

פיתוח טיל ג-26 נגד כלי שיט



כתבה שלוש-עשרה בסדרת כתבות על תולדות רפא"ל

ד"ר ראובן אשל

ידי ראש הצוות באמ"ת, רס"ן יונתן מס (לימים המנהל הראשון של חטיבת הטילים), שקבע בין היתר: ספינת-האם תצויד במכ"ם, ואילו הטיל יצויד במשיב ("תוכי") שיאפשר למכ"ם לעקוב אחריו גם במרחקים גדולים. על סמך המידע מהמכ"ם ישלחו לטיל פקודות תיקון כיוון באמצעות שינוי קצב הפולטים של המכ"ם. הטיל ייוצב בגלגול ובגובה טיסתו מעל פני הים על-ידי טייס אוטומטי. מאמץ הפיתוח הוערך ב-170 איש לשנה (כשליש ממצבת כוח-האדם באמ"ת) במשך שמונה שנים - דהיינו מבצעיית מ-1962.

ב-1 ביולי 1954 נערך דיון אצל שר הביטחון, דוד בן-גוריון, בהשתתפות ראשי משרד הביטחון, המטכ"ל ואמ"ת, ובו סוכם על התחלת פיתוח הטיל שקיבל את הכינוי ג-26. כראש הפרויקט נבחר משה (מויה) אפשטיין.

בהשראת צה"ל הסתייג משרד הביטחון מלרכוש מכ"ם יקר לצורך ניווט הטיל לטווחים של מעל 20 ק"מ ודרש להסתפק בניהוג ידני לפי קו ראייה ולכן לטווח מוגבל. בהמשך למגמת ההוזלה ובלחץ חיל האוויר במהלך 1955, דרש הרמטכ"ל, משה דיין, לפתח תוך שלוש שנים

ב-26 במרס 1953 נערך במטכ"ל צה"ל דיון ראשוני ביוזמת אמ"ת (אגף מחקר ותיכון של משרד הביטחון - לימים רפא"ל) בנושא פיתוח טילים לצה"ל, שנקראו אז "קליעים מונהגים". באותה עת שררו בצה"ל ספקות לגבי הכושר המדעי, ההנדסי והארגוני של אמ"ת בפיתוח טילים. בסיכום הדיון, שבו נכחו נציגי אמ"ת, נקבע:

- א. אין מקום במערך אמצעי הלחימה של צה"ל לקליע מונהג קרקע-קרקע.
- ב. אין מקום לקליע מונהג אוויר-קרקע.
- ג. יש מקום לקליע מונהג ים-ים.

ב-6 באוגוסט הודיע ראש אמל"ח החדש, סא"ל עמוס חורב (לימים יו"ר מועצת המנהלים של רפא"ל), לאמ"ת כי צה"ל מאשר לערוך עד מרס 1954 מחקר מוקדם לפי המפרט הבא:

שימוש טקטי מאוניה נגד אוניה, טווח 25 ק"מ, מהירות 600 קמ"ש.
משקל כללי 500 ק"ג, מהם 250 ק"ג חומר נפץ.
דיוק - ניהוג בגלי רדיו והכוונה עצמית בסוף המסלול.

המחקר המוקדם סוכם באפריל 1954 בדו"ח על-



איור 1: הכנות בנגב לניסוי ירי קרקעי של טיל ג-26 מימין לשמאל: זאב בון, אנזלם לוסטיג (ירון), טכנאי הנעה, שמואל בריל (אבראל)

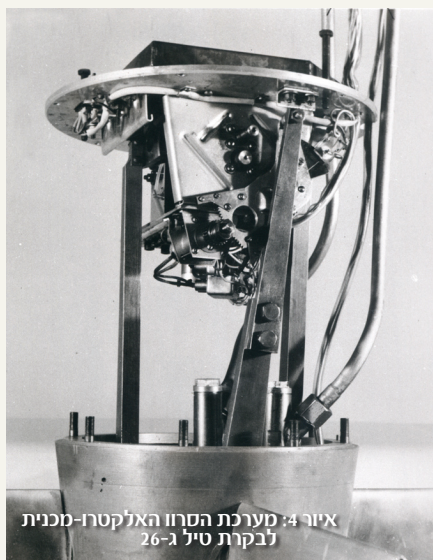
המכנית. באותם ימים, אמצע שנות החמישים של המאה הקודמת, לא היו בארץ מנהרות-רוח, והתכן האווירודינמי הסתמך על חישובים תיאורטיים¹ של מומחים מהטכניון ובראשם הפרופסורים מאיר חנין ואברהם כוגן. הם השתמשו בפרופילים של NACA (לימים NASA) בתור מידות נומינליות. כשנשאלו על-ידי אנשי התכן המכני, בראשות מישיקה ברנע, מה הן ה־סבולות המותרות, ענו בפשטות: "יש לבצע במדויק". ואכן טכנאי המבנאות ובראשם אורי פילוסוף בנו שבלונות מדויקות, מעשה ידי אומן (מייסטר), ושייפו ידנית את פרופילי הכנפיים וההגאים כדי להקטין ככל האפשר את מרווחי האוויר בין הפרופיל לשבלונות. סוגיה קשה אחרת הייתה חומר המבנה. כפי שתואר בכתבה קודמת², בנה מתכן הטילים, ד"ר פיאטלי, את "בזק" ו"מלאך" מעץ לבדו מחשש שטכנולוגיית המתכת אינה מפותחת דיה בארץ. מויה היה חלוץ הטילים ממתכת ואיתגר את אנשי הטכנולוגיה לפתח תהליכי ריתוך ויציקה מדויקים. מישיקה אכן בנה מקטעים גליליים וקוניים ממתכת, אך במייצבי מנוע ההאצה היה זהיר ובחר מבנה כריך שתוכן עץ וציפיו מתכת. ראה אירוס 1 ו-2.



