

# התפתחות מערכות מצרר בעולם וברפאל

ד"ר יהושע ליס וד"ר ראובן אשל  
כתבה 25 בסדרת הכתבות על תולדות רפאל



## מהי מערכת מצרר ומהם יתרונותיה?

מערכת מצרר (Cluster Munition) כוללת מספר רב של תתי-חימוש (בין עשרות למאות רבות) הפוגעים בשטח נרחב. תתי-החימוש יכולים להיות פצצונות לפעולה מיידית, מוקשים שמחכים לאויב, או אף תערובת שלהם. מערכת מצרר ניתנת לשיגור בצורות שונות ובהן: ירי ממרגמה, מתותח או מרקטה קרקעית, ובעיקר הטלה ממטוס.

איור 2:

מצרר צנטריפוגלי אווירי טל-1" מרסס סוללת טילי נ"מ מסוג SA-2

לקפיץ פנימי להדוף את כל 16 תתי-החימוש לאוויר בגובה הטיסה (כמה מאות מטרים מעל המטרה). על הקרקע התקבלה עקבת פיזור צנועה בצורת אליפסה של כ- 50x20 מטר (כ- 800 מ"ר).

שיטה זו שיפרה כמובן את רדיוס הפיזור, אך בזבזה נפח יקר ובעיקר דרשה לפתח מטענים שעומדים בהלם הפירוטכני. האמריקנים נעזרו באפקט מגנוס. לצורך זה פיתחו מטענים כדוריים בקוטר של כמה סנטימטרים, עם כנפונים הגורמים להם להסתחרר באוויר. סחרור זה, בשילוב עם קשת המסלול הבליסטי, יוצר את אפקט הפיזור הרדיאלי. כך קיבלו אמנם רדיוסי פיזור גדולים, ללא הלם פירוטכני, אבל בליווי כמה חסרונות מהותיים: צורת המטען הכדורי מהווה מגבלה, הכנפונים מייקרים את המוצר, והעיקר: השיטה גורמת על הקרקע עקבת פיזור טבעתית ללא פגיעות במרכז הטבעת. שיטת פיזור נוספת מתבססת על מפזר צמוד למטוס שמכיל תתי-חימוש ומפזר אותם בקצב מבוקר בעת חלוף המטוס בטיסה נמוכה מעל המטרה. לפיכך, עקבת הפיזור על הקרקע היא בצורת מלבן צר וארוך.



איור 1: מצרר אווירי ומצרר זעיר שפותחו בשנות החמישים

## ומה ברפאל?

שני פיתוחים ראשונים של מצררי פיזור-טבעי בוצעו כבר בתחילת שנות החמישים על ידי אולי לביא' והיו מבציעים עד תחילת שנות השישים. מצררים אלה מוצגים במוזיאון רפאל ומכונים מ.א. (מצרר אווירי) ו-מ.ז. (מצרר זעיר). ראה איור 1. עשרים מצררים אוויריים התאימו לנשיאה בבטן המפציץ הבודד מסוג B-17 שהיה ברשות חיל-האוויר.

## לאחר הפסקה ארוכה נולד פרויקט הירום

במהלך מלחמת ההתשה (1969-1970) התגבש צורך דחוף להכות במערך טילי הנ"מ (נגד מטוסים) הרוסיים מסוג SA-2 שבהם צוידה מצרים. סכמת מערך כזה נראית בחלק התחתון

היתרונות הפוטנציאליים של מערכת מצרר הם שניים: ראשית, הפיזור מפצה על אי הדיוק בפגיעה. דוגמה פשוטה ומוכרת היטב היא של רובה ציד, שבו מוחלף הקליע האחד בכדור ציד. ירי הכדור מייצר קונוס צר של רסיסים המעלים מאוד את סיכויי הפגיעה במטרה של חלק מהרסיסים למרות העובדה שציר הקונוס מחטיא אותה. יתרון אפשרי שני של מערכת המצרר הוא פגיעה בו-זמנית במטרות רבות על ידי הגדלה ניכרת של שטח הפגיעה.

## מתי החלו להופיע מערכות אלה בעולם?

השימוש בעקרון ראש הקרב המתפצל נעשה כבר במלחמת העולם השנייה: תחילה על ידי הסובייטים בפילנד (1939), בהמשך על ידי הגרמנים, ובשלהי המלחמה גם על ידי האנגלים. שימוש נרחב ומתקדם יותר נעשה על ידי האמריקנים בסוף שנות השישים לצורך לוחמה בג'ונגלים של וייטנאם. שיא מאמץ הפיתוח וההצטיידות העולמית הגיע בימי המלחמה הקרה בשנות השבעים והשמנים, בעיקר בברית נאטו ובפרט בארצות הברית, במאמץ להתגבר על היתרון הכמותי של מדינות הגוש הקומוניסטי בטנקים ובחיילים.

