

איור 1

פיתוח רקטות מטאורולוגיות ברפא"ל* ראשית עידן החלל במדינת ישראל

ד"ר ראובן אשל
כתבה מספר עשרים ואחת בסדרת כתבות על תולדות רפא"ל בעריכת המחבר

מטרות הפיתוח¹

הקורא את כותרת הכתבה בוודאי ישאל את עצמו מה לפיתוח רקטות מטאורולוגיות במוסד המפתח אמצעי לחימה? ייאמר תחילה שפעילות זו, שרוכזה בתחום הנעה רקטית, בוצעה מאמצע שנות החמישים - אז החלה הפעילות לפיתוח טילים, ועד סוף שנות השישים של המאה הקודמת. הפעילות בוצעה כמחקר כללי בהיקף צנוע של שנות אדם בודדות מדי שנה. המטרה הראשונית הייתה לבדוק שיטות בנייה מתקדמות של מנועים בעלי דלק מוצק ולבחון חומרים לבידוד תרמי, מבנה מכלי לחץ, מדליקים וכדומה. צורת עבודה זו איפשרה לבחון את האלמנטים השונים בניסוי ירי פשוטים וזולים. כדי להסתיר את הכוונה של פיתוח טילים, שהייתה סודית בתחילת הדרך, הוכרזה - כסיפור כיסוי - מטרה משנית בלתי מסווגת של חקר תכונות האטמוספירה כגון השתנות הלחץ, הטמפרטורה ועוצמת הרוח עם הגובה. לשיא הפרסום הגיעה הרקטה "שביט-2" ששוגרה ב-5 ביולי 1961 לגובה רב, ויצרה לישראל בעולם תדמית של מדינה הפורצת לחלל. ברבות הימים הייתה הפעילות הגליה לעזר רב

לפקולטה לאווירונאוטיקה בטכניון, שבה עסקו הסטודנטים לקראת סיום לימודי תואר ראשון בפיתוח רקטות מטאורולוגיות בהדרכת מהנדסי ההנעה של רפא"ל. פעילות זו נמשכה בטכניון גם לאחר שדעכה ברפא"ל בשנות השבעים. סדרת כל הרקטות המטאורולוגיות שפותחו ברפא"ל מודגמת באיור 1.

רקטות מוצקות ראשונות משנות החמישים

המונח "רקטה מוצקה" (בניגוד לרקטה נוזלית) בא לציין שהיא מבוססת על הודף מוצק. הרקטה המוצקה הראשונה פותחה ברפא"ל עבור הסופר-בזוקה² והייתה מבוססת על הודף מדלק פוליאסטר עם פוטסיום פרכלורט כמחמצן. אותו הודף שימש גם במאיץ של טיל ג-26³. שניהם פותחו באמצע שנות החמישים. לצורך לימוד הפרמטרים של מנועים מוצקים אלה פותחה במקביל רקטה לימודית צנועה בקוטר 115 מ"מ שנקראה ר-115. בעירתו של ההודף הנ"ל יצרה עשן סמיך רב, ולכן התאים ההודף בעיקר לזמני בעירה קצרים. כשפותח בסוף שנות

החמישים טיל קרקע-קרקע "לוז"⁵, שבו גם השייט מבוסס על דלק מוצק, היה צורך לפתח הודף חדש המפיק פחות עשן, כדי לאפשר ניהוג על קו ראייה ללא הסתרות. הפתרון שגובש על ידי דב כץ ורות קורט התקבל על ידי החלפת המחמצן מפוטסיום לאמוניום פרכלורט. הרקטה המטאורולוגית שליוותה את פיתוח טיל ה"לוז" וטיל אוויר-אוויר ראשון "שפיר-1"⁶ נקראה "שביט-1". רקטה זו, בקוטר 270 מ"מ, השתמשה במנוע המוצק של ה"לוז". מכיון שהיא שימשה כרקטה מטאורולוגית, היא הגיעה לגובה של 40 ק"מ - הרבה מעל גובה מעופו של טיל טקטי כלשהו.

המירוץ לחלל בראשית שנות השישים

בסוף שנות החמישים ותחילת שנות השישים התנהל מירוץ חלל בין ארה"ב לבריה"מ, אך התקיימה גם תחרות בקנה מידה מוקטן בין ישראל למצרים. מספר מוניה מרדור, מנהל רפא"ל דאז, בספרו:

«מנהיגי מצרים [נאצר] תכננו לשגר

בקוטר 115 מ"מ למנוע בקוטר 160 מ"מ מסוגלת הרקטה של "שביט-2" משופר לטפס עוד 10 ק"מ ולהגיע לחום של 90 ק"מ. שנה לאחר-מכן, ב-1966, הוסיפו לרקטה מטאורולוגית שלב שלישי, זהה לשני (איור 5), והתקבל גובה נסיקה של מעל 150 ק"מ שהוא לכל הדעות מעבר לנדרש לחקר האטמוספירה ומצביע על התעניינות בחקר החלל.

