

למידה ישראלית מהניסיון הסובייטי בבנייתו ובהפעלתו של מערך אסטרטגי להגנה נגד טילים (1945-1991), תא"ל גלעד בירן

"איזהו חכם? הלומד מכל אדם,

שנאמר מכל מלמד השכלתי"

(משנה אבות ד' א')

מבוא

מדינת ישראל מתמודדת עם ירי תלול מסלול לעבר יישובים בעורפה, מראשית ימיה. מאז אמצע שנות ה־80 נבנה בישראל, בהשקעה של מיליארדי שקלים ובשיתוף פעולה הדוק עם ארצות־הברית, מערך הגנה אקטיבית רב־שכבתי מתקדם. ליכולת ההתמודדות נגד איומי תמ"ס נודעת חשיבות מרכזית בביטחון הלאומי של מדינת ישראל בימינו. עובדה זאת באה לידי ביטוי בהוספת "רגל" ההגנה לתפיסת הביטחון הישראלית.¹ לאור היחסים המיוחדים ברמה האסטרטגית בין ארצות־הברית וישראל ושיתוף הפעולה ההדוק, בפיתוח ובהפעלת מערכות ההגנה האקטיבית, מרביתו המוחלט של הידע הקיים בארץ בנושא זה, מקורו בארצות־הברית. הידע הקיים בישראל בנושא ההגנה נגד טילים בברית־המועצות הוא מצומצם ביותר. משום כך, מבקשת עבודה זו ללמוד מניסיונם של הסובייטים אודות בנייתו והפעלתו של מערך אסטרטגי להגנה נגד טילים על־מנת ליישם לקחים רלוונטיים לאופן שבו נבנה ומופעל בישראל מערך ההגנה האקטיבית נגד איומים תלולי מסלול.

עיון בהיסטוריה הצבאית של ברית־המועצות חושף השקעה חריגה בהיקפה, בהגנה נגד טילים, ולמעשה לברית־המועצות היה הניסיון הארוך ביותר בהיסטוריה בהקמה של מערך הגנה נגד טילים והיערכות להפעלתו המבצעית. הסובייטים השקיעו בתחום ההגנה מטיילים את הנתח התקציבי (כאחוז מהתמ"ג) הגדול ביותר שהושקע בעולם בידי מדינה כלשהי אי פעם. בניגוד למערך ההגנה האקטיבית הישראלי לו נודעה הצלחה מבצעית, מערך ההגנה האסטרטגי נגד טילים בברית־המועצות לא הופעל מבצעית כלל ואף קיימים מחקרים הטוענים כי לו היה נדרש לפעולה לא היה מצליח במימוש ייעודו. חרף ההבדלים בין ההגנה נגד טילים על ברית־המועצות

¹ מאיר פינקל, יניב פרידמן ודנה פרייזלר־סווירי, "הגנה פעילה כרגל רביעית בתפיסת הביטחון – מה ניתן ללמוד ממבצע "צוק איתן"?", בין הקטבים, 4 (2015), עמ' 121.

בתקופת המלחמה הקרה לבין ההגנה נגד איומי תלולי מסלול על מדינת ישראל בימינו, ישנו טעם רב במיצוי כלל מקורות הלמידה וניתן ללמוד רבות ולהפיק לקחים רלוונטיים מהניסיון הסובייטי בהגנה נגד טילים להגנה האקטיבית בישראל.

האיום האווירי הוא איום בעל מאפיינים ייחודיים ושונים מהאיומים הצבאיים שהיו ידועים עד תחילתה של המאה ה-20. כאשר מנתחים את הלחימה האווירית ניתן לראות כי "למרחב האוויר יש כמה יתרונות על מרחבי היבשה והים: הוא מאפשר פרספקטיבה רחבה יותר, מהירות תנועה וטווח גדולים יותר ותמרון בשלושה ממדים כמעט ללא מכשולים".² עוד מקובל להניח ש"באופן כללי, הכוח האווירי מספק יכולת פעולה במגוון רחב מאד של זירות ומשימות, מאפשר תגובה מהירה, בעוצמה נשלטת, בכל טווח, ובכך מספק לדרג המדיני זמינות וגמישות של תגובה מידית ואת הערוץ המהיר ביותר להשפעה על קבלת ההחלטות של היריב".³

בתקופה שבין מלחמות העולם עסקו תאורטיקנים צבאיים באינטנסיביות בהשלכות התפתחות התווך האווירי על שדה הקרב. המונח "הפצצה אסטרטגית", שמטרתה הבסת מדינת אויב עלידי השמדת יכולתה הכלכלית או שבירת כוח הרצון של הציבור להילחם, באמצעות הפצצה מסיבית מהאוויר התפתח בשנים אלו. אמירתו המפורסמת מ-1932 של סטנלי בולדווין, שכיהן שלוש פעמים כראש ממשלת בריטניה בתקופה שבין המלחמות, כי "המפציץ תמיד יחדור" שיקפה הלך רוח שטען כי ההגנה האווירית לא תוכל לסכל את יכולתם של המפציצים לבצע משימתם.⁴ ההתפתחות המואצת של כלי טיס למטרות צבאיות ובעיקר השימוש במטוסים לתקיפת ערים מהאוויר, שהחלה במהלך מלחמת האזרחים בספרד והגיעה לשיאים של עוצמה והרג במלחמת העולם השנייה, הובילו את המדינות שהותקפו לפתח מענה לאיום זה המושתת על אמצעים הגנתיים והתקפיים.⁵ המענה מורכב מחמישה רבדים: הרתעה, התקפה, התרעה מוקדמת, הגנה אקטיבית והגנה ופסיבית.⁶

רובדי המענה, שפותחו נגד האיום האווירי ממטוסים עד סיום מלחמת העולם השנייה משמשים עד היום נגד האיום האווירי המרכזי הנוכחי – האיום מטילים. שהרי "מנקודת ראותה של האוכלוסייה המותקפת אין הבדל עקרוני בין איום של טילים

² שמואל גורדון, "עקרונות הלוחמה האווירית", **מערכות** 342 (1995), עמ' 8.

³ גדעון חושן, "מאחורי הקלעים – העוצמה הארגונית שמאחורי העוצמה האווירית", **בין הקטבים** 12–11, (2017), עמ' 199.

⁴ Baldwin Stanley, A Fear For The Future' 1932.

