

# 4XBulletin – (הגל' החדש)

גיליון מס' 64, יוני 2025/06



General Assembly IARC 22.5.25

Photo: Amir 4Z1AR

שלמה גולדשטיין 4X4LF שורד ה-7/10/2023 זוכה בפרס ה-1 באסיפה השנתית IARC-2025

מה בגיליון:

מיני מקלט לחובבים.

איך פועל הקשר בצוללות?

טכני: עוד על גלים עומדים.

ביקור מפעל המייצר ציוד לחובבי רדיו.

המדור בשפה האנגלית English Corner

מפלאי האקוסטיקה.

חדשות האגודה, גלריה ועוד...

## תוכן עניינים

|        |                                        |
|--------|----------------------------------------|
| - 3 -  | דבר העורך מאי 2025                     |
| - 5 -  | אירועים בתמונות                        |
| - 8 -  | האם יג"ע נמדד תלוי בהספק המדידה?       |
| - 11 - | מיני מקלט לתחומי חובבים ובכלל          |
| - 14 - | רשמי ביקור במפעל ACOM, בולגריה         |
| - 17 - | תקשורת תת-ימית בין כלי שיט             |
| - 21 - | the English-language section June 2025 |
| - 23 - | Acoustic Metamaterials                 |
| - 26 - | מידע על אנטנת OptiBeam                 |

## משתתפים בגיליון זה:

|               |       |
|---------------|-------|
| דניאל רוזן    | 4X1SK |
| טים סקרימשואו | 4X1ST |
| משה אינגר     | 4Z1PF |
| מאיר פאלקוב   | 4X6KG |
| מרק שטרן      | 4Z4KX |
| אמיר ברנהולץ  | 4Z1AR |
| צביקה סגל     | 4Z1ZV |
| ישראל לביא    | 4X1UF |
| צביקה גרינברג |       |

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אברהנד 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון. המאמרים אשר לא צויין שמו של המחבר, נכתבו ע"י העורך. משתתפים קבועים: דר' איל רסקין 4X1RE וטים סקרימשואו 4X1ST. תודה על הגהה ליעל בלבן. תודה לצביקה סגל 4Z1ZV ועדו רוזמן 4X6UB על תרומתם המקצועית. לקריאת גיליון זה וגם את קודמיו ניתן להיכנס לאתר: <https://4xbulletin.org/> כתובת המערכת לתגובות, בקשות ומשלוח מאמרים: [4xbulletin@gmail.com](mailto:4xbulletin@gmail.com). אנו משתדלים למצוא קרדיטים – שמות שימוש בחומרים ותמונות לפי חוק זכויות יוצרים 27א'. עיתון זה נכתב ונערך בהתנדבות עבור חובבי רדיו שלא למטרות רווח, יש אפשרות לפרסם קטעים ממנו במקומות אחרים בתיאום עם המערכת.

הערה: המאמרים המופיעים בגיליון זה הם באחריות הכותבים בלבד.



## דבר העורך מאי 2025

מאת: נפתלי בלבן-אוברנהנד, 4Z1RM

הימים חולפים עוברים, המלחמה נמשכת למעלה מ-600 ימים ומספר החטופים קטן והולך. צעות פרשיות מוזרות כמו פטריות לאחר הגשם, וידוע לכולנו שישנן גם פטריות רעילות... חלק מחבריי הינם בעלי דעות השונות משלי. עם זאת, כולם חביבים עליי, ובכל מקרה, כאשר יבוא המשיח, כולנו נחזור להיות אחים איש עם רעהו.

הגענו לגיליון מספר 64 בחמש שנים, כאשר ה-4xbulletin יוצא לאור בדיוקנות מדי חודש בחודשו. החודש הגיליון הופץ באיחור של שבוע. הנני מודיע בזאת כי הגיליונות הבאים עלולים לצאת באיחור מפאת חוסר זמן כרוני שלי (העורך). בשנים האחרונות כתבתי שני ספרים ולא הצלחתי להקדיש זמן לעריכתם ולהוצאתם לאור. לכן בחודשים הבאים אעבוד פחות על העיתון.

הודעות שונות:

1, שלמה גולדשטיין, 4X4LF, ניצל מהתקפת החמאס ב-7 לאוקטובר 2023 על ידי כך שהסתתר בממ"ד בדירתו בכיסופים והצליח לשדר הודעות מצוקה בתדר חובבי הרדיו. הוא עזב את דירתו לאחר ההתקפה ומאז לא שב אליה.



שלמה הגיע לאסיפה השנתית וזכה בפרס הראשון בהגרלה מקמ"ש IC-7300 המעולה!

מזל טוב שלמה, כולנו שמחים אתך ומאחלים לך שתחזור לביתך לאחר גמר השיפוצים.



2. ידידנו העיתונאי דוד הרץ, השוהה בסקוטלנד הידועה בתור ארץ רגועה ומסבירת פנים, טייל לתומו עם כלבו, ולפתע התנפל עליו אדם והכה אותו מכות נמרצות, והאשים אותו כי גנב את כלבו. דוד שהה מספר ימים בבית החולים ושב לביתו כדי להחלים. שכניו התנצלו בפניו על כי כך אירע לו בעיר השקטה. המשטרה אשר חקרה את החשוד, טרם הגיעה למסקנה כלשהי מהו הגורם לתקיפה, אולי התוקף הינו חולה נפש, או שמדובר במעשה של שנאה. החשוד אמר להגנתו כי חשב שדוד הוא גרמני, ולכן תקף אותו. בינתיים התוקף יועמד לדין בעיר Falkirk בסקוטלנד.



3. פרידריכסהאפן: השנה מתכננים חובבים רבים לנסוע ליריד החובבים הגדול באירופה. לאחרונה קשה להשיג טיסות ישירות מאחר וחברות תעופה גדולות אחדות הפסיקו לטוס לישראל בגלל המלחמה המתמשכת. באופן עקרוני ניתן להגיע לפרידריכסהאפן דרך שתי ערים:

האחת – מינכן, ומשם ברכב שכור בנסיעה של כשעתיים וחצי ברכב שכור, או ברכבת.

השנייה – נמל התעופה בציריך, ומשם בתחבורה ציבורית למעגן רומנסהורן באגם קונסטנץ, ולעלות על מעבורת ותוך פחות משעה מגיעים למרכז פרידריכסהאפן בגרמניה. ממומלץ להגיע ליריד בעיקר לחברים האוהבים לפגוש אלפי חובבים מהעולם, לראות ציוד חדיש, אביזרים שונים ושוק של ציוד משומש, וכן להאזין להרצאות במגוון נושאים בתחום התקשורת. בעיר יש טיילת יפה עם מסעדות וגלידריות לאורך האגם, ניתן לערוך בספינות טיולים ולבקר בשני מוזיאונים מעניינים ביותר, מוזיאון צפלין המציג ספינות אוויר מלפני 100 שנים, ומוזיאון המטוסים "דורנייר" בו מוצגים מטוסים מהמאה ה-20 (מומלץ).

4. לחברנו מרק שטרן ברכות ליום הולדתו ואיתולי להחלמה מהירה לאחר הטיפול אותו עבר בבית החולים, שמנע ממנו להגיע לאסיפה השנתית. אך ראינו אותו על המסך הגדול ב-Zoom.