איור 3: מכלול האלקטרוניקה של ג-26 המבוסס על שפורפרות

בועז פופר ושמואל בריל (ראשון משמאל באיור 1), לזווד את הרכיבים הרגישים על בולעי זעזועים. אלא שאז התעוררה בעיה חדשה: האצת הטיל בשיגור ימי או יבשתי גורמת למרסנים להתכווץ עד הקצה, ואז מתקבל הלם בקצה המהלך (Bouncing). בועז חיפש ומצא פתרון בצורת גוש פלסטלינה הסופג את המכה. אלא שפתרון זה דרש אריזה גמישה, אטומה וחזקה מאוד בדמות שריון גומי. לצורכי הפיתוח הזמינו אפוא ברכש כמות מסוימת של קונדומים, אך אנשי הרכש סירבו לטפל במוצר מעין זה. בועז חיפש ומצא בצוותו מתנדב בדמות יוסי סיני. יוסי נכנס לאחד מבתי המרקחת בקרית ובלו להתבייש ביקש 50 קונדומים (ויש אומרים שביקש 300...). במכון התלחששו אז, שהרוקחת הביטה ביוסי בהערצה ומיהרה לעטוף את הסחורה מחשש עינא בישא. אלא שיוסי הוסיף וביקש קבלה על שם משרד הביטחון. השמועות על מה שמתרחש במכון עשו להן כנפיים...

המימוש המכני של מערכות הטייס האוטומטי ובקרת ההגאים הופקד אף הוא בידי בועז פופר. כדי להגיע לדיוקים זוויתיים גבוהים בהגאים, כפי שדרש על-ידי אנשי הבקרה, בחר בועז בזרועות הנעה ארוכות המפוקדות מתוך מחורץ, שמונע על-ידי מנועי חשמל. מבנה מערכת זו מוצג באיור 4. כפי שרואים באיור, מבנה תמיר זה הסתבך עוד יותר עקב הצורך להעביר דרכו את צינורות הדלק של המנוע הנוזלי. הגיעתו התכן האווירודינמי ולאחריותן המעטפת



איור 4: מערכת הטרון האלקטרו-מכנית לבקרת טיל ג-26

קליע נהוג אוויר-קרקע הנורה ממטוס "דקוטה" לטווח של 5-6 ק"מ בלבד, ורק אחר-כך להשלים את פיתוחו של קליע ים-ים. ערעוריו של רס"ן אברהם בוצר (לימים מפקד חיל-הים) לא הועילו, והדרישות מהטיל נוסחו מחדש³ ב-20 בספטמבר 1955, על-ידי ראש אמל"ח הטי, סא"ל שמעון יפתח, שנתיים וחצי אחרי הדרישה המבצעית הראשונה!

מויה בחן שני סוגים של מנועי שיט המפתחים את הדחף הנדרש של 120-150 ק"ג (לשימור מהירות השיט כנגד ההתנגדות האווירודינמית): מנוע פועם (Pulse Jet) דוגמת המנוע ששימש את הגרמנים בטיל V-1, או לחלופין מנוע רקטי נוזלי דוגמת זה ששימש בטיל הגרמני V-2. לבסוף הועדף המנוע הנוזלי שפותח על-ידי מויה וישעיהו ירינצקי (לימים פרופ' בטכניון) ושפיתוחו תואר בפירוט בכתבה קודמת⁵. עבור שיגור ימי, וכן עבור ניסויים קרקעיים, נדרש גם מנוע האצה. לצורך זה נבחר מנוע דלק מוצק, המתנתק מהטיל בתום שלב ההאצה. מנוע זה פותח על-ידי צוות בראשות אמל"ח לוסיג (לימים ירון) הנראה שני מימין באיור 1. פיתוח ההודף המוצק על-ידי דוד וופסי (לימים פרופ' במכון ויצמן) תואר אף הוא בכתבה קודמת⁶. המאיץ וכפני הייצוב שלו נראים בחלקו השמאלי של איור 2.