במלאות חמישים שנה לפעילות ישראל בחלל פורסם הספר "מעל האופק", שהוקדש לטייס החלל הישראלי הראשון, אילן רמון ז"ל, שנספה בשנת 2003 יחד עם כל צוות החללית "קולומביה" בעת חזרתה לכדור הארץ.

לפעילות רפאל בהנעת חלל תיוחד בעתיד כתבה נפרדת.

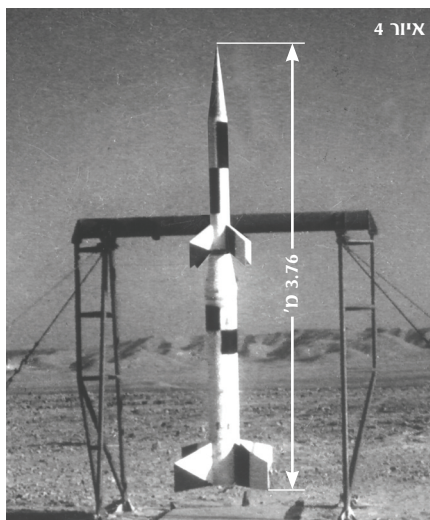
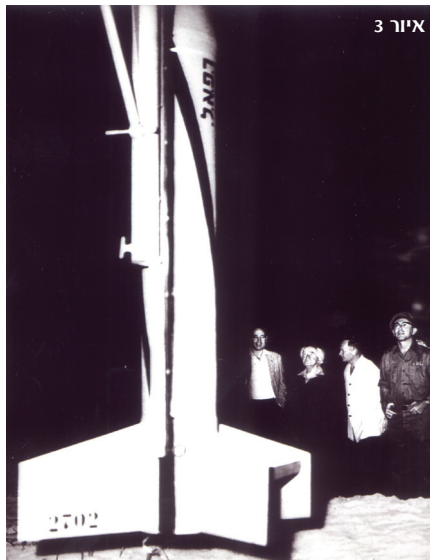


1. ישי פלג, "תולדות פיתוח רקטות מטאורולוגיות ברפאל", ד"ר M1/2007/1090, ינואר 2008.
2. ראובן אשל, "פיתוח רקטות נוזליות בתקופת אמ"ת (1952 - 1958)", רפאל שלנו, גיליון 5, אפריל 2005.
3. ראובן אשל, "פיתוחים ראשונים של נשק אישי נגד טנקים", רפאל שלנו, גיליון 10, ספטמבר 2007.
4. ראובן אשל, "פיתוח טיל ג-26 נגד כלי שיט", רפאל שלנו, גיליון 12, ספטמבר 2008.
5. ראובן אשל, "הלוז - טיל מבצעי ראשון מתוצרת רפאל", רפאל שלנו, גיליון 13, אפריל 2009.
6. חיים סלעי, "סיפורו של שפריר-1 - טיל אוויר-אוויר ראשון שפותח ברפאל", רפאל שלנו, גיליון 16, ספטמבר 2010.
7. מוניה מרדור, רפאל בנתיבי המחקר והפיתוח לביטחון ישראל, ספר בהוצאת משרד הביטחון, 1981, עמ' 319.
8. דני שלום, מעל האופק - חמישים שנות פעילות ישראלית בחלל, ספר בהוצאת "באוור" - פרסומי תעופה, 2004.

* השם רפאל (הרשות לפיתוח אמצעי לחימה) שונה בשנת 2007 לרפאל מערכות לחימה מתקדמות בע"מ.



50% בלבד. ולבסוף, הצילום המעוות תרם את חלקו בדעת הקהל בארץ, במצרים ובעולם - עובדה שהמצרים פרשו באותה עת מהתחרות. הלך שטכני העיקרי שנלמד מהשיגור הוא שכדי להדליק מנוע רקטי בגובה רב (שבו הלחץ האטמוספרי נמוך מאוד), נדרש מדליק מיוחד מסוג פיירון שהוא מעין רקטה זעירה המוצתת חשמלית.



ומה הלאה?
ב-15.4.1962, פחות משנה לאחר שיגור "שביט-2", נערכה פגישה אצל סגן שר הביטחון, שמעון פרס, עם נציגי האגודה האסטרונוטית בישראל, שכבר מנתה אז 150 מדענים. בפגישה זו הוחלט להנהיג בפקולטה להנדסה אווירונאוטית וחלל בטכניון פרויקט גמר שנתי של בנייה ושיגור רקטה מטאורולוגית, שתתוכנן ותיבנה על ידי סטודנטים בשנה הרביעית בסיוע מהנדסים וחומרים שתספק רפאל. מסורת זו מתקיימת בטכניון עד היום, גם ללא הסיוע של רפאל, ומדי כמה שנים משוגרת שם רקטה מטאורולוגית על-ידי הסטודנטים לאווירונאוטיקה וחלל.

בתוך רפאל שוב ירדה הפעילות בחשיבותה לאחר הצלחת שיגור "שביט-2", וחזרה לתקצוב ולעדיפות נמוכים. יחד עם זאת, "עם האוכל בא התיאבון": ב-1965 הסתיים פיתוח אב-טיפוס של המנוע לטיל "שפריר-2", שהינו בקוטר 160 מ"מ. על ידי החלפת השלב השני של "שביט-2" ממנוע

מספר טילים לקראת יום ההפיכה, ב-23 ביולי 1961, כדי לבטא בכך את ראשוניותם ביבשות אפריקה ואסיה. כיוון שטילים מפיתוח עצמי טרם היו בידיהם, הוטל על פרופסור דמדאש, מרצה לאווירונאוטיקה באוניברסיטת קהיר, לבקש מ-NASA, הסוכנות לחקר החלל בארה"ב, אישור לרכישת שש רקטות מטאורולוגיות מטיפוס Javelin-Viper. המצרים התכוונו לשגר רקטות אלה ולפרסם הודעת כזב כי שיגור טילים מתוצרת מצרים. לאחר שנודעה כוונת המצרים, החליט (ראש הממשלה ושר הביטחון, דוד בן-גוריון) להקדימם, על ידי שיגור רקטה מטאורולוגית ישראלית מקורית. המשימה שהוטלה על רפאל (בינואר 1961) הושלמה בהצלחה ב-5 ביולי 1961, שמונה עשר ימים לפני יום ההפיכה במצרים. כך סיכלו את כוונת המצרים להקדים אותנו בשילוח הרקטה וזכינו ביקרה מדינית".

עוד באותו בוקר הדביק העיתון "דבר" פלקטים גדולים על כל לוחות המודעות בחוצות תל-אביב המכריזים על הצלחת השיגור. צילום הפלקט נראה באיור 2. למחרת שוחרר לעיתונות גם צילום מרשים הנראה באיור 3. זוויית הצילום יוצרת את האשליה שמדובר ברקטה שקוטרה 800 מ"מ לפחות, בעוד שבמציאות היה קוטרה 270 מ"מ בלבד, כפי שנראה בצילום רגיל מהצד (איור 4). התדהמה וההתלהבות בארץ היו כה גדולות, שהרקטה כונתה בציבור "טיל בחירות" - רמז לבחירות לכנסת שבהן שוב זכתה מפלגת מפא"י בראשות דוד בן-גוריון.

איור 2

הבר טיל ישראלי שוגר הבוקר בהצלחה לחלל

ההייטח חובנת נכחת ושיגרת עליווית צוית. חרענים וטכנאים וישראלים. כונו השיגור, כשיעור 144 לטנות בוקר, נכחו מנכנסים וישראלים וישראלים. רקת הבחלת, שיגרת וישראלים, היסטוריה ואנשי מדע.

מטרות הניסוי הושגו

הטיל פונה בשם «שניים 2»

כיצד הצליחה רפאל להגיע להישג כה מרשים בהתרעה כה קצרה?

היה זה שילוב של כמה גורמים: ראשית, ראש תחום הנעה - אמזלם לוסטיג (לימים ירון) ומהנדס הרקטות המטאורולוגיות - אפרים מיכאלי, שהכילו להרכיב במהירות רקטה דו-שלבית על בסיס שתי רקטות קיימות ומוכחות - שלב ראשון על בסיס "שביט-1" (המבוסס על מנוע ה"לוז"), ושלב שני על בסיס רקטת ר-115. שנית, המבצע קיבל עדיפות עליונה בחצר, למורת רוחם של הפרויקטים האחרים, וכך הושלמו במהירות החישובים האווירודינמיים ובמקביל תכן מבנה הראש, המייצבים האווירודינמיים והקונוס בין השלבים. שלישית, שלישיית, היה כאן הימור שהצליח: לא נערך שום ניסוי מקדים לשיגור המפורסם, למרות ההערכה מראש של סיכויי הצלחה של