## מהן שיטות הפיזור של הפצצונות?

במלחמת העולם השנייה הסתפקו בפיזור טבעי של המטענים לאחר פתיחת המעטפת שבתוכה חוודו. מרחב הפיזור היה קטן וענה רק על התסאות קטנות. כדי להגדיל את רדיוס הפיזור, הוסיפו האנגלים במרכז המעטפת מטען פירוטכני שפעל מיד לאחר פתיחת המעטפת.



**איור 5: "מנטור" - מוקש מתקדם נגד טנקים עבור מצרר "כריסטיאן"**

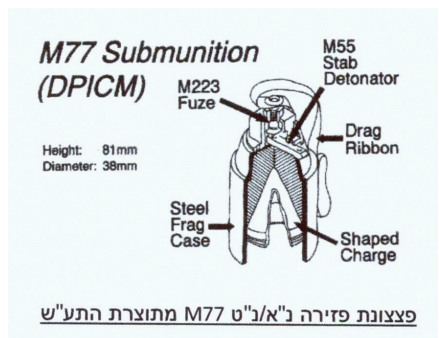
צורך בחסימה מהירה של גזרות שלמות מפני פלישת טנקי אויב, על ידי פיזור אלפי מוקשי נ"ט מהאוויר. רוב מאמץ הפיתוח היה בפיתוח מוקש שיהיה בז-זמנית קטן ונוח לזיווד, יציב באוויר, שריד בחבטת הנחיתה ויעיל בהדירת גחון טנק החולף מעליו. פרויקט חירום זה פותח במחצית השנייה של שנות השבעים בהובלת יהושע (שוקי) ליס ובסיוע שמר שלו, שפיתח את המעטפת ("סהרון"). בשנת 1982 זכה גם פרויקט זה בפרס ביטחון ישראל.

### אפילו

באמצע שנות השמונים קיבלה הנהלת רפאל, בראשות ד"ר זאב בונן ז"ל, החלטה להתמקד במערכות נשק מונחות ולסגור ברפאל את קו המוצר של מערכות מצרר עם תתי-חימוש מתוחכמים. היום, במבט לאחור, ניתן לציין שזאב ראה נכוחה את העתיד: הצורך במערכות המצרר בעולם דעך בסוף שנות ה-80 בעקבות התפרקות ברית-המועצות והשתנות פני המלחמות בעולם. רפאל פינתה את משאביה לכיוון מערכות מבוקרות, שמיקדו את עיקר עיסוקה במערכות טיליות מונחות והפכו אותה למה שהינה כיום.

זאת ועוד: לאחר הדטאנט, ובעיקר לאחר התפרקות ברית המועצות, הצטמצם האיום באירופה וכיוון פיתוח זה הוזנח ונטש בהדרגה על ידי נאטו וארה"ב (אף-כי ארה"ב אינה מתפרקת מהארסנל הקיים שלה). בעקבות מלחמת פוקלנד, מלחמות איראן-עיראק, מלחמות עיראק ואפגניסטן (גם מלחמת לבנון השנייה תרמה לכך) התעורר העולם בעקבות פגיעה מרובה של "לא מעורבים" מנפלים של תתי-חימוש ושל מיקוש מפוזר מהאוויר. בתהליך שנמשך כבר מספר שנים, מצטרפות יותר ויותר מדינות לאמנה המחייבת אי-שימוש במערכות מצרר, אשר מבוססות על תתי-חימוש המפוזרים מהאוויר. האמנה נכנסה לתוקף ב-1.8.2010 וכיום חתומות עליה מעל מאה מדינות.

■ **"מותרות" - מצרר המפזר תתי-חימוש מסוג M-77 מתוצרת תעש, המכילים מטעני נ"ט (נגד טנקים) וגם כדורי רסס (תתי-חימוש כזה נראה באיור 3). מעטפת המצרר דומה לזו של "טל-1" עם שני שיפורים משמעותיים:**  
 ■ דשי המייצבים מוטים רק לאחר ההטלה, זאת להקטנה משמעותית של גרר המטוס החמוש;  
 ■ מרעום הזמן הוחלף במרעום קרבה אלקטרומגנטי תוצרת "מוטורולה" שמבטיח גובה מירעום מדויק. הפרויקט הובל על ידי ד"ר בנימין לנדקוף.



**איור 3: תתי-חימוש מסוג M-77 (תוצרת תעש) המשלב חדירת שריון וריסוס**

■ **"מחול" - ראש קרב לרקטת קרקע-קרקע "עברי" תוצרת תעש. הראש מכיל מעל 1000 פצצונות נ"ט ומסתחרר באמצעות מנוע רקטי בעל פיות משיקיות לקבלת אפקט ממטרה (איור 4). פרויקט זה הובל על ידי ד"ר קרלוס זורע וד"ר גיורא מימון, ומנוע הסחרור פותח על ידי משה מנור. רקטות "עברי" עם ראשי מצרר "מחול" הוכיחו את עצמן כיעילות ביותר במלחמת לבנון הראשונה (1982).**



**איור 4: מנוע ממטרה רקטי שכוחה בשטח הנהגה לצורך סחרור ראש "מחול"**

■ **"כריסטיאן" - מצרר אווירי המפזר מוקשים מתקדמים נגד טנקים (ראה איור 5). הפרויקט נולד כאחד הלקחים של מפכד חיל האוויר ממלחמת יום כיפור. האלוף בני פלד ז"ל זיהה**

של איור 2. היה ברור שזקוקים לפיזור הומוגני של מטעני רסס ברדיוס גדול. נערך סיעור מוחות אצל מנהל טכני 1, ד"ר שמואל מרחב ז"ל, שבו הגה ראש תחום אווירודינמיקה, בנצי נוה (לימים ד"ר נוה, מנכ"ל רפאל), רעיון פשוט: הבה נסחרר את המעטפת עם תתי-חימוש לפני פתיחתה ואז יתפזרו המטענים בצורה צנטריפוגלית, כאשר רדיוס הפיזור יחסי לקצב הסחרור ולמרחק זיווד כל תתי-חימוש ממרכז המעטפת. כך מתקבלים כל היתרונות: הזיווד מנצל את כל נפח המעטפת, הפיזור הומוגני, אין אילוצים על צורת תתי-חימוש ואין עליו הלם פירוטכני!

ראש פרויקט החירום, נחום שפירא<sup>3</sup>, בחר ברימוני מילס תקינים בתור תתי-חימוש, תוך החלפת הנצרה המכנית בנצרה אווירודינמית (מכסה הנשלף עם צאת הרימון לאוויר). בהמשך תכנן מעטפת שמסתחררת עקב היות המייצבים מוטים, ונעזר בארווין רייטר ז"ל בתכנון מערכת פירוטכנית לחיתוך המעטפת ברגע המירעום לצורך פיזור הרימונים. החיתוך היה כה מדויק וחלק, שהצוות התלוצץ שלארווין מחכה קריירה שנייה כמוה... בהיעדר מרעום גובה זמין, אות הפעלת החיתוך ניתן על ידי מרעום זמן תקני. כדי להתגבר על פיזורי גובה המירעום ולהבטיח שכל הרימונים יתפוצצו לאחר הפגיעה במטרה או בקרקע, הוארך משך ההשהיה שלהם מארבע לעשר שניות.

בניסוי היתכנות ראשוני התפרק הזנב עקב תהודה חזקה שהתפתחה בעת שקצב הגלגול המתפתח של גוף המצרר התלכד זמנית עם קצב התנודה האורכית של הגוף. לאחר ניתוח והבנת התקלה, התגברו עליה על ידי הקפדה על טולרנסים גיאומטריים להבטחת סימטריה מיטבית של הגוף, כך שיחלוף על פאזת התהודה בשלום. ואכן המערכת, שכונתה "טל-1" (ראה חלק עליון של איור 2), נבדקה בהמשך ניסויי השדה בהצלחה, הוכיחה את עצמה מבצעית בסוף מלחמת ההתשה (וייתכן שגרמה להפסקתה מצד המצרים) וגם זכתה בפרס ביטחון ישראל לשנת 1974. האפקט של כ-300 רימונים המתפוצצים כמעט בז-זמנית על פני שטח של כ-30,000 מ"ר<sup>2</sup> (כמעט פי 40 מהשטח שהתקבל בפיזור חופשי!) ומכסים את כולו ברסס אפקטיבי כנגד מטרות רכות, הינו מדהים והרסני.

והנה קוריוז: במהלך הניסויים המוצלחים קרא בנצי נוה מאמר אמריקני משנות החמישים, שדיווח על כישלון ניסוי אמריקני בשיטת הפיזור הצנטריפוגלי עקב אי-יציבות הגוף. כישלון זה הוא שגרם לאמריקנים לנטוש את השיטה לטובת שיטת מגנוס על מגבלותיה... מזל שכתב העת לא הגיע לידי שנתיים קודם לכן!

### עם האוכל בא התיאבון

ההצלחה הראשונית הולידה בחטיבת אווירומכניקה (שממנה צמחה לימים חטיבת מנור) שתי רעיונות שחלק ניכר מהם אומצו בצה"ל, פותחו בחטיבה בשנות ה-70 במימון התעש וזכו להצטיידות. המשותף לכל פרויקטי המצרר של רפאל הוא עקרון הפיזור הצנטריפוגלי. להלן מספר דוגמאות (גם אותן ניתן לראות במוזיאון רפאל):

1. ריאיון עם אולי לביא ביום 3.7.2013.  
 2. ריאיון עם ד"ר בנצי נוה ביום 2.7.2013.  
 3. ריאיון עם נחום שפירא ביום 3.7.2013.  
 4. המידע מתוך קטלוג שיווקי של המערכת.