איור 2: דגם ראשוני של טיל ים-ים ג-26 (1956)

לצורך ניהוג הטיל בקו ראייה לטווחים ארוכים לא ניתן עוד להסתפק בפנסי רכב קטנים כפי שנעשה בפרויקטי "כריש"⁷ ו"כלב-ים"⁸. נבחר אפוא פתרון של ארבעה גורים פירוטכניים בעלי עוצמת תאורה גבוהה, הממוקמים בקצות כנפי הטיל. ניתן להבחין בהם היטב באיור 2. בניגוד לפתרון הפנסים שהוצבו בשני מישורים, נקבעו כל הנורים באותו מישור, דבר שמפשט את פעילות הנווט: כל שעליו לעשות הוא להבחין אם הטיל על קו הראייה למטרה, ואם לא - לתת פקודת תיקון מתאימה באלחוט. יש לציין ששיטה זו יעילה כל עוד מדובר במטרה ובמשגר נייחים יחסית לקו הראייה. זו הנחה סבירה לגבי ירי ימי וקרקעי, אך קשה מאוד למימוש בירי ממטוס, כי משמעות הדבר היא שעל המטוס וצוותו להמשיך לטוס אל עבר המטרה תוך כדי ניהוג הטיל.

את הטייס האוטומטי ומערכת הבקרה לניהוג תכנון זאב בונן (לימים מנהל רפא"ל) הנראה ראשון מימין באיור 1, בלבוש טיפוסי לאותם ימים. בניסויים העבירו את מדידות הישגו הטיל במלמטריה אלחוטית אל בסיס השיגור. באותם ימים שלטו עדיין שפורפרות האלקטרוניקה ולכן היה מקטע האלקטרוניקה כבד ומסורבל (ראה איור 3). יתרה מזו, השפורפרות רגישות לרעידות, להלמים ולתאוצות. לכן החליטו אנשי הייזוד, ובראשם



איור 5: טיל מגרסה ג-25 ("לוז") לקראת הטלתו ממטוס "דקוטה"

בשנת 1956 הגיע הטיל לשלב ניסויי שדה. באיור 1 נראות ההכנות לניסוי קרקעי, ובאיור 5 מוצג טיל מגרסה מתקדמת יותר לקראת הטלה ממטוס "דקוטה". באותה שנה הצטיידו המצרים במשחתות רוסיות מדגם "סקור", חמושות במערכות נשק מתקדמות נגד מטוסים. כדי לא להיפגע מאיום חדש זה, דרש חיל האוויר להגדיל את טווח הטיל מ-6 ל-9 ק"מ. בסוף אותה שנה, כשפרצה מלחמת סיני (מבצע "קדש"), סופקו לישראל מטוסים צרפתיים חדישים ומהירים מסוג "טוור" ו"אורגן". מטוסים אלה לא התאימו עוד לניהוג בקו ראייה, וכך ננטשה המשימה מול חיל-האוויר וקיבלה מפנה לחילות האחרים. גם הטיל השתנה מאוד מבחינה טכנולוגית וקיבל את הכינוי ג-25 או "לוז". לטיל החדש תוקדש הכתבה ההיסטורית בגיליון הבא.



1. מוניה מרדור, רפא"ל - בנתיבי המחקר והפיתוח לביטחון ישראל, הוצאת משרד הביטחון, 1980, עמ' 225.
 2. מוניה מרדור, שם, עמ' 226.
 3. יונתן סס, דו"ח מס' 20 באפריל 1954.
 4. מוניה מרדור, שם, עמ' 230.
 5. ראובן אשל, "פיתוח רקטות נוזליות בתקופת אמ"ת", רפאל שלנו, גיליון 5, אפריל 2005, עמ' 26-27.
 6. ראובן אשל, "פיתוח חומרי הדף בחיל המדע", רפאל שלנו, גיליון 6, ספטמבר 2005, עמ' 23-24.
 7. אלי שבילי, "פיתוח הכריש - טורפדו נהוג מרחוק כנגד אפיות", רפאל שלנו, גיליון 7, אפריל 2006, עמ' 18-19.
 8. אלי שבילי, "כלב-הים", רפאל שלנו, גיליון 8, ספטמבר 2006, עמ' 24-25.
 9. אשר סיגל, ספר התצורות האווירודינמיות מפיתוח רפא"ל, דו"ח ת"ט T-12, כרך א' (1991), עמ' 1-2 עד 4-1.
 10. אלי שבילי, "קליע אוויר-ים - שלבים ראשונים", רפאל שלנו, גיליון 9, מרס 2007, עמ' 21-22.