מזל טוב לחברים הוותיקים היקרים אשר חוגגים יום הולדת החודש. (מאת מרק שטרן 4Z4KX).

|         |               |            |
|---------|---------------|------------|
| 1 4X4XX | גולדנברג דודי | 02.06.1948 |
| 2 4X4WA | שמואלי דוד    | 06.06.1949 |
| 3 4X4WN | סודרי דוד     | 06.06.1946 |
| 4 4X1AB | אלון בר-סלע   | 10.6.1935  |
| 5 4Z4KX | מארק שטרן     | 11.06.1950 |
| 6 4X1EL | ליון אהוד     | 16.06.1945 |
| 7 4X4JW | הייזלר נפתלי  | 26.06.1937 |
| 8 4X4PF | צ'חנובר גדעון | 22.06.1944 |

בברכת 73, שלכם העורך, נפתלי בלבן-אברהם 4Z1RM



## אירועים בתמונות

צילם אמיר ברנהולץ 4Z1AR..

האירוע המרכזי לחודש שעבר הייתה האסיפה השנתית של אגודת תקשורת הרדיו הישראלית ה-IARC שהתקיימה בבית יד לבנים ברמת השרון ב-22/5/2025 בהשתתפות של כ-200 חובבי רדיו. הגיעו אנשים מכל הארץ מהגליל העליון ועד אילת בדרום הרחוק. הבאים התקבלו בקפה מעולה, כריכים ושאר ירקות...

האווירה הייתה חגיגית ביותר – כולם חברים של כולם, תארו לעצמכם שאתה מגיע למפגש ופוגש עשרות חברים שאת רובם אולי לא ראית אך שוחחת עמם רבות על גלי האתר. לאחר מכן התקיימה אסיפה על פי המקובל חוק העמותות, חלוקת גביעים ואותות הצטיינות לאלה שהשתתפו בתחרויות שידורי הרדיו בארץ ומחוצה לה.

גולת הכותרת הייתה ההגרלה השנתית בה הוגרלו עשרות פרסים ממכשירים קטנים ועד משדרי רדיו מהמשוכללים בעולם!

כל הכבוד למארגנים מוועד האגודה שטרחו להפיק אירוע כה חשוב, יפה ומהנה.



חובבי הרדיו נפגשים לקפה לפני תחילת האסיפה



ברכת נציג משרד התקשורת מר גדעון שטרית



יש ילדים בין חובבי הרדיו



זאבן בלוך 4X4KX



יורגן 4Z5OI, אירית 4Z1BQ ויוסי 4X1BQ שרון



**דורון אביב 4Z1ZX עם התלמידיו הנחמדים ממועדון חובבי הרדיו 4X4HQ**



**בהפסקה, חובבים שותים קפה על חשבון ה-IARC**



**אלי שחק 4Z1NB זוכה בגביעים רבים על הישגיו בתחרויות**



## האם יג"ע נמדד תלוי בהספק המדידה?

אינגר משה 4Z1PF

האם מדידת יג"ע תלויה בהספק הנמדד? שאלה זו עלתה בקרב אחד החובבים, שהבחין שהספק השידור עשוי להשפיע על ערך היג"ע הנמדד. האם זה כך? ואם כן מדוע?

### קצת תיאוריה

חישוב היג"ע מדיעת ההספק שנע קדימה  $P_f$  וההספק החוזר  $P_r$  יעשה בעזרת המשוואה:

$$VSWR = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_r}{P_f}}}{1 - \sqrt{\frac{P_r}{P_f}}}$$

3. הטבלה הבאה מציגה את הקשר בין ערכי ההספק קדימה, ההספק החוזר, ומדידת היג"ע.

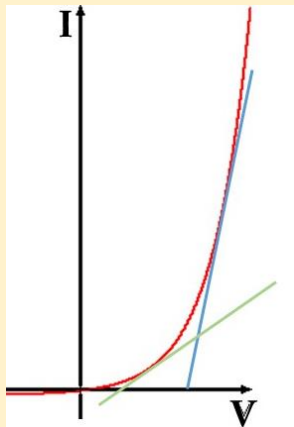
| הספק חוזר (%) | מתח חוזר (%) | VSWR    |
|---------------|--------------|---------|
| 0             | 0            | 1.0: 1  |
| 0.2           | 5            | 1.1: 1  |
| 0.8           | 9            | 1.2: 1  |
| 1.7           | 13           | 1.3: 1  |
| 2.8           | 17           | 1.4: 1  |
| 4.0           | 20           | 1.5: 1  |
| 5.3           | 23           | 1.6: 1  |
| 6.7           | 26           | 1.7: 1  |
| 8.2           | 29           | 1.8: 1  |
| 9.6           | 31           | 1.9: 1  |
| 11.0          | 33           | 2.0: 1  |
| 18.4          | 43           | 2.5: 1  |
| 25.0          | 50           | 3.0: 1  |
| 36.0          | 56           | 4.0: 1  |
| 44.4          | 67           | 5.0: 1  |
| 67.0          | 82           | 10.0: 1 |

דוגמה: נניח שנמדד הספק קדימה של 100 ווט והספק חוזר של 25 ווט. מכאן נובע שההספק החוזר הוא 25% מההספק קדימה (המשודר). מהטבלה ניתן להסיק יג"ע של  $SWR = 3:1$ .

כאשר מגדילים את ההספק פי-10, נקבל הספק של 1000 ווט והספק חוזר של- 250 ווט. מאחר שיחס ההספקים נותר זהה (25%), גם היג"ע יישאר ללא שינוי 1:3. מסקנת ביניים: במבט מתמטי, מדידת יג"ע בהספקים שונים נותנת קריאה עקבית ואינה משתנה. מדוע זה שונה בעולם האמיתי?

על אף הדיוק התיאורטי, מדידות בעולם האמיתי מושפעות ממספר פרמטרים חשובים.

### בעיה ראשונה: דיודות היישור



במדי יג"ע ישנן דיודות שמיישרות את מתח התדר הגבוה למתח ישר. עקב האי ליניאריות של העקום האופייני של הדיודה, במתחים נמוכים ההתנגדות הדינמית שלה גבוהה יותר מאשר במתחים גבוהים. שימוש בטכנולוגיית דיודות איכותיות, כמו דיודות שוטקי, עשוי לשפר את דיוק המדידה.

במודדים ניתן למצוא דיודות כגון: 1N34, 1N270 ועוד. דיודות טובות יותר הן מסוג דיודות שוטקי כמו: BAT81.

באיור מוצגים משיקים שונים לעקום האופייני של הדיודה (עקום אדום). נטיית זווית המשיק מציר X מבטא את ההתנגדות הדינמית בנקודת ההשקה. ככל שהזווית קרובה לניצב, ההתנגדות הדינמית

שואפת לאפס אוהם. לכן בנקודת ההשקה של המשיק הכחול ההתנגדות קטנה יותר מזו של המשיק הירוק. דבר זה קורה במתח V גבוה יותר.

מסקנה: מדידה במתח גבוה (הספק גדול) גורם לפעולת הדיודה בנקודת עבודה (נקודת ההשקה) עדיפה.

במודדי יג"ע בעל שני מעגלי יישור נפרדים, האחד ליישור מתח קדימה והשני למתח החוזר, חייבים להקפיד על זהות העקומים האופייניים של הדיודות.