⁵ עוזי רובין, "ממטרד לאיום אסטרטגי: מתקפת הרקטות מרצועת עזה על דרום מדינת ישראל", **עיונים בביטחון המזה"ת** 87 (2011), מרכז בגי'סאדא, עמ' 30.

⁶ בעז קמינר, "גילוי מוקדם מציל חיים", **מערכות** 412 (2007), עמ' 21–14.

ורקטות לבין איום של הפצצות מהאוויר. בשני המקרים האיום בא מלמעלה. ניתן לראות טילים ורקטות כפצצות בעלות יכולת הנעה עצמית שאינם זקוקים למטוסים שיישאו אותם, האפקט דומה כתלות בגודל ראש הקרב (הרש"ק) של הטיילים והרקטות. הגיוני שגם צעדי המענה ההגנתיים נגד טילים ורקטות יכללו מענים אקטיביים, יירוט והשמדת הטיילים והרקטות במעופם, ומענים פאסיביים שעיקרם מתן התראות ומיגון האוכלוסייה.⁷ על-פי ההגדרות העדכניות של נאט"ו, הגנה נגד טילים היא "כל האמצעים להגנה על אוכלוסיות, טריטוריה וכוחות נגד הספקטרום המלא של איום מטילים". הגנה אווירית אקטיבית מוגדרת כ"צעדים הפעילים המבוצעים נגד כוחות אויב תוקפים בכדי להרוס או לבטל כל צורה של איום אווירי ואיום מטילים, או בכדי לצמצם את האפקטיביות של כל התקפה כזו".⁸

העבודה תחומה בשנים 1945-1991, שבהן התפתח תחום ההגנה נגד טילים כחלק מהמלחמה הקרה בין ארצות-הברית וברית-המועצות. תחום עיסוקנו להלן הוא באמצעים הפעילים בלבד ליירוט איומים אוויריים. האמצעים הסבילים להתמודדות נגד איומים אוויריים מוזכרים כרקע בלבד. המאמר מתבסס בעיקר על חומרים שנכתבו במדינות המערב (בעיקר בארצות-הברית) ועל חומרים שנכתבו בישראל. חלקם של החומרים מתורגמים מרוסית, אך רוב המקורות הם באנגלית ובעברית.

במאמר ארבעה פרקים: הפרק הראשון סוקר את התפתחות איום הטיילים בעולם בכלל, והאיום על ברית-המועצות ועל ישראל בפרט. הפרק השני מתאר את אופן התפתחותה של ההגנה הסובייטית נגד טילים ואת מאפייניה המרכזיים של ההגנה האווירית בברית-המועצות. הפרק השלישי דן בהתפתחות מערך ההגנה האקטיבית בישראל. הפרק הרביעי עוסק בלמידה מההגנה נגד טילים בברית-המועצות להגנה האקטיבית בישראל. בסיכום העבודה מופיעות המלצות יישומיות כתוצר של לקחי ההגנה הסובייטית נגד טילים, ליישום בתחום ההגנה האקטיבית בישראל.

איומים תלולי מסלול – מרקטות לטיילים

הטיילים שהתפתחו במאה העשרים שינו את פניו של האיום האווירי ובמידה רבה גם את פניה של המערכה. המונח טיל מוגדר כ"חימוש בעל הנעה עצמית שמסלולו נשלט בזמן טיסתו". הרקטה, שממנה התפתח הטיל, מוגדרת כ"חימוש בעל הנעה עצמית שמסלולו בזמן טיסתו הוא בלתי נשלט".⁹ לתקיפה באמצעות טילים יש כמה יתרונות

⁷ רובין עוזי (2011), עמ' 30.

NATO (2014), AAP-06⁸

NATO (2014), [AAP-06](#)⁹

על פני מטוסים, ביניהם: זמן תגובה מהיר יותר, שרידות מוגדלת, צמצום המאמץ הלוגיסטי ואפשרות פריסת אמצעי התקיפה במרחב הטריטוריאלי היבשתי והימי של המדינה.¹⁰ נדרשת הבנה מעמיקה של איום הטילים שעיימו התמודדה ברית-המועצות ושל האיומים תלולי המסלול שעיימו מתמודדות ישראל, כדי לנתח את האופן שבו התפתחו מערכי ההגנה נגד איומים אלו. לפיכך, ידון פרק זה בהתפתחות איום הרקטות והטילים ובדרכים שבהן השפיע איום זה על הלוחמה באופן כללי ועל הביטחון הלאומי של ברית-המועצות ושל ישראל באופן פרטני.

השימוש ברקטות לצורכי הפגזה החל ככל הנראה בסין לפני כאלף שנים. מקור המונח רקטה הוא ככל הנראה איטלקי, Racchetta באיטלקית פירושה "פתיל קצר". במאה השבע עשרה הייתה בהודו ארטילריה רקטית יעילה לטווחים של קילומטרים ספורים. הבריטים התרשמו מהרקטות ההודיות ואימצו אותן לעצמם.¹¹ רקטות שימשו את הצבא הבריטי במשך עשרות שנים.¹² ההתפתחות המהירה של הארטילריה הקנית המדויקת במאה התשע עשרה, הביאה לדעיכה ולבסוף להפסקת השימוש בארטילריה רקטית. סוג נשק זה הוחזר לשדה המערכה על-ידי ברית-המועצות בתחילת מלחמת העולם השנייה, מכיוון שהיה זול יותר לייצור המוני מאשר ארטילריה קנית. הנשק הרקטי הסובייטי נרשם בדפי ההיסטוריה תחת כינוי החיבה "קטיושה", שנתנו לו חיילי הצבא האדום.

בראשית המאה ה-20, הושגה התקדמות מדעית, ששינתה את עולם הרקטות והטילים לבלי הכר. מדען רוסי בשם קונסטנטין ציולקובסקי, חקר לעומק את התנגדות האוויר לתנועה רקטית וחישב כי אפשר לפתח רקטה רב שלבית כלומא כזו העושה שימוש במספר מנועים רקטיים על-מנת להניע מערכת למסלול כלשהו באוויר, שתתגבר על הכבידה של כדור הארץ. בצידו השני של כדור הארץ פיתח פיזיקאי אמריקני בשם רוברט גודארד את רעיון ההנעה של רקטות בדלק נוזלי, מתוך מחשבה להגיע לחלל. גודארד התחיל לפתח רקטות כאלה כבר ב-1911, אך מאמציו התעכבו בשל מלחמת העולם הראשונה. ב-1926 שיגר גודארד בהצלחה רקטה ראשונה שהונעה בחמצן נוזלי ובבנזין, לטווח קצר. גודארד שיכלל את הרקטות שלו, ובתוך עשור, כבר שיגר רקטות לגובה של קילומטרים אחדים. לצד זאת, הוא פיתח מערכת ניווט

¹⁰ יובל שטייניץ, "טילים רבות, טילים", **מערכות** 404-405, עמ' 74.

¹¹ רובין עוזי (2011), עמ' 6.

¹² עדות לשימוש זה ניתן למצוא במילותיו של ההמנון האמריקני שנכתב ב-1814 בידי פרנסיס סקוט קיי (Francis Scott Key). בשנת 1812 במהלך המלחמה בין ארצות-הברית לבריטניה. קיי שאב השראה מדגל הקרב של מבצר מקינהרי בבולטימור, ששרד הרעשת רקטות בריטית קשה: "And our flag the rocket red glare, bombs bursting in air, gave proof through the night that was still there"

ג'רוסקופית, שאפשרה לשנות את כיוון הרקטות. במלחמת העולם השנייה נרתם גודארד למאמץ המלחמתי, אך לאכזבתו לא גילתה מערכת הביטחון האמריקנית עניין רב בהצעותיו לפיתוח רקטות ארוכות טווח.¹³

פיתוחיו של גודארד נלמדו בקפדנות בגרמניה. עוד לפני תחילתה של מלחמת העולם השנייה, החליט המשטר הנאצי להשקיע בתוכנית טילים. בראש התוכנית הוצב הפיסיקאי וורנר פון בראון. קבוצת המחקר שהוביל פיתחה בשנים 1933-1945 מספר דגמים של טילים בליסטיים במסגרת סדרת טילי ה-Aggregat.¹⁴ הצלחתה הגדולה ביותר של קבוצת המחקר היא ה-A-4, הידוע יותר כטיל ה-V-2 – הטיל הבליסטי המבצעי הראשון בהיסטוריה. תוכניות מתקדמות יותר בסדרה שלא מומשו בידי הנאצים, כללו טיל בליסטי בין-יבשתי ומשגר לוויינים. על בסיס תוכניות אלו, פותחו לאחר מלחמת העולם תוכניות הטילים והחלל של ארצות-הברית ושל ברית-המועצות. ב-2 בספטמבר 1944 שוגר לראשונה V-2 באופן מבצעי, בהתקפה על פריז.¹⁵

למרות האפקטיביות הלא מספקת של השימוש בטיילים, בסיום מלחמת העולם השנייה, רווחה ההבנה כי נשק העתיד יהיה שילוב של הנשק הגרעיני עם טילים לטווח ארוך. פון בראון, ראש תוכנית הטילים הנאצית, הסגיר את עצמו ועוד קבוצה של כמאה מאנשיו לצבא האמריקני. המהנדסים הגרמנים הועברו במבצע חשאי לארצות-הברית, שם במקום לעמוד לדין על פשעי מלחמה, עסקו בפיתוח טילים בין-יבשתיים ובעיקר בפיתוח טילים מונחים. קבוצה גדולה עוד יותר של עובדים במערך הטילים הגרמני עשתה את דרכה לעברו השני של מסך הברזל. הצבא הסובייטי תפס בשבי לא פחות מ-5,000 מאנשי הפיתוח, הייצור והשיגור של טילי V-2, לצד טילים וחלקי טילים. לפיכך, שימש הידע הנאצי כבסיס להתפתחותן של תוכניות הטילים והחלל של שתי המעצמות הגדולות בתקופת המלחמה הקרה.

התפתחות איום הטילים על ברית-המועצות

ארצות-הברית סיימה את מלחמת העולם השנייה כמעצמה המחזיקה באופן בלעדי בעולם יכולת גרעינית. נוסף על כך, הייתה לארצות-הברית, בתום המלחמה, עליונות

¹³ איתי נבו, "מסין העתיקה למאדים ולעזה", הידען, 14 ביולי 2014.

¹⁴ Aggregat בגרמנית – אוסף של מכונות העובדות באופן מתואם יחד.

¹⁵ מערך הטילים המבצעי הנאצי כלל, נוסף על הטיל הבליסטי V-2, את טיל השיוט הראשון בעולם – ה-V-1. האות V בשם של הטילים, מייצגת קיצור של המילה הגרמנית Vergeltungswaffen – שפירושה "נשק נקם". עד לסיום המלחמה שיגרו הגרמנים לפחות 3,172 טילים מדגם זה. 1,358 מהטילים שוגרו לעבר בריטניה. מתוכם 518 פגעו בלונדון וגרמו ל-2,754 הרוגים ול-6,523 פצועים. קמינר, 2007, עמ' 16.

בולטת על יריבתה, ברית-המועצות, באיכות ובכמות המטוסים, בדגש על מפציצים אסטרטגיים. לתחושת העליונות הצבאית הצטרף שינוי בסדר העדיפות הלאומי, שהתבטא בכך שבתום המלחמה התפנתה ארצות-הברית לטפל בסוגיות פנימיות ותקציב הביטחון קוצץ.¹⁶ מסיבות אלו, התקדם המחקר האמריקני בנושא טילים בקצב איטי יחסית לאחר תום מלחמת העולם.

בשנים הראשונות של המלחמה הקרה פותחה בארצות-הברית דוקטרינה שהוביל הנשיא האמריקני אייזנהאואר ואשר כונתה בשם "תגובה מסיבית". מהות הדוקטרינה הייתה איום על ברית-המועצות, בשימוש בנשק גרעיני נגד כוחות הצבא הפולשים ונגד המנהיגים הסובייטים, אם הצבא האדום ינסה לפלוש לאירופה. פצצות האטום הראשונות, שהוטלו במלחמת העולם השנייה, היו גדולות ממדים והצריכו כוח אדם מיומן לצורך חימושן והטלתן. הפצצות יכלו להינשא רק עלידי מפציצים כבדים. המטוס ששימש את ארצות-הברית לטובת הטלת פצצות אטום באותה תקופה היה ה-B-29, שיכול היה לשאת פצצה יחידה בלבד. ב-1946 הוקם בארצות-הברית פיקוד האוויר האסטרטגי שהיה אחראי להחזקת כוננות מתמדת של מפציצים נושאי חימוש גרעיני שיועדו לתקיפת מוסקווה ביום פקודה.

בשנים שלאחר מלחמת העולם השנייה, השקיעה ברית-המועצות מאמץ רחב ממדים בפיתוח נשק גרעיני. ב-29 באוגוסט 1949, ערכו הסובייטים ניסוי בפצצת ביקוע ראשונה. אובדן המונופול האמריקני על הנשק הגרעיני סימן את תחילתו של מרוץ החימוש. עוד לפני כן הכריז הנשיא טרומן על החלטתו לפתוח בתוכנית מואצת לפיתוח פצצה בעלת עוצמה חזקה בהרבה מזו שהוטלה על יפן: פצצת המימן. הפצצה התרמוגרעינית הראשונה, נוסתה עלידי ארצות-הברית בנובמבר 1952. הפצצה הייתה אב טיפוס בלבד, ובשל ממדיה לא הייתה בעלת יכולת מבצעית. ברית-המועצות ביצעה ניסוי בהתקן התרמו-גרעיני שלה, שתוכנן עלידי הפיזיקאי אנדריי סחרוב, באוגוסט 1953. התקן זה היה בעל יכולת מבצעית וגרם לחשש של ממש במערב. הרעיון לצייד טילים בראשי קרב גרעיניים עלה בארצות-הברית מייד לאחר השימוש הראשון בנשק גרעיני בהירושימה, אך בשל קשיים טכנולוגיים ותעדוף משאבים, יכולת זאת החלה להתפתח רק בסוף שנות הארבעים והגיעה לבשלות מבצעית בארצות-הברית בשנות החמישים שלה.

¹⁶ תוך ארבע שנים מ-40 אחוזים מהתוצר הלאומי הגולמי ב-1944, לכדי ארבעה אחוזים בלבד ב-1948 דן ברק, "מתכוננים למלחמה הלא נכונה – חיל האוויר האמריקאי בקוריאה ובצפון וייטנאם", **בין הקטבים**, גיליון 11-12 (2017), עמ' 175-197.

מפצצים ורקטות קצרות טווח לקו בכמה בעיות שהגבילו את האפקטיביות המבצעית שלהם: המטוסים היו ניתנים ליירוט והטילים הגרעיניים הראשונים היו בעלי טווח קצר שלא אפשר פגיעה במטרות בעומק האויב. אולם, עד שנות ה-60 פיתחו ארצות הברית וברית המועצות טילים בליסטיים בין-בשתיים בעלי טווח המאפשר פגיעתם גם במטרות באזורים מרוחקים¹⁷. הפיתוח המואץ הן בארצות הברית והן בברית המועצות של טכנולוגיות צבאיות שאפשרו תגובה גרעינית מהירה, שינו את הדוקטרינה האמריקנית. ביצוע דוקטרינת "תגובה מסיבית" בידי האמריקנים הייתה גורמת לתגובה גרעינית נגד ארצות הברית. זו הסיבה שאנשי תורת המשחקים בצוות חשיבה של תאגיד ראנד פיתחו אסטרטגיית לוחמה גרעינית אשר תיקרא לימים "השמדה הדדית מובטחת", (MAD – Mutually Assured Destruction). על-פי דוקטרינה זאת, שימוש בנשק גרעיני על-ידי שני צדדים יריבים יביא לחורבנם הן של התוקף והן של המגן. הדוקטרינה הניחה שלכל צד בעימות יש מספיק נשק גרעיני על מנת להשמיד את יריבו. כל צד, אם יותקף בצורה מוגבלת, יגיב בכוח שווה או גדול יותר וכתוצאה מכך תיווצר הדרדרות שתגרור השמדה הדדית מובטחת של כל הצדדים בעימות.

טילים בליסטיים, המשוגרים מצוללת (SLBM)¹⁸ היוו חלק מהותי מאיום הטילים על ברית המועצות בתקופת המלחמה הקרה. טילים אלו היו בעלי טווח קצר מהטילים הבין-בשתיים, אך יתרונם היה בכך שניתן היה לשגרם קרוב מאוד לאזור המטרה מבלי לאפשר לאויב התרעה מוקדמת של מכ"ם. נוסף על כך, היוו טילים אלו את יכולת "המכה השנייה" – שמשמעותה היא היכולת של הצד המגן להגיב, לאחר שספג הפצצה אטומית, במכה אטומית נגדית. מטבע הדברים, יכולתו של מגן לעשות כן, מפחיתה מאוד את המוטיבציה של התוקף לעשות שימוש בנשק אטומי. הטיל הראשון ששוגר מצוללות ואיים על ברית המועצות נקרא Regulus I. טיל זה היה טיל שיוט תת-קולי, בעל יכולת שיגור מספינות וצוללות ויכולת לשאת ראש קרב גרעיני.

¹⁷ המחקר האמריקני הראשון בנושא טילים בין-בשתיים (ICBM)

¹⁸ הונע ב-1946 אך המימון לפרויקט הוקפא בשלבים מוקדמים. ה-SM-65 Atlas היה הטיל הבין-בשתי המבצעי הראשון שפותח על-ידי ארצות הברית. ראש הקרב הגרעיני של ה-Atlas היה אנרגטי פי 100 יותר מהפצצה שהוטלה על נגסאקי. חוזה הפיתוח הראשוני לטיל זה נחתם בינואר 1951. בתחילה הייתה לפיתוח הטיל עדיפות נמוכה יחסית. הניסוי התרמוגרעיני הסובייטי הראשון ב-1953 והצגת מטוסי סילון סובייטיים כבדים וחדשים במיצג אווירי במוסקווה ב-1954 הביאו להחלטה בארצות הברית על הגברת הייצור של מפצצי B-52 ועל האצת הפיתוח של ICBM. באוקטובר 1955 המליצה המועצה לביטחון לאומי בארצות הברית על מתן סדר העדיפות הלאומי הגבוה ביותר לפיתוח ICBM. בדצמבר באותה השנה, החליט הנשיא אייזנהאואר על מתן סדרי העדיפויות הגבוהים ביותר לפיתוח כמה תוכניות טילים. טילי Atlas הופעלו מבצעית בין אוקטובר 1959 לאפריל 1965.

¹⁸ SLBM – Submarine Launched Ballistic Missile

ב־1960 סיימה ארצות־הברית את פיתוח הטיל הבליסטי הראשון שלה ששוגר מצוללת ה־UGM-27 Polaris A1. לטיל ה־Polaris פותחו כמה גרסאות והוא שימש את הצי האמריקני עד לשנות השבעים ואת הצי הבריטי עד 1996. בשל הטווח המוגבל של הטיל בגרסתו הראשונה (2,600 ק"מ) הגיעה ארצות־הברית בתחילת שנות השישים של המאה ה־20, להסכמים עם בריטניה ועם ספרד להעמדת נמלים בשטחן לשימוש צי הצוללות.

באמצע שנות ה־60, לאור הציפיות ממערכת ההגנה הסובייטית נגד טילים, החלה לפתח ארצות־הברית אמצעים תומכי חדירה – Pen aids (דמאים ומוץ) על־מנת לבלבל את המיירטים. ארצות־הברית רצתה שכל מערכות הטילים שלה, הן SLBM והן ICBM, יצוידו בדמאים ויהיו מסוגלות לחדור הגנה נגד טילים, אך רק לחלק מה־ICBM האמריקניים היו אמצעים תומכי חדירה. טילי Polaris לא נשאו דמאים.¹⁹ אמצעי נוסף שפותח בארצות־הברית כדי "להרוות" את מערכת ההגנה נגד טילים של הסובייטים, מכונה MIRV²⁰ – טיל מרובה ראשי קרב.

לסיכום, לאחר מלחמת העולם השנייה ולאור הדינמיות המלחמה הקרה חלה התפתחות בתחום הטילים שהובילה גם לשינוי תפיסות ולפיתוח דוקטרינות מתאימות בקרב שתי המעצמות הגדולות. טילים הפכו במחצית השנייה של המאה ה־20 לאיום מרכזי על ביטחונן הלאומי של מדינות רבות וכן של שתי המעצמות הגדולות שהיו מעורבות במלחמה הקרה. איום הטילים הגרעיניים של ארצות־הברית ושל מדינות ברית נאט"ו על ברית־המועצות הפך בתחילת המלחמה הקרה לאיום המרכזי בביטחון הלאומי הסובייטי. מרכזיותו של איום הטילים, חייב את מנהיגי המדינות, למצוא מענה ראוי להתמודדות עמו. ההגנה האווירית האקטיבית שבה עוסקת עבודה זאת היא נדבך מרכזי במענה זה.

התפתחות ההגנה נגד טילים בברית־המועצות

מראשית ימיה של ההגנה האווירית ועד סיום מלחמת העולם השנייה יורטו האיומים האוויריים באופן אקטיבי באמצעות תותחים בלבד. עדות לכך ניתן למצוא בימינו, בשמותיהם של מערכי הגנה אווירית רבים בעולם המתבססים על יירוט באמצעות

¹⁹ Hans M. Kristensen, Matthew G. McKinzie & Robert S. Norris , "The protection paradox", *Bulletin of the Atomic Scientists* 60, Issue 2 (2014), pp 70.

טילים אלו, Trident Poseidon, כבר צוידו בדמאים.
²⁰ MIRV – Multiple independently targetable reentry vehicle

טילים ועדיין נקראים באנגלית Air Defense Artillery ובסמליהן של מסגרות צבאיות שונות בתחום ההגנה האווירית שבהם מופיעים תותחים. ההגנה נגד טילים החלה להתפתח כענף של לוחמת ההגנה האווירית בתחילת המלחמה הקרה. עניינו של חלק זה במאמר הוא באופן שבו התפתח תחום ההגנה נגד טילים בברית-המועצות. הפרק סוקר את ההתפתחות של מערכות ההגנה האווירית של ברית-המועצות ומדגיש כיצד התפתח תחום ההגנה נגד טילים מתוך תחום ההגנה האווירית נגד כלי טיס באמצעות טילים. עוד מתוארים המאפיינים המרכזיים של בניין ושל הפעלת הכוח הסובייטיים בתחום ההגנה האווירית בכלל וההגנה נגד טילים בפרט²¹. על בסיס מאפיינים אלו ינותחו בפרק הבא הלקחים שאותם ניתן ללמוד מהניסיון הסובייטי להגנה האקטיבית של מדינת ישראל.

הגנה אווירית במחצית הראשונה של המאה ה-20

ניסיון מעשי בלוחמה אווירית רכש הצבא הרוסי לראשונה במהלך מלחמת רוסיה-יפן (1904-1905). לאחר המלחמה, בנובמבר 1907 הוחלט ברוסיה על פיתוח אמצעים ליירוט בלונים. המסמך הראשון, שעיקר את הריבונות על המרחב האווירי של רוסיה, ובכך סימן את תחילתה של ההגנה האווירית הרוסית – היה חוק שנחתם על-ידי הצאר ניקולאי השני ב-1912 אשר קבע איסור מוחלט על מעבר בשמי רוסיה ללא אישור. בדצמבר 1912 פרסם הרמטכ"ל ז'לינסקי צו המורה לייצר "במפעלים רוסיים [...] מטוסים [...] שנועדו להיאבק בצי האוויר של האויב ולהרוס אותו". ב-1913 הוגדרו הדרישות המבצעיות ממטוס הקרב הרוסי, אך בתחילת 1914 פורק הענף האווירי של המטה הכללי הרוסי וכתוצאה מכך, עד תחילת מלחמת העולם הראשונה, לא יוצר כל מטוס קרב ברוסיה. בשנה זאת, סופקו לצבא הרוסי לראשונה תותחים נגד מטוסים. המערכת הראשונה ליירוט מטוסים ברוסיה פותחה לאחר תחילת מלחמת העולם הראשונה והופקדה על הגנת העיר פטרוגרד (סנט פטרבורג), בירת רוסיה באותה תקופה. היו אלו תותחים של חיל הים שהותאמו לירי אווירי. הצלחתם הראשונה של המגנים התרחשה ב-1915, כאשר יחידה נגד מטוסים הפילה לראשונה בתולדות רוסיה מטוס אויב גרמני. בדצמבר 1915 חתם ראש המטה העליון הרוסי, על צו המורה על הקמת ארבע סוללות תותחים קלות "למטרת ירי על מטוסים צבאיים"²². בתום השנה הראשונה של מלחמת העולם הראשונה יירטו כוחות הקרקע הרוסיים 19 מטוסי אויב

²¹ רובו של פרק זה מבוסס על הכתוב ב- [Patriotic defense: millstones of history](#), ministry of defense of the Russian federation.

²² Alexander Korolov, "[100 years of Russian air defense: The principal milestones of the centenary](#)", RBT.

ושתי ספינות אוויר. טייסים רוסים יירטו בשנה זאת שלושה מטוסי אויב בלבד. כחלק ממעורבות מדינות ההסכמה במלחמת האזרחים ברוסיה, שפרצה מייד לאחר מהפכת אוקטובר 1917, הפציצו מטוסי ה-RAF, מטרות של הצבא האדום על אדמת רוסיה. ב-1918, החליט הצבא האדום, לצייד כל חטיבת חיל רגלים בסוללת תותחים נגד מטוסים.

את מקורותיה של ההגנה האווירית הסובייטית ניתן לייחס לשנים הראשונות של המשטר הקומוניסטי, כאשר הבולשביקים היו צריכים להתגונן מפני ההתקפות האוויריות של כוחות ההתערבות הזרה. במהלך תקופה זאת (1918-1920) הוקצו מספר קטן של סוללות נגד מטוסים ומטוסי קרב להגנה על ערים חשובות, כגון פטרוגרד ומוסקווה. בשל מגבלת המשאבים, ההגנה האווירית הייתה בעלת אופי של "הגנת נקודה"²³ כלומר, הגנה על אובייקט יחיד או על שטח מוגבל באמצעות נשק המוצב ליד או בתוך האובייקט שיש להגן עליו.

כבר בדצמבר 1922 הוגש דין וחשבון מפורט, שהוכן בצבא האדום ופירט את הצורך בהגנה אווירית על כלל הנכסים החשובים בברית-המועצות, אך בשל היעדר מימון הולם של הכוחות המזוינים, הצעה זו לא התממשה. בנובמבר 1926 הופץ המסמך הראשון הנוגע לאסטרטגיה הסובייטית בנושאי הגנה אווירית. צו של מועצת הקומיסרים של ברית-המועצות הורה לפתח אמצעים טכניים כדי להגן מהאוויר על האוכלוסייה ועל אובייקטים חיוניים של הכלכלה הלאומית. ב-15.4.1930 הנחתה המועצה הצבאית המהפכנית של ברית-המועצות את מפקדת הצבא האדום להכין תוכנית לאומית להגנה אווירית. התוכנית הקיפה את הנושאים הבאים: (1) זיהוי אזורי המדינה החשובים ביותר להגנה אווירית ואמצעי ההגנה הנדרשים עליהם. (2) הכנת האמצעים אשר יבטיחו את הרציפות התפקודית של התעשייה הסובייטית במלחמה. (3) קביעת אמצעי הגנה אווירית (מקומית) פסיבית.²⁴

באמצע שנות ה-30 של המאה ה-20 מנה מספרם הכולל של אנשי כוחות ההגנה האווירית מעל שלושים אלף איש. ערב מלחמת העולם השנייה, היו לצבא האדום שמונה בתי ספר שהכשירו כוח אדם לארטילריה נגד מטוסים וכן רשת של מוסדות חינוך משניים להכשרת מומחים לצרכים אחרים של כוחות ההגנה האווירית. חטיבות ההגנה האווירית נוצרו לראשונה ב-1932 כחלק מכוחות ההגנה האווירית הסובייטית²⁵

Barry Leonard, *History of Strategic Air and Ballistic Missile Defense*, Volume I ²³ (1945-1955), 2010, p 209.
²⁴ Ibid, p 2.

Pavel Grachev, "Дивизия" [Division], *Военная энциклопедия в 8 томах* [Military Encyclopedia in 8 volumes], Moscow: Voenizdat, 1995, p. 74. הם כללו שני

שבסוף 1940 נודעו בראשי התיבות PVO.²⁶ שלא כמו כוחות ההגנה האווירית המערביים, PVO הייתה זרוע עצמאית ונפרדת מחיל האוויר ומכוח ההגנה האווירית של חילות היבשה הסובייטים. בתקופה הסובייטית הייתה זרוע זו מדורגת במקום השלישי בחשיבותה בקרב הזרועות כשלפניה בסדר החשיבות היו כוחות הטילים האסטרטגיים וכוחות היבשה.²⁷

בצד הדוקטרינרי הוכנסו מושגי ההגנה האווירית הסובייטית למסגרת מובנית ומאוזנת שהכילה את העקרונות הבאים:

1. העסקה מסיבית של פעולות אוויריות של האויב באמצעות כל כוחות ההגנה האווירית והאמצעים תוך תיאום הדוק של כל זרועות ההגנה האווירית.²⁸
2. הימנעות מהתפתחות חד-צדדית של זרוע אחת של ההגנה האווירית על חשבון זרועות אחרות. קיבוץ וריכוז כוחות ההגנה האווירית באותם אזורים הנמצאים בסכנה הגדולה ביותר של התקפה אווירית של האויב.
3. יישום עקבי של עיקרון ההעסקה המסיבית באמצעות כוחות ההגנה האווירית, בהגנה על הנקודות החשובות ביותר מבחינה אסטרטגית במדינה.
4. תמרון כוחות הגנה אווירית במהלך פעולות לחימה בהתאם להערכת המצב בכדי לחזק את הגישות והיעדים המאוימים ביותר.
5. שיתוף פעולה הדוק של כוחות ההגנה האווירית הלאומית עם כוחות הקרקע בביצוע הגנה אווירית באזור הקדמי.²⁹

בפרוץ מלחמת העולם השנייה, לאחר תהליכי בניין כוח משמעותיים, עמדה לרשותו של הצבא האדום זרוע הגנה אווירית עצמאית, מאומנת ומצוידת. לאור חשיבות ההגנה האווירית, בוצע שינוי משמעותי באופן הפעלת הכוח של תחום זה כבר בתחילת הלחימה של ברית-המועצות מול גרמניה הנאצית. בינואר 1942, כדי

גדודים של תותחים נגד מטוסים כבדים, גדוד של תותחים קלים, גדוד זרקורים, גדוד של מקלעים נגד מטוסים, חטיבת VNOS (התרעה אווירית, תצפית ותקשורת), גדוד בלונים, ויחידות תמיכה. החטיבות כללו בין 12,000 ל-15,000 לוחמים

²⁶ ברוסית: *войска PVO*, או בקיצור *войска ПВО*, *voyska protivovozdushnoy oborony* – כוחות ההגנה האווירית. הכוחות נקראו באופן רשמי בשם *PVO strany*, שמשמעותו ההגנה האווירית של האומה.

²⁷ V. Suvorov, *Inside the Soviet Army*, New York, N.Y.: Macmillan, 1982. ²⁸ עיקרון ההעסקה המסיבית הוא אחד מעקרונות ההגנה האווירית, משמעותו, היא ריכוז של כוח מסיבי מול האיום החודר. המסה מושגת עלידי הקצאת כוח אש ואמצעי גילוי מספקים כדי לסכל התקפות אוויר על הנכס המוגן.

לשפר את יחסי הגומלין בין הכוחות ומערכות ההגנה האווירית, הוכפפו מטוסי היירוט והצוותים שאיישו אותם לפיקוד ההגנה האווירית. פיקוד ההגנה האווירית כלל בברית-המועצות הן מטוסים והן מערכות ליירוט מהקרקע. להתקפות האוויריות המסיביות שבוצעו נגד ברית-המועצות היו תוצאות קשות ביותר: אלפים רבים של הרוגים ופצועים ונזק רחב ממדים לתשתיות. תוצאות אלו נחרטו בזיכרון הלאומי הסובייטי.³⁰

להגנה האווירית נודעה חשיבות גבוהה בביטחון הלאומי של ברית-המועצות. במחצית הראשונה של המאה ה-20 חוו הרוסים הפצצות רבות מן האוויר שגרמו לנזק רב באתרים בליבה של האומה. ההצלחה ביירוט איומים אוויריים מהקרקע, הובילה להשקעה תואמת בפיתוח אמצעי הלחימה ובארגון המסגרות הצבאיות להגנה אווירית מהקרקע. הניסיון שנצבר בתחום היירוט באמצעות מטוסים ובאמצעות תותחי נ"מ הביא לאיזון בין ההשקעה ביכולות יירוט מהקרקע ומהאוויר.

מאמצים משמעותיים הושקעו ברוסיה ולאחר מכן בברית-המועצות לתכנון יסודי ומקיף של ההצטיידות וההיערכות בתחום ההגנה האווירית. אילוצי משאבים הכתיבו את הגדרת ההישג הנדרש ובהתאם לכך את אופן פיתוחם והפעלתם של יכולות ההגנה האווירית עוד מראשית ימיה ברוסיה. החשיבה הסובייטית בנושא הגנה אווירית הייתה יסודית ומפותחת: נכתבו תפיסות ותוכניות מקצועיות, שהגדירו היטב ובאופן מפורש את תחומי העשייה הנדרשים. פעמים רבות, לא הייתה הלימה בין החשיבה ובין היכולת לממש את תוצריה מבחינת משאבים וטכנולוגיה.

ההחלטות בברית-המועצות בנושאי הגנה אווירית התקבלו, באופן ריכוזי ואוטוריטרי, בדרגים הבכירים ביותר בשלטון, באופן התואם למסורת הרוסית. המענה שניתן לאיום האווירי תאם את התרבות האסטרטגית הרוסית, בהיותו מענה הוליסטי שהכיל כמה רכיבים שהשתלבו למענה שלם.³¹ רוסיה הצארית וברית-המועצות הקימו והפעילו מערכי הגנה אווירית עתירי משאבים. ניתן לראות את הקמת מערך ההגנה האווירית האסטרטגי בידי הסובייטים בתקופת המלחמה הקרה כהמשך ישיר של המסורת הרוסית בתחום זה.

³⁰ על פי הפרסומים הסובייטיים בשנות המלחמה, יירוט כוחות ההגנה האווירית של ברית-המועצות 7,313 מטוסי אויב: 4,168 באמצעות מטוסים ו-3,145 באש מהקרקע ובאמצעות בלונים פורחים. כמורכן, נעשה מאמץ משמעותי בהגנה הפסיבית על האוכלוסייה. עד אביב 1945 נבנו בברית-המועצות מקלטים בקיבולת כוללת של 6,670,000 נפש.

³¹ דימה אדמסקי, **תרבות אסטרטגית וחדשנות צבאית**, תל אביב: מערכות, 2012, עמ' 64-75.

ההגנה האווירית והביטחון הלאומי הסובייטי בראשית המלחמה הקרה

בסוף שנות הארבעים יזמה ברית-המועצות את אחת מתוכניות פיתוח הנשק המתוחכמות והיקרות ביותר של שנות המלחמה הקרה – תוכנית ההגנה האווירית. נוכח האיום של מפציצים אסטרטגיים אמריקניים והופעתה של הפצצה האטומית, הורה סטלין על הקמת מערכת הגנה אווירית אסטרטגית משולבת שנועדה להגן על עיר הבירה מוסקווה. בתקופת שלטונו של סטלין עלה התקציב שהוקצה לפיתוח ההגנה האווירית האסטרטגית על התקציב שהוקצה לפיתוח רכיבים מרכזיים אחרים בביטחון הלאומי של ברית-המועצות – מערך המפציצים ותוכנית הנשק הגרעיני.³²

מלחמת קוריאה שפרצה ב-1950 הגבירה את המתח בין ארצות-הברית לברית-המועצות, והצורך במערכת הגנה אווירית מודרנית קיבל חשיבות נוספת. לאחר שהוקמו הדירקטוריון הראשי הראשון של מועצת השרים, שיועד לפיתוח הנשק הגרעיני והדירקטוריון הראשי השני, שיועד לפיתוח נשק התקפי אסטרטגי, הורה סטלין על הקמתו של דירקטוריון ראשי שלישי במטרה להאיץ את הפיתוח של ההגנה האווירית האסטרטגית. כמו במקרה של שני הדירקטוריונים האחרים, העדיפות הגבוהה החדשה שניתנה להגנה האווירית-אסטרטגית הביאה את התוכנית לשליטתו של מפקד המשטרה החשאית הסובייטית, בריה.³³

בתום מלחמת העולם השנייה, נוסדה בברית-המועצות תוכנית לאומית לניצול הטכנולוגיה הצבאית הנאצית. הסובייטים גילו עניין מיוחד בטכנולוגיה הגרמנית המתקדמת בנושא טילים מונחי מכ"ם ובטילים נגד מטוסים. פיתוח טילי קרקע-אוויר היה חלק מרכזי בפיתוח יכולת ההגנה האווירית בברית-המועצות, אך לא היווה את הרכיב היחיד. ההגנה האווירית שנבנתה בהנחייתו של הדירקטוריון הראשי השלישי, כללה: אמצעי יירוט, מערך ארצי של מכ"מים ושל מערכות שליטה ובקרה. בין 1955-1950 הוכפל ייצור המכ"מים בברית-המועצות פי ארבעה, והמימון לכך הוכפל ביותר מפי עשרה. שלושת האלמנטים המיירטים המרכזיים של מערך ההגנה האווירית בברית-המועצות בשנות החמישים היו: תותחים מכווני מכ"ם, מטוסי יירוט וטילי קרקע-אוויר.³⁴

כתוצאה מהלקחים שהפיקו הסובייטים מניסיונם של הגרמנים בהתמודדות עם המפציצים האסטרטגיים האמריקניים והבריטיים, הם החלו, ב-1949, בייצור מסיבי

Steven J. Zaloga, *The Kremlin's Nuclear Sword*, Smithsonian Institution, 2002, pp. 18-20. ³²

Steven J. Zaloga, [Defending the Kremlin](#), New York Military Affairs Symposium, 2007. ³³

Zaloga, 2002, pp 18-20. ³⁴

של מטוס היירוט מיג 15. באביב 1951 התמודדו בהצלחה מטוסי מיג 15 עם מפציצים אמריקניים מדגם B-29, אולם מטוס זה היה מוגבל ביכולת היירוט שלו לתנאי מזג אוויר טובים ולאור יום בלבד. לאור מגבלות מטוס המיג 15 והנחייתו של סטלין שאין להסתמך רק על הטילים החדשים והבלתי מוכחים, הצטיידו הסובייטים בכמות גדולה מאוד של תותחי נ"מ מכווני מכ"ם. הערים המרכזיות בברית-המועצות הוקפו בחגורות צפופות של תותחים להגנה אווירית. מחקר של צבא ארצות-הברית מ־1958 קבע כי למוסקווה יש את הגנת הנ"מ הצפופה ביותר בעולם, שהיתה צפופה יותר אף מהגנות הנ"מ על גרמניה ב־1945.³⁵ הקמת מערך תותחי הנ"מ, עתיר המשאבים ורחב ההיקף, ממחישה את הנטייה הסובייטית למתן מענים כמותיים לאתגרים בתחומי ההגנה האווירית.³⁶ לפתרונות כמותיים אלו השלכות כבדות בתחום המשאבים, הן לצורך הקמת המענה והן לצורך הפעלתו לאורך השנים.

פיתוח מערכת הטילים הראשונה להגנה אווירית בברית-המועצות

ב־1947 הורה סטלין על הקמת לשכה מיוחדת חדשה שכונתה בשם SB-1,³⁷ לפיתוח טיל אוויר-ים. המהנדס הראשי של הלשכה היה סרגו בריה (Sergo Beria) בנו של ראש המשטרה החשאית הסובייטית. לשכה זאת גדלה במהירות והפכה עם הזמן לגוף בעל העוצמה הגדולה ביותר במסד התעשייתי הביטחוני הסובייטי.³⁸ בלשכה פותחו טילי אוויר-אוויר, אוויר-קרקע, קרקע-אוויר והטילים הראשונים נגד טנקים של ברית-המועצות והיא הייתה אחראית לאורך השנים על פיתוח מערכות הגנה אווירית והגנה נגד טילים וטכנולוגיות מתקדמות אחרות.

לאחר שהצליחה הלשכה בפיתוח טיל האוויר-ים (שכונה בנאט"ו AS-1), הטיל עליה סטלין, באוגוסט 1950, את המשימה המאתגרת לפתח מערכת "בלתי חדירה" להגנה אווירית על מוסקווה נגד 1000 מפציצים אטומיים. דרישה זאת נבעה מלקחים שהפיקו הסובייטים מהקרב על בריטניה ומההתקפות האמריקניות על ערים מרכזיות בגרמניה. הדרישה הוכיחה חוסר הבנה טכנולוגית צבאית. עם הופעתה של הפצצה האטומית, היו התקיפות ההמוניות לנחלת העבר, שכן מספר קטן של מפציצים

³⁵ Zaloga, 2007.

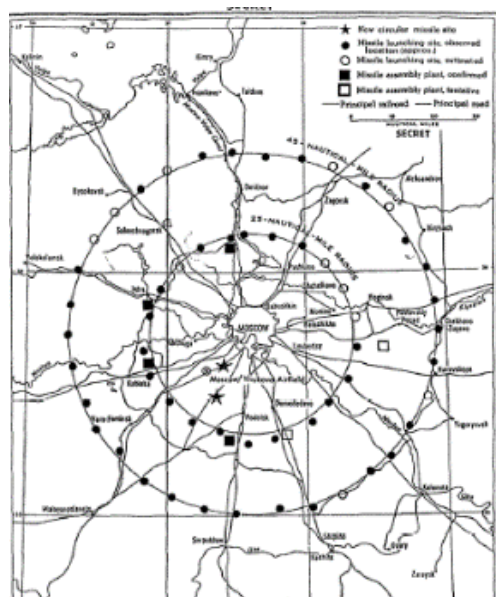
³⁶ Zaloga, 2002, pp 18-20 קיימות הערכות מודיעין כי מאמץ ההצטיידות בתותחים להגנה אווירית, בין השנים 1946-1961, עלה לסובייטים 15 מיליארד רובל, פי חמישה יותר מהתוכנית הסובייטית לפיתוח המפציץ הביניבשתי. הסתמכות על טכנולוגיה מוכחת אך פגת תוקף ולא אפקטיבית, היא סממן לאי נטילת סיכונים, לשמרנות ולאינרציה המוסדית בברית-המועצות

³⁷ Special Bureau-SB

³⁸ Mike Gruntman, [The Man Who Shot Down a Long-Range Ballistic Missile](#), astronauticsnow, 2018.

חמושים בנשק גרעיני יכלו לבצע משימת הפצצה בהיקף זהה. עם זאת, הדרישה הטכנית של המערכת נותרה זהה גם לאחר מותו של סטלין. המערכת שפותחה כונתה בברית-המועצות Berkut.³⁹ הכינוי שניