אנחנו לא צריכים להיות מודאגים לגבי קיטוב זהה לתחנת ה DX הקולטת אותנו, מכון שהפגיעה ביונוספרה והחזרה ממנה גורמת ממלא לסיבוב בלתי נשלט ובלתי ידוע של קוטביות האות שלנו. לעומת זאת אם נצליח "לחסוך" Hop אחד בדרכו בכך שנשדר בזווית נמוכה—גורוה כ 10dB נוספים. נוכל לבדוק את זה אצל ה DX ע"י בקשה לדיוח השוואתי – Comparative report בין האות שלנו וזה של חובב בסביבה שלנו (זה עם ה Yagi) בתקווה שלא נקלקל את היחסים איתו לאחר מכן Hi.



שרטוט 3: צורות תליה של דיפול אנכי מוזן באמצע: A בניו מחוטים; C בניו מצינורות

דיפול אנכי Center Fed שלא דורש גובה, נעשה על ידי חוט חשמל או כביסה פשוט, תלוי באמצעו של חוט ניילון שמתוח בין שתי נקודות תליה.

עצה א: כדי שחוט הניילון לא ייקרע בגלל עץ שמתנדנד מהרוח כדאי לשים בכל צד גלגלת של חבלי כביסה. - בצד אחד לתלות משקולת למתיחה ובצד השני עודף של חוט כדי לאפשר הורדה קלה של האנטנה (בשעת כוון למשל).

עצה ב: לפי חוקי מורפי מעט פעמים קורה שאנטנה עוברת טוב מהפעם הראשונה. אם היג"ע גבוה, הדבר הראשון ואולי היחיד שיש לעשות הוא לדאוג לקיצורה או הארכתה (של שני החציים באותה מידה) עד להכנסתה לתחום העבודה.

עצה ג: על כבל הקואקס להתרחק מהאנטנה בניצב לה כדי למנוע את קירבתו לאחד החצאים המשרדים. מכוון שיש לנו עסק עם שני חצאים זהים ומאוזנים יש לחבר את הקואקס לאנטנה ע"י Balun 1:1

בנייה קשיחה כדאי לעשות ע"י צנורות אלומיניום (רח' סלמה 43 ת"א) בקוטר 40 – 50 מ"מ בתחתית. ההזנה באמצע האנטנה ע"י הפרדת שני החצאים באמצעות צינור PVC לבן מטיפוס Schedule 40 עם עובי דופן של 4 מ"מ (בחנויות לחומרי בניין ו/או גן). באמצע הדיפול כידוע העקבת היא 72 אוהם. נוכל להשתמש ישירות בקואקס של 50 אוהם מתוך ידיעה שה יג"ע יהיה 1,44:1 (72:50=1,44) ראה פסקה קודמת. ההזנה ע"י קואקס! ? הקואקס שתלינו בו כל כך הרבה תקוות משחק איתנו משחק נבזה מכוער ומאכזב!

ה Shield הסוכך על החוט האמצעי המוביל את הזרם לחצי אחד של הדיפול, מחובר בעצמו לחצי השני של הדיפול. כאן בא הצד החיצוני של הסיכוכך ואומר - "לא מעניין אותי מה אתם עושים שם בפנים - אני מחובר לחצי השני ואין מי שימנע ממני מלקחת חלק בשידור וזאת לכל אורכי" - עד המשרד! ! כאן נזכרים בערגה באותו מזין אנטנות (600 אוהם) בצורה של סולם ללא הפסדים וללא קונצים...כאך הפסקה בשידור...אנו נאלצים לבנות Choke בצורה של סליל קואקס כדי לעצור את המזימה! ! התופעה הנלווה הזאת נקראת Common mode currents הסליל הזה ימנע מהקואקס להפוך בעצמו לאנטנה (כמו שקרה לי) ולשדר לכוונים בלתי צפויים בסביבה ולהשמע בטלפונים אלוטריים, מחשבים, מערכות הגנה של דירות - ובטלוויזיות של השכנים הכי"נחמדים". את הדיפול נוכל לבנות מחוט או צינורות בלי לחצות אותו באמצע! ניזן אותו בקצהו התחתון (Endfed) Halfwave כאשר הוא מבודד ויושב על בקבוק זכוכית. המדקקים מניחים את הצינור על כדור זכוכית או חרסינה שמאפשר לצינור לרעוד בלי להעביר רעידות אלה לגג בניין. העקבת Z בקצה התחתון, לפי התאוריה, היא אינסופית (הזרם = 0, המתח = אינסופי) אך למזלנו זה קורה רק אם החוט הוא בעובי 0. השימוש בחוט בעובי

2 מ"מ מוריד את העקבת לכמה אלפי אוהמים ~ 4500 אוהם. שימוש בצינורות מוריד את העקבת עוד יותר מוריד גם את Q ובכך מרחיב את רוחב הפס של האנטנה. וכדי שהמשדר יראה 50 אוהם נוכל לתאם בין שתי העקבות הנ"ל בעזרת קו הזנה של 450 אוהם הסגור בקצהו הרחוק מהאנטנה ואורכו יהיה 1/4 אורך גל. איך ולמה דווקא העקבת הזאת? נוסחת התאום בין עקבות אומרת הכפל את העקבות אחת בשניה והוצא השורש – תקבל את עקבת הביניים שתתאם בין שתיהן:

$$\sqrt{Z_{load} * Z_{coax}} = Z_{coupl}$$

$$4500 * 50 = 225000 \quad \sqrt{225000} = 474 \text{ Ohm} \quad \text{קו ההזנה יהיה בסדר הגודל הזה}$$

אם החוט מצופה בידוד יש להכפיל ב Velocity factor $V=0.91$. לא להיבהל! הדבר הזה אומר בסך הכל שמהירות התפשטות הגל האלקטרומגנטי בחלל – אור, רדיו הוא $C=300,000 \text{ km/sec}$ ואם אנחנו מתעקשים להוביל אותו דרך חוט נחושת ועוד מצופה בפלסטיק – מהירותו יורדת! כדי שיגיע בכל זאת בזמן המצופה צריך לקצר את הדרך (אורך החוט) ב 9%. בקואקס "המהולל" RG 8 U האטת הגל הוא ~ 32%, $V=0.68$! אצלי נשארו מהימים עברו 10 מברדי חרסינה לבניית קו כזה (ראה תמונה 5), אך אפשר לעשות בקלות 10-15 חתיכות של $2 \times 6 \text{ ס"מ}$ מבסיס פוליאסטר של מעגלים מודפסים (ללא הנחושת), לקדוח חורים במרווח של 5 ס"מ. יש להשחיל את המברדים במרחקים של ~ 40 ס"מ אחד מהשני ולקבע אותם במקומם. חוט אחד של קו ההזנה מחובר לתחתית צינור האנטנה בעזרת באנד – החוט השני לא מחובר בכלל! (ראה שרטוט 4). מכוון שקו זה היא א. קו פתוח וב. מאונך - יש למתוח אותו שיהיה באוויר ולהרחיקו מהרצפה. מאותה סיבה יש להתחבר אליו דרך בלון 1:1 או 4:1. מקום התחברות של 1:1 יהיה קרוב לקצה הסגור (~50 אוהם) ובלון 1:4 יימצא במרחק של 40 ס"מ מהקצה הסגור בנקודות X X. כדאי לחבר לקצות הבלון קרוקודילים כדי להקל על חיפוש נקודות המינימום של SWR (בסוף יש להלחיס). לא לשכוח לגלגל את קצה הקואקס עצמו לסליל של 10 ליפופים בקוטר 20 ס"מ כמו סליל לכל דבר, או להשתמש בחתיכת צינור ביוב בקוטר של 15-20 ס"מ. יש לדאוג שישאר בצורה של סליל ולהרחיקו ממתכות, קירות, מרזבים וכו'. קצה אחד שלו חבר לבלון והקצה השני לארקה קרובה והמשכו כמובן להמשדר. כדאי שיהיה בסביבה סוג טוב של ארקה – צינור מים ללא חלקי פלסטיק או אל הברזל של הבנין. כנגד הגשם כדאי לכסות את החיבורים ב RTV או דבק חם נוזלי. כדי לתת דוגמא לקו כזה ל 14.200 mHz הנה החשבון:

$$300:14.20 = 21.126 \text{ meter} \quad 1.126:4 = 5.28 \text{ meter} \quad 5.28 * 0.91 = 4.78 \text{ meter}$$

$$C/F = \text{Lambda} \quad L/4 = 1/4 L \quad 1/4 L * V = \text{Feeder length}$$

יש לזכור שאפקט האטת הגל בקו ההזנה - קורה גם בצינור האנטנה! יש להפעיל את V של אלומיניום

$$L_{tot} = L / 2 * V \quad (0.9 \sim)$$

$$21.126 / 2 * 0.9 = 9.50 \text{ meter}$$

אם לא ניקח את זה בחשבון נגלה שהאנטנה ארוכה מדי והתהודה

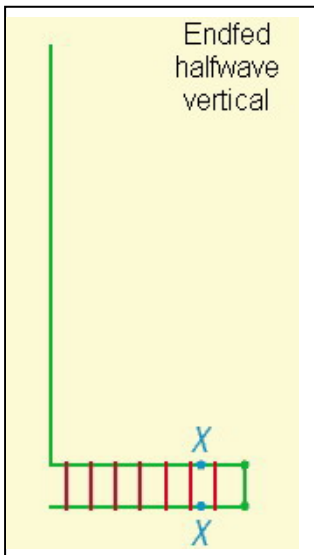
שלה אי שם ב ~ 13,5mHz כמו שקרה לי, וגרם לכמה עשרות

עליות וירידות לגג – אבל חסכתי עלות של חדר כושר!

בחוק יסוד 6 לעי"ל (Rules of thumb): עצמים בסביבת האנטנה

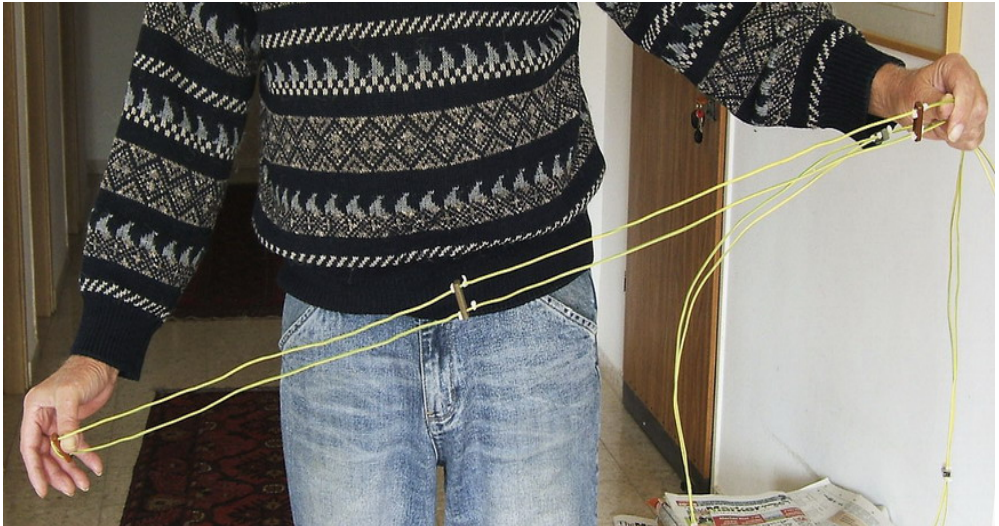
משפיעים על אנטנה טובה (במקרה שלנו) בכך שמקלקלים

את תבנית הקרינה ומורידים גם הם את תדירות התהודה!



שרטוט 4: תאום העקבות באנטנת End fed halfwave ע"י Ladder line

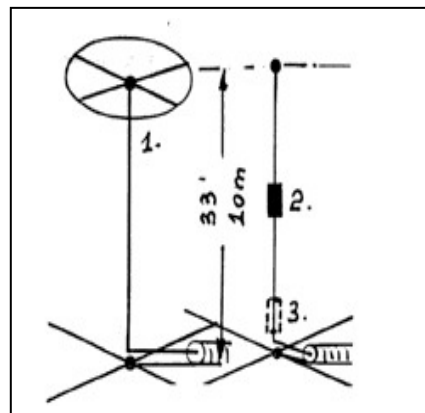
עד עזשיו דובר על דיפול. עם בוא השפל בפעילות כתמי השמש והחלשות התנאים על 10, 15, ו 20 מטר, ודאי יהיו כאלה שיירצו לשדר על הגלים הארוכים יותר (40, 80 מטר) בהם דרושה אנטנה ארוכה. למעטים מאיתנו אפשרות להקים אנטנה של 1/2 אורך גל לשידור ב 80 מטר שאורכה "רק" 40 מטר. הפתרון לבעיה הזאת הוא, באין



שרטוט 5: חלק מקו ההזנה שלי

ברירה - קיצור האורך, (בלי שהמסדר יירגיש בכך) אך תוך תשלום קנס גבוה של ירידת יעילות הקרינה באחוזים או ב db's on Air. כאן אביא טבלה המראה את כמות ההפסדים האלה בהעמסת אנטנות קצרות מדי לתדר השידור, לפחות שנדע איזו היא הצורה הכדאית ביותר! (ראה גם שרטוט 6). מהטבלה למטה מתברר שההפסדים הקטנים ביותר הם בהעמסה ע"י כובע בקצה העליון של אנטנה מקוצרת. קיצור כזה דורש רדיאלים כדי לספק את התדמית (Image) של החלק החסר.

	<u>Gain</u>	<u>Radiation Efficiency</u>	
Top loaded (by "hat")	-10 dB	10%	1
Center loaded (by coil)	-19dB	1%	2
Base loaded (by coil)	-20dB	1%	3



שרטוט 6: צורות העמסה של אנטנות קצרות מהדרוש

פיזיקלית ל 1/2 אורך הגל

עוד דבר שצריכים להזכיר כשמדברים על אנטנות אנכיות הוא הטענה שהן יותר רועשות בקליטה מאחרות. הדעה הנפוצה - בגלל הרעשים מעשה ידי אדם שהם בקיטוב אנכי! לא נכון - טענה שטחית בלא הבנה יתרה! ריתוך הוא בקיטוב אנכי? ניצוצות של מכוניות ומנועים הן בקיטוב אנכי? ראית פעם מבנהו של כולא ברק! שפיץ - חוד שתפקידו למשוך אליו את הברקים הגדולים - ואם אין גדולים אז את הברקים הקטנים הבלתי נראים שקיימים כל הזמן והם חלק ממה שקוראים בהכללה רעש קוסמי. האנטנה שלנו נגמרת בחלקה העליון בצינור דק המזכיר כולא ברקים. התפרקויות של מטעני חשמל סטטי, ניצוצות וברקים ממרחק גדול נקלטים ב"חוד" הזה נשמעים במקלט

שלנו כרעש. ניתן להקטין רעשים אלה במעט ע"י תוספת של כדור מתכת קטן לקצה האנטנה. אפשר למצוא כדורים חלולים כאלה המשמשים לקצוות של קרניזים בחנויות של וילונות.



שרטוט 7: משנק קואקסיאלי נייד שבניתי על צינור ביוב עם קואקס RG 213

אנטנות אחרות בקיטוב אנכי שקטות יותר בזכות העדר חוץ הן - ה Cubical Quad (עם הזנה מהצד), הדלטה לופ
Delta Loop שנמצאת גם בשימוש אצלי – ועוד כמה סוגים מעניינים מאד - על כך בפעם אחרת.

בינתיים 73 ובהצלחה -- אלי 4X4LH

Reference:

ARRL Handbook 1974, 1994 editions

ARRL Antenna Compendium Vol 1, Vol 2, Vol 3

ARRL Hints & Kinks 1993 edition

ARRL Antenna Book 1974, 1994 editions

“Antennenbuch” - Karl Rothammel (DM2ABK-1960) Y21BK Stuttgart 1984

www.cebik.com. L.B.Cebik W4RNL - “Verticals without Vertigo” -

QRV- DARC Periodic fuer FunkAmateuren William Orr W6SAI “Beam Antenna Handbook” 1977

Roy Lewallen K9AY "Feed point Matching"

AA5TB “How to make End fed Antennas work”

Kenny Silverman K2KW “Preferred 20m Antenna for DXpedition”