**בעיה שנייה:** אחוז הדיוק של מכשיר המדידה, הוא ההבדל בין ערך נמדד של גודל פיזיקלי ובין ערכו האמיתי.



רוב מכשירי המדידה המיועדים לחובבים הם בעלי דיוק שנע כתחום שבין 5% ל-10%. נשאלת השאלה מה משמעות נתונים אלו?

מכשיר אופייני אצל החובבים הוא ה-Diamond, כמו מודדים אחרים אחוז הדיוק שלו הוא כ-10 אחוז. במפרט אנו מוצאים את המשפט:

Precision  $\pm 10\%$  of full scale

מכשיר מדידה ברמה אחרת הוא זה- BIRD שהוא חלומם של כל חובב. מחירו כמובן מרקיע שחקים והוא קשה להשגה במחירים סבירים, בדפי הנתונים שלו אנו מוצאים את המשפט: **Accuracy  $\pm 5\%$  of full scale**



### מה המשמעות של נתונים אלו?

דוגמה: נתון המודד שאחוז הדיוק שלו  $\pm 10\%$ . המשמעות היא שבסטייה מרבית של מחוג המודד סטיית המתח תהיה 10 וולט. הכוונה שהמודד מציין קריאה של 100 וולט אך טווח המתחים המעשי יכול לנוע בין 90 וולט ל-110 וולט.



מה קורה במדידות אחרות? לדוגמה בקריאה של 50 וולט? מתח השגיאה של 10 וולט יישאר לאורך כל סקאלת המודד הכוונה שגם בקריאת 50 וולט המתח האמיתי על הדקי המודד יכולים להיות  $50+10=60$  או  $50-10=40$  וולט. ז"א שהסטייה באחוזים מהערך הנמדד יהיה הפעם 20%.

שגיאה משמעותית מאוד שהולכת וגדלה ככול שהמודד מודד מתחים בתחום הנמוך של קריאת המודד.

ההבנה המדויקת של ההגדרות במפרט המכשיר (כל מכשיר) ותוספת מילה או גריעתה גורמים לשינוי מהותי בראיית התמונה הכללית שמציג לנו היצרן.

**מסקנה:** לקבלת תוצאות מדויקות יותר, מומלץ לבצע מדידה בטווח הגבוה של סקאלת המכשיר, או בניסוח שונה: במתח, זרם והספק גבוה ככול האפשר.

הערה: מאמר זה סוקר שני פרמטרים מרכזיים המשפיעים על מדידת יג"ע, אך ישנם פרמטרים נוספים בהם לא דנו אך הם פחות קריטיים ולא מופיעים במפרט מכשירי המדידה של החובב. ביניהם ניתן למצוא שגיאות הנובעות מטמפרטורת הסביבה ושגיאות פרלקסה.

## מיני מקלט לתחומי חובבים ובכלל

קלט, שדרג Firmware וסכם - צביקה סגל 4Z1ZV

בחודשים האחרונים, הלהיט התורן בתחום ציוד שלא חייבים אבל קונים, היה מקלטון זעיר בעלות של כ-100 ש"ח הנכנס בכף היד ומכסה את כל תחום החובבים ב-HF ברציפות וכל המודים, ובנוסף את תחום ה-FM המסחרי.

פשטותו הגאוגרפית והמחיר הנמוך היא תודות לשימוש בשני מודולים מסחריים – צ'יפ SI4732 שהוא מקלט מלא לכל דבר ומודול ESP32 שהוא מעבד זול עם IO מלא ואפילו תמיכה ב-WIFI ו-BT בדגמים מסוימים.



התפעול של המקלט נעשה על ידי אנקודר סיבובי הכולל לחיצה ודרכו מגיעים לשלל תפריטים. למקלטון החביב הזה היו כמה מגרעות שהמהותית שבהן היא זמן התגובה הקצר של האנקודר שדרש מיומנות של מפעיל רחפן על מנת להספיק לברור ולבחור בפריט בתפריט לשליטה כמו תחום תדר, מוד, עצמה ועוד ועוד.

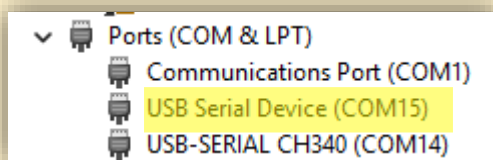
כמקובל אצל חובבי הרדיו, תמיד ימצאו חובבים השמחים לשפר ולשתף את תוצרי הפתוח שלהם, וכבר ניתן למצוא שיפורים לקושחה הקיימת ואפילו קושחה עם עיצוב שונה ועוד כמה פונקציות. יש במרשתת לא מעט סרטונים בנדון ושמתי קישורים לכמה מהם.

כידוע יש חובבים הנהנים לסבך דברים פשוטים, והמאמר הזה ליקט עבורכם את המסלול המהיר לעדכון המקלטון עם מינימום כאב.

מורידים מהקשור הזה את [גרסת העדכון הרשמית האחרונה](#) נכון לכתיבת המאמר הגרסה העדכנית היא V2.26.

פותחים את קובץ ה-ZIP ומאכסנים את הקבצים הנמצאים בו במקום שיקל למצוא כמה דקות לאחר מכן.

מחברים בכבל USB C את המקלטון למחשב, פותחים את מנהל ההתקנים ובודקים את מספר פורט ה-COM שנפתח – במקרה המוצג זה COM15.



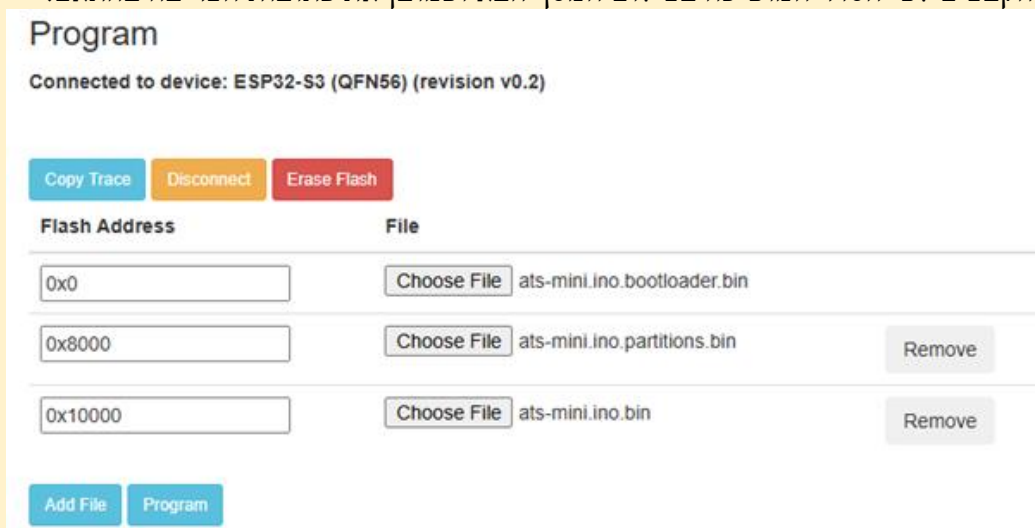
את הצריבה אני ממליץ לבצע בעזרת:  
הכלי האינטרנטי המצוין לצריבה בקשור הזה.



הכלי יפתח בחלון הבא:  
לוחצים על **CONNECT**  
ובחלון שיפתח בוחרים  
את מספר ה-COM  
שזיהינו במנהל  
ההתקנים ולוחצים על  
**CONNECT**  
שבחלונית.

בשלב זה יורדים

"קומה" ומתחילים לבחור את קבצי הצריבה על ידי לחיצה על **Choose File**, בחירת הקובץ וכן סימון הכתובת לצריבה. אחרי בקובץ הראשון לוחצים על **Add File** וכן הלאה. חשוב מאוד לשים את הקבצים לפי הסדר המופיעה בצילום המסך הבא וכמובן את כתובות הצריבה בהתאם.



לאחר שמוודאים שהקבצים בסדר הנכון והכתובות מתאימות, לוחצים על Program וממתנים להודעה בתחתית המסך:

```
Writing at 0x14025c... (96%)
Writing at 0x145eaa... (98%)
Writing at 0x14b9f5... (100%)
Wrote 1314304 bytes (832778 compressed) at 0x10000 in 9.298 seconds.
Hash of data verified.
Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
```

בשלב הזה ניתן לנתק את הכבל USB, לכבות ולהדליק מחדש את המקלט וליהנות מהשדרוג...

לאילו מאתנו שרוצים גרסה שונה שכתב G8PTN המוסיפה יכולת לשלוט בבהירות ומציגה גם S-METER מאיר עיניים במקום סרגל התדרים המקורי, יותר שליטה ברזולוציה ועוד, **ניתן להוריד אותה מכאן**. נכון לכתיבת המאמר הגרסה העדכנית הייתה V1.01.



למען הגילוי הנאות, הגרסה החדשה מוסיפה כמה יכולות חדשות, אבל גורעת רבות אחרות הקיימות בגרסאות המקור המשופרות. המלצת המערכת להשתמש בגרסאות הבית המעודכנות. ללהוטים לרכוש מקלטון כזה, אז כיום יצאה כבר גרסה חדשה המגיעה צרובה עם הגרסה החדשה, כוללת כמה שיפורי חומרה כמו הוספת מגבר שמע, RF מארז משופר וכיו"ב תמורת עוד כמה \$.

בקיצור – כל אחד מוזמן להתקין להתרשם וליהנות מעוד מוצר חביב שלא ממש חייבים ☺.

**קישורים:**

**קישור לסרטון הדרכה של Tech Minds**

**Web Based Flasher Utility**

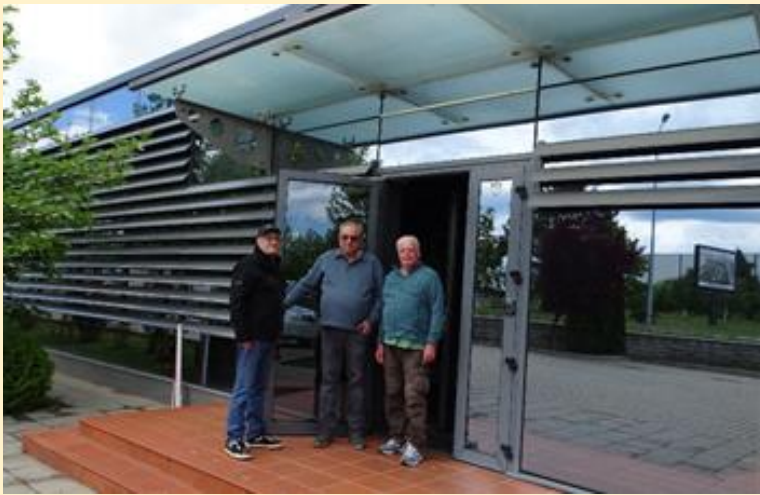
**לאילו שאוהבים לשלוט ולסבול Windows Flash Tool**



## רשמי ביקור במפעל ACOM, בולגריה מאי 2025

ביקר וכתב: ישראל לביא 4X1UF

מפעל ACOM ממוקם באזור התעשייה בסמוך לסופיה בירת בולגריה ומתפרש על 6 מבני תעשייה על שטח כולל של 20 אלף מ"ר. הוזמנתי לביקור במפעל בתור נציג ACOM בארץ. התקבלתי בסבר פנים יפות על ידי מנכ"ל החברה מר Vassil Vassilev הידוע בכינויו VASKO שהוא גם כמובן חובב רדיו בזכות עצמו, בעל אות הקריאה LZ1JK. ליווה אותי גם ידידנו חובב הרדיו ייבגני LZ5GB



בכניסה ל-ACOM, מימין: ישראל 4X1UF, ווסקו LZ1JK וייבגני LZ5GB

חברה ACOM שולטת במספר חברות-בת בתחומים רבים ומגוונים: בנוסף לציוד לחובבי רדיו, לדוגמא - מערכת מתוחכמת לסילוק ציפורים משדות תעופה, שדות חקלאיים, ומערכות הגנה לטורבינות רוח. בעיית הציפורים מטרידה מדינות רבות וגרמה לאסונות תעופה וקורבנות בנפש. החברה מייצרת רחפנים מתוחכמים לאותה מטרה. מפעל ACOM מייצר הכל בעצמו ללא קבלני משנה, כולל עיבוד מתכת, ציפויים, מערכת הזרקה לפלסטיק וחומרים מרוכבים, משטחים ל PCB (מעגלים מודפסים) ורכיבי אריזה (אפילו את הקלקר והקרטונים הם מייצרים בעצמם). וכן, חיתוך בלייזר, שימוש ברובוטים ואמצעים אחרים מבוקרי מחשב. הכל תוך הקפדה על תקנים מחמירים עם מערכת פיקוח ובקרת איכות מהמשוכללות שראיתי אי פעם. המפעל עצמו מחולק לכמה יחידות ייצור: מפעל למתכת ויצור המארזים והמכלולים המכניים הקשורים במוצר. קיימת גם יחידת פיתוח בה מפותחים מגברים וציוד אלקטרוני. (בזמנו היה שם מקמ"ש ת"ג שהם תכננו ובנו לפני עשור בערך).



**מחסן מארזים**

ישנה גם יחידת ההרכבה, המצוידת במיטב החידושים הטכנולוגיים להרכבת רכיבים מכל הסוגים ומכל הגדלים, החל במרכיבי SMT וכלה במערכת מיוחדת להלחמת רכיבי ההספק במגבר (הלחמות בגז מבוקר).



**מעגלי מגבר לפני הרכבה**



**מכונת הרכבת רכיבי SMT**



**חדר ההרכבה**



**מערכת לבדיקת עייפות חומרים**

ACOM מייצר אפילו את מתגי ה-RF להחלפת גלים (גופי קרמיקה ומגעי כסף המחזיקים הספקים גבוהים) וגם קבלים סיבוביים, צירים מחומרים מרוכבים לחוזק ובידוד למתח גבוה. הבורר והציר שלו (מחומרים מרוכבים שגם מיוצרים במקום)



מגבר 2KW (2 יחידות עם Combiner)



עמדת בדיקות והרצה

לסיכום: מדובר במפעל איכותי עם דגש על אמינות גבוהה ביותר, בקרת איכות ברמה צבאית ובסוף התהליך מתקבל מוצר מצוין לחובבי הרדיו.



## תקשורת תת-ימית בין כלי שיט – סקירה טכנית ומבצעית

4X6KG מאיר פיאלקוב

### מבוא

תקשורת תת-ימית היא תחום מורכב ואתגרי בהשוואה לתקשורת אווירית, יבשתית או אפילו לחלל. תוך המים, במיוחד מי ים מלוחים, מגביל מאוד את מעבר גלי הרדיו, (RF) ודורש פתרונות הנדסיים ייחודיים להעברת מידע בין כלי שיט, במיוחד צוללות. חשיבות התקשורת התת-ימית גוברת נוכח הצורך המבצעי לשמר תקשורת מבצעית עם יחידות תת-ימיות, לעיתים בעומק רב ולמשך זמן ממושך.

### האתגר הפיזיקלי

מי הים מוליכים טובים יחסית, ולכן הם גורמים להנחתה מהירה של גלי רדיו, בעיקר בתדרים גבוהים. יכולת החדירה של גלים אלקטרומגנטיים פוחתת עם העלייה בתדר, ולכן מרבית שיטות השידור התת-ימי מתמקדות בגלים בתדר רדיו נמוך מאוד. VLF- Very Low Frequency – תחום תדרים 3 עד 30 קילוהרץ ELF-Extremely Low Frequency 3 עד 300 הרץ (אין טעות) שימו לב שתחום התדרים שמוגדרים בתחום VLF/ELF הינם האלקטרומגנטיים בניגוד מוחלט לתחום התדרים בתחום השמע שהם גלים אקוסטיים.

### מבנה אנטנות תת-ימיות

בניית אנטנה תת-ימית איננה פשוטה. אנטנות VLF, לדוגמה, צריכות להיות באורך עצום לעיתים קילומטרים על מנת להיות יעילות, בשל אורך הגל הארוך מאוד, לדוגמא בתדר רדיו 1000 הרץ אורך הגל = 300 ק"מ, לכן, אנטנות השידור אינן ממוקמות על גבי הצוללת אלא בתחנות קרקעיות למשל באיים, בין פסגות של הרים או בסיסי חוף המשדר לצוללות. אנטנות קליטה בצוללות נבנות לרוב כחוטים ארוכים באורך מאות מטרים הנגררים מאחור (towed wire antennas), או כאנטנות דיפול מוטבעות בגוף הצוללת. מבנה האנטנה חייב לעמוד בלחצים גבוהים, לשמור על הסוואה, ולמנוע הפרעות פנימיות ממערכות אחרות בצוללת.

### שיטות שידור ותדרים

ELF 3–300Hz – מאפשר חדירה לעומקים גדולים עד מאות מטרים אך קצב הנתונים נמוך מאוד – בדרך כלל בסדר גודל של מספר ביטים לשנייה. נעשה בו שימוש בעיקר לשידור פקודות קצרות, אותות קריאה או הוראות יציאה לפני קבלת מסר מפורט יותר. VLF 3–30KHz – משמש לתקשורת עם צוללות בטווחי ביניים ובעומק מוגבל כ 30–10 מטר. קצב הנתונים מעט גבוה יותר עד מאות ביטים לשנייה, אך עדיין מוגבל מאוד. UHF/VHF 300 MHz ומעלה משמש לתקשורת כאשר הצוללת נדרשת להעלות אנטנה מעל פני המים או להשתמש בצינור פריסקופ. שיטה זו מאפשרת תקשורת רחבת סרט, אך מחייבת חשיפה.

### קצבי תקשורת ואופן ההפעלה

בשל מגבלות רוחב הפס, תקשורת תת-ימית נועדה להעברת מידע מצומצם – לרוב הודעות מוצפנות קצרות. השידור נעשה לרוב בשידור חד-כיווני בלבד – מהתחנה הקרקעית אל הצוללת

–כדי למנוע חשיפת מיקומה של הצוללת באמצעות תשדורת חוזרת . במקרה הצורך, הצוללת תעלה לפני השטח או תשתמש במצוף תקשורת כדי לשלוח תשדורת חזרה.

קצבי השידור תלויים בסוג התדר ובסביבה:

ELF - כ: 10–1 ביטים לשנייה

VLF - כ: 300–50 ביטים לשנייה

UHF -מעל פני הים :מאות קילו-ביטים Kbps ואף מגה-ביטים לשנייה Mbpa

### **אמצעים חדשים וטכנולוגיות מתקדמות**

אופטי תת-ימי. מחקרים עוסקים בפיתוח מערכות לייזר לשידור תת-ימי בתחום האור הכחול-ירוק, שאינו נבלע במים כמו תדרים אחרים . היתרון – קצבים גבוהים החיסרון – טווח קצר והצורך בקו ראייה ברור.

תקשורת אקוסטית אולטרסאונד : נעשה בה שימוש בעיקר למערכות אוטונומיות כמו רכבים תת-ימיים, והיא יכולה להעביר נתונים בטווחים של מאות מטרים ועד קילומטרים, אך קצב ההעברה מוגבל ומושפע מאוד מהתנאים בסביבה.

### **שיקולים מבצעיים וביטחוניים**

שמירה על סודיות מיקום הצוללת היא קריטית, ולכן כל תקשורת תת-ימית נעשית תוך הקפדה על זיהוי מוצפן, תזמון מדויק, ולעיתים שימוש בשיטות תיאום מראש כגון זמן קבוע לבדיקה של שדרים.(במקביל, נעשה שימוש בשיטות תקשורת מתנה לאישור 'או' הוראות למעבר לתקשורת גלויה.

### **מבנה תחנת שידור בתחום תדרים נמוכים**

תחנות שידור לתדרים נמוכים VLF ו-ELF נדרשות למבנים פיזיים גדולים במיוחד, וכוללות את הרכיבים הבאים:

1. אנטנות ענק: לרוב מדובר באנטנות דיפול או אנטנות תיל מתוחות באורך של מאות מטרים ואף קילומטרים. האנטנות נמתחות בין עמודים גבוהים או מבנים טבעיים כגון הרים.
  2. מגברי הספק: משדרים חזקים (עד 1 מגה-וואט) המסוגלים להזרים זרם גבוה לתוך האנטנות על מנת לפצות על ההפסדים הגדולים ולהבטיח שידור אפקטיבי.
  3. יחידות בקרה וסנכרון: מערכת בקרה המוודאת תזמון מדויק, בקרת הספק, ושליחת נתונים מוצפנים במועדים מדויקים.
  4. מקורות אנרגיה ייעודיים: תחנות אלו צורכות חשמל רב ודורשות תשתית חשמלית מתקדמת ולעיתים אף מערכות גיבוי עצמאיות בהספק 1 מגה - וואט ויותר.
  5. מערכות קירור: עקב חום רב הנפלט מהמגברים והמשדרים, יש צורך במערכות קירור תעשייתיות וקירבה למקורות מים תחנות אלו לרוב ממוקמות באזורים מרוחקים, כדי לצמצם הפרעות אלקטרומגנטיות ולשמור על בטיחות סביבתית.
- בתקשורת תת-ימית, ובמיוחד בתדרים נמוכים מאוד VLF ו-ELF קיימות מגבלות קשות מבחינת רוחב פס, ולכן גם שיטות האפנון חייבות להיות פשוטות, עמידות לרעש, וחסכוניות.

### **שיטות האפנון הנפוצות:**

להלן השיטות המרכזיות שבהן משתמשים להעברת מידע בתקשורת תת-ימית:

#### **1. אפנון תדר (Frequency Shift Keying – FSK)**

השיטה הנפוצה ביותר לתקשורת תת-ימי.

- **עיקרון:** המידע מיוצג באמצעות שינוי בין שני תדרים קבועים. לדוגמה, תדר אחד מייצג '0', ותדר שני מייצג '1'.

#### • יתרונות:

- פשוטה ליישום ועמידה ברעש.
- מתאימה לתדרים נמוכים מאוד ולתנאים לא יציבים.
- **חסרונות:**
- קצב שידור נמוך יחסית.
- שימוש: בעיקר ב ELF /VLF לתקשורת עם צוללות

### 2. אפנון פאזה (Phase Shift Keying – PSK)

לעיתים בשימוש כשיש צורך להעלות מעט את קצב הנתונים.

- **עיקרון:** שינוי פאזה של הגל נושא המידע בהתאם לביטים (למשל,  $0 =$  פאזה של  $0^\circ$ ,  $1 =$  פאזה של  $180^\circ$ ).
- **יתרונות:** ניצול טוב יותר של רוחב הפס.
- **חסרונות:** רגישות לרעש גבוהה יותר מ-FSK.
- **שימוש:** במערכות מתקדמות יותר, ולעיתים בשילוב עם קידוד מתקדם.

### 3. אפנון אמפליטודה מבוקר בעוצמה (Amplitude Shift Keying – ASK)

נדיר בשימוש בתדרים נמוכים בגלל פגיעות לרעשים והנחתה במים.

- **עיקרון:** שינוי בעוצמת הגל נושא המידע לפי הביטים.
- **חסרונות:** לא עמידה בפני רעשים; כמעט ולא משמשת בתקשורת תת-ימית אמיתית.

### 4. אפנון אקוסטי לתקשורת קצרת טווח (Acoustic Modulation)

בשימוש ברכבים אוטונומיים תת-ימיים (AUVs) ומערכות אזרחיות:

- משתמשים באפנון דומה, PSK, FSK או QPSK על גבי גלי קול (אקוסטיים).
- הטווחים קצרים יותר, אך קצב הנתונים גבוה יותר ביחס לתקשורת אלקטרומגנטית במים.

אני מפנה את תשומת לב הקוראים לרכיב המודולטור (Modulator) הנמצא במשדר שתפקידו לאפנן/למתג את גל הנושא שהספקו מגיע עד ל 1 מגה ווט.

טבלת השוואת מהירויות תקשורת ביחידות של bps (bits per second) עבור סוגי ערוצי תקשורת:

| סוג רשת                     | מהירות משוערת (bps)                       |
|-----------------------------|-------------------------------------------|
| ELF 3-300Hz                 | 1-10 bps                                  |
| VLF 3-30KHz                 | 50-300 bps                                |
| רשת נחושת ADSL/ VDSL של בזק | 512Kbps – 100Mbps תלוי בטכנולוגיה ובמרחק  |
| רשת סיבים אופטיים           | 100Mbps – 1Gbps ולעיתים גם 2.5 Gbps ומעלה |

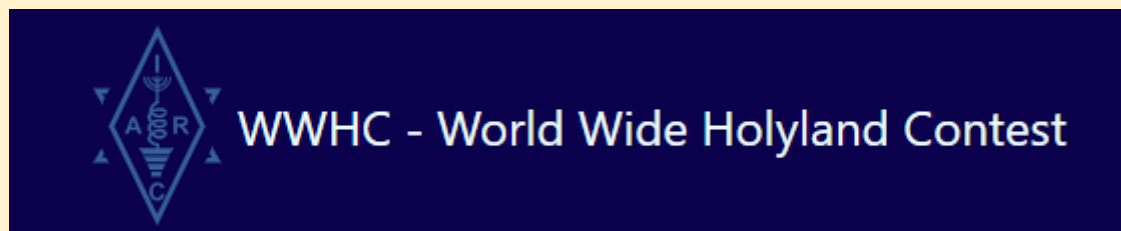




## Welcome to the English-language section for June 2025

Tim Scrimshaw 4X1ST

### Holyland Contest Results



The 2025 Worldwide Holyland Contest is now behind us. A total of 211 logs were received from 35 different DXCC countries. All entries have been processed and cross-checked, and the final results are now available. Our sincere thanks to all who took the time to take part and send their logs

Congratulations to LY5O on a decisive win in the DX section with 205212 points. The 4X section was led by our friend Zvika 4X6FR with 439875 points.

To discover your final score and download your certificate, go to the results page on the [WWHC](#) website.

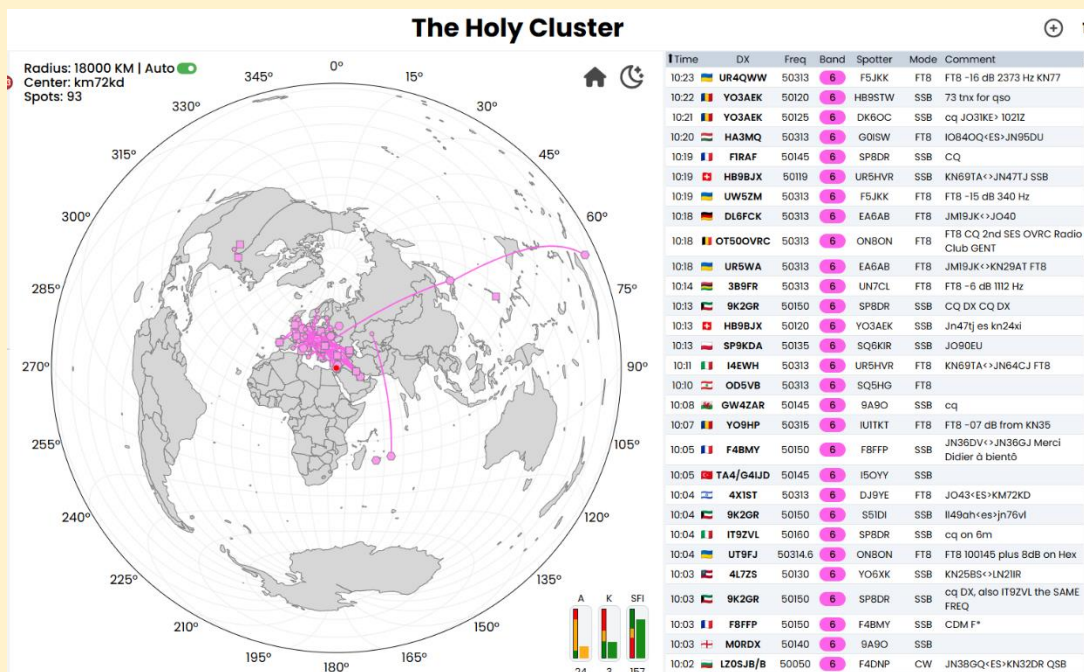
We hope to see you next year for the 2026 edition of WWHC!

### Holycluster

From the makers of the Holylogger comes a new tool - the Holy Cluster.

It provides a graphic map view of cluster spots. The nice thing is that you can easily filter down to a particular band, mode, or DXCC; and show only spots relevant to your own QTH, based on the Maidenhead grid locator square.

To find out more, check out this YouTube [tutorial](#) from Stuart, VE9CF



## Contest Update

Here is a list of major (and some maybe not quite-so-major) contests in the coming month. There are no less than four overlapping 6-meter contests taking place on the weekend of June 21-22nd. Let's hope that the propagation of the last few weeks keeps going into June!

|                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Tisza Cup CW Contest</b>       | 0200Z-1459Z, Jun 7, 2025             |
| <b>UKSMG Summer Contest (6m)</b>  | 1300Z, Jun 7 to 1300Z, Jun 8, 2025   |
| <b>IARU R1 CW/RSGB CW FD</b>      | 1500Z, Jun 7 to 1459Z, Jun 8         |
| <b>ARRL International Digital</b> | 1800Z, Jun 7 to 2400Z, Jun 8, 2025   |
| <b>GACW WWSA CW DX Contest</b>    | 1500Z, Jun 14 to 1500Z, Jun 15, 2025 |
| <b>All Asian DX Contest, CW</b>   | 0000Z, Jun 21 to 2400Z, Jun 22, 2025 |
| <b>SMIRK/IARU R1/LZ/WAB (6m)</b>  | Jun 21-Jun 22, 2025 check times      |
| <b>King of Spain SSB</b>          | 1200Z, Jun 28 to 1200Z, Jun 29       |
| <b>ARRL Field Day</b>             | 1800Z, Jun 28 to 2100Z, Jun 29, 2025 |

For a full list of upcoming events, check out the WA7BNM Contest Calendar at <https://contestcalendar.com/weeklycont.php>



## Acoustic Metamaterials – 1

[Zvika.Greenberg@gmail.com](mailto:Zvika.Greenberg@gmail.com)

הקדמה: חברנו צביקה גרינברג, מעביר לנו לעיון טיוטת תרגום ראשוני של חלק של ספר על חומרים בעלי "תכונות-על" ושימושיהם באקוסטיקה ליישומיה המגוונים.

### **Preface**

During recent decades, metamaterials have revolutionized the way waves are controlled in the broad field of wave physics due to the extraordinary physical properties they present. Their locally resonant structure, introducing deep subwavelength band gaps, regions of frequencies where propagation is forbidden, among other properties, have motivated a plethora (שפע) of applications not available up to now and creating an inflection point in the material science conception



Vicente Romero-Garcia

In particular, acoustic metamaterials have shown extraordinary functionalities giving rise to breakthroughs. In many cases, they are able to replace traditional treatments in practical situations due to the better performances in targeted and tunable frequency ranges with strongly reduced dimensions. Acoustic and mechanical metamaterials themselves represent a scientific breakthrough with respect to the conventional treatments for noise, vibrations and radiofrequency problems.

### **Deep AI**

During recent decades, metamaterials have indeed transformed the landscape of wave control across various fields of wave physics, thanks to their remarkable and often counterintuitive properties. Here's a detailed exploration of this phenomenon:

### **Key Characteristics of Metamaterials**

#### **1. Locally Resonant Structures:**

Metamaterials often possess structures designed at the micro- or nanoscale that allow them to interact with waves in unique ways. This local resonance can lead to the creation of deep subwavelength band gaps, which are frequency ranges where wave propagation is prohibited. This selective propagation characteristic is a fundamental aspect of metamaterials, enabling them to manipulate waves much more effectively than conventional materials.

#### **2. Extraordinary Physical Properties:**

Metamaterials can exhibit negative refractive indexes, as well as other unusual behaviors like cloaking (making objects undetectable to waves) and superlensing (imaging beyond the diffraction limit). Such properties arise from their engineered

microstructural designs, allowing for applications that were previously thought impossible.

## **Applications in Wave Control**

### 1. Acoustic Metamaterials:

Acoustic metamaterials specifically cater to sound waves and have been at the forefront of developments in noise and vibration control. They have the ability to attenuate sound more efficiently than traditional materials, providing solutions for soundproofing and noise reduction in urban environments, industrial settings, and even in consumer products.

### 2. Vibration Control:

These materials are also effective in managing vibrations across various systems, offering significant improvements in performance over conventional damping methods. They can be tailored to specific frequencies, enhancing their effectiveness in engineering applications, such as in vehicles and machinery.

### 3. Radiofrequency (RF) Applications:

Metamaterials are enabling advancements in RF technologies, including antenna design and wireless communications. Their ability to manipulate electromagnetic waves allows for more compact, efficient antennas, leading to improvements in signal strength and coverage.

## **Advantages Over Traditional Treatments**

### 1. Targeted Frequency Ranges:

One of the standout features of acoustic metamaterials is their capability to be fine-tuned to specific frequency ranges. This tunability is crucial in practical situations where control over particular frequencies is necessary for effective treatment, whether it be in acoustics, vibrations, or RF applications.

### 2. Reduced Dimensions:

Metamaterials allow for significant reductions in the size of devices and treatments. Traditional solutions may require bulky structures to achieve desired effects. In contrast, metamaterials can achieve comparable or superior performance with much smaller dimensions, which is advantageous in applications where space is a constraint.

## **Conclusion**

Overall, the advancements brought forth by metamaterials constitute a significant paradigm shift in material science. Their ability to manipulate waves with such precision and versatility opens up a broad range of applications that enhance performance in noise control, vibration management, and RF technologies. Acoustic metamaterials, in particular, provide novel solutions that challenge and often surpass traditional approaches, proving essential in both research and practical implementations across industries. As ongoing research continues to unveil new properties and capabilities, the impact of metamaterials on wave physics and engineering is expected to grow even further.

במהלך העשורים האחרונים, מטאמטריאליים אכן שינו את הנוף של שליטה על גלים בתחומים שונים של פיזיקת גלים, הודות לתכונות המעולות ולעיתים קרובות לא אינטואיטיביות שלהם. להלן סיכום מפורט של תופעה זו:

## **תכונות עיקריות של מטאמטריאליים**

### 1. מבנים בתהודה מקומית:

מטאמטריאליים כוללים לעיתים קרובות מבנים המעוצבים במיקרו- או ננוסקאלה, המאפשרים להם לקיים אינטראקציה עם גלים בדרכים ייחודיות. תופעת התהודה המקומית יכולה להוביל ליצירת פערים בתת-אורך התא עמוקים, שהם טווחי תדרים שבהם אסורה התפשטותם. תכונת ההתפשטות הסלקטיבית הזו היא אספקט בסיסי של מטאמטריאליים, ומאפשרת להם לתמרן גלים בצורה יעילה בהרבה מחומרים קונבנציונליים.

### 2. תכונות פיזיות לא רגילות:

מטאמטריאליים יכולים להציג אינדקסי שבירה שליליים, כמו גם התנהגויות יוצאות דופן אחרות כמו חמקנות (הפיכת אובייקטים לבלתי נראים לגלים) והגדלות ניכרות (הדמיה מעבר לגבול הדיפרקציה).

תכונות אלו נובעות מהעיצובים המבניים המהנדסים שלהם, ומאפשרות אפליקציות שהיו בעבר נחשבות לבלתי אפשריות

## **אפליקציות בשליטה על גלים**

### 1. מטאמטריאליים אקוסטיים:

מטאמטריאליים אקוסטיים מתמקדים במיוחד בגלי קול והיו בחזית הפיתוחים בתחום שליטה ברעש ובוויברציות. הם מסוגלים להקטין רעש בצורה הרבה יותר יעילה ממה שחומרים קונבנציונליים יכולים, ומספקים פתרונות להנחתת רעש וסיוע בהתמודדות עם רעש במקומות עירוניים, במפעלי תעשייה ואפילו במוצרים צרכניים.

### 2. שליטה בוויברציות:

חומרים אלה אף בעייתיים לנהל וויברציות ברחבי מערכות שונות, ומציעים שיפורים משמעותיים בביצועים על פני שיטות ריסון קונבנציונליות. הם יכולים להיות מותאמים לתדרים ספציפיים, ובכך מגבירים את האפקטיביות שלהם ביישומים הנדסיים, כמו בכלי רכב ובמכונות

### 3. אפליקציות רדיו-תדירות (RF)

מטאמטריאליים מאפשרים התקדמויות בטכנולוגיות רדיו-תדירות, כולל עיצוב אנטנות ותקשורת אלחוטית. יכולתם לתמרן גלים אלקטרומגנטיים מאפשרת אנטנות קומפקטיות ויעילות יותר, מה שמוביל לשיפורים בעוצמת האות וכיסוי.

## **יתרונות על פני טיפולים קונבנציונליים**

### 1. טווחי תדרים ממוקדים:

אחד המאפיינים הבולטים של מטאמטריאליים אקוסטיים היא היכולת שלהם להיות מכוונים לטווחי תדרים ספציפיים. יכולת הכיוון הזה היא קריטית במצבים מעשיים שבהם שליטה על תדרים מסוימים נדרשת עבור טיפול אפקטיבי, בין אם באקוסטיקה, בוויברציות או באפליקציות RF.

## 2. ממדים מצומצמים:

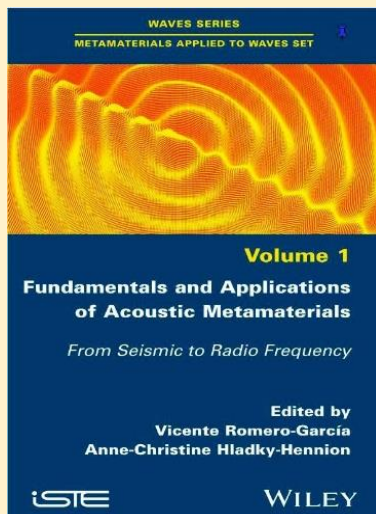
מטאמטריאליים מאפשרים צמצום משמעותי בגודל של מכשירים וטיפולי RF. פתרונות מסורתיים עשויים לדרוש מבנים גדולים כדי להשיג את האפקטים הרצויים. לעומת זאת, מטאמטריאליים יכולים להשיג ביצועים מקבילים או עליונים בממדים קטנים הרבה יותר, מה שמועיל באפליקציות שבהן החלל הוא אילון.

## סיכום

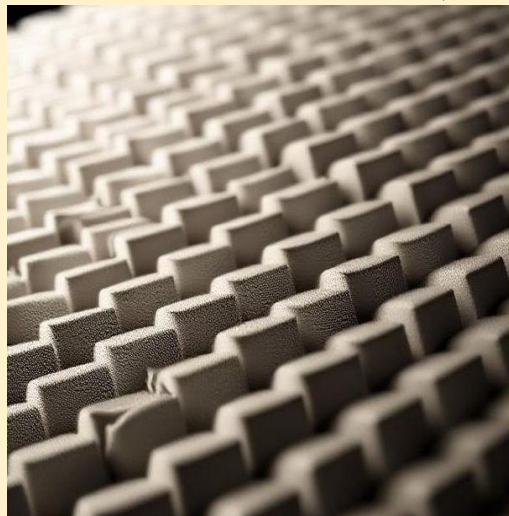
בסך הכל, ההתקדמות שהובילו מטאמטריאליים מהוות שינוי פרדיגמה משמעותי במדעי החומרים.

היכולת שלהם לתמרן גלים בדיוק ובמהירות פותחת מגוון רחב של אפליקציות שמפרות את הביצועים בשליטה על רעש, ניהול ויברציות וטכנולוגיות RF. במיוחד, מטאמטריאליים אקוסטיים מספקים פתרונות חדשים המאתגרים ונוטים לעיתים לעקוף את הגישות המסורתיות, בתעשייה ובמחקר כמו כן, ככל שהמחקר ממשיך לחשוף תכונות חדשות ויכולות שונות, ההשפעה של מטאמטריאליים על פיזיקת גלים והנדסה צפויה להתרחב אף יותר.

בפרק 1 – המחבר מציג את החומרים המטא-מטריאליים בתחום האקוסטיקה - Acoustic Metamaterials יש להם תכונות מדהימות בכל הקשור בממדים פיזיים. בד"כ מקובל שמרסני רעש (במיוחד בתרים נמוכים) הם בגדלים פיזיים גדולים. במקרה שלנו – מטאמטריאליים אקוסטיים הם קטנים ומנחיתים רעשים בצורה יעילה ביותר.



2019 – 325 Pages



Acoustic Metamaterials



## WiMo Acquires OptiBeam Products and Strengthens Its Market Position in High-Performance Antennas

Herxheim, April 29, 2025 – WiMo Antennas and Electronics GmbH, Europe's leading specialist for amateur radio antennas and accessories, announces the acquisition of **OptiBeam Antenna Technologies**, effective June 1, 2025.

OptiBeam has stood for high-quality Yagi antennas in the high-performance segment—especially in the shortwave range—for over two decades, and enjoys an excellent global reputation for performance, durability, and innovation.

With the acquisition, WiMo integrates the renowned OptiBeam portfolio into its own product offering. Production of OptiBeam models **will gradually** be relocated to the Herxheim site and supplemented by existing manufacturing capacities. **By summer 2025**, the majority of production should be fully transferred. The goal is to successfully continue the OptiBeam antenna line, ensure long-term customer service and spare parts availability, and leverage development potential.

*"The OptiBeam products perfectly complement our range and align with our philosophy of offering amateur radio operators around the world uncompromising quality and high-performance solutions," says **Markus Viertel**, Managing Director of WiMo. "We are pleased to carry forward the technical expertise and know-how built over years of work at OptiBeam and to provide new momentum through our service and sales network."*

**Thomas Schmenger**, Tom, DF2BO, the founder and previous owner of OptiBeam, is also pleased with the transition: *"I am very happy that my 'baby' has found such a good new home. With WiMo, I've found a partner who not only has the necessary experience and infrastructure but also shares the passion for high-quality antennas that has driven me over the years."*

Tom will actively support the transition process in the coming months to ensure knowledge transfer and smooth integration into WiMo's operations.

The brand is highly regarded by testers, DXers, and demanding amateur radio operators worldwide. With the transition to WiMo, customers gain the reliability of an established infrastructure, short delivery times, technical support, and ongoing development at the highest level.

In the coming months, WiMo will gradually make the most popular OptiBeam antenna models available again through its online shop and international sales partners. By the end of 2025, all former OptiBeam models are expected to be available again.



#### About WiMo

WiMo Antennas and Electronics GmbH, based in Herxheim, is Europe's leading provider of amateur radio products. WiMo manufactures a wide range of high-quality amateur radio antennas and successfully markets many well-known brands. In addition to a broad selection of radios, antennas, accessories, and measurement technology, WiMo has provided technical expertise, innovation, and excellent customer service with nearly 70 employees for over 40 years. Customers in more than 100 countries trust WiMo as a partner for wireless communication, with over 60% of sales exported.

תודה לדני רוזן 4X1SK על הבאת המידע הנ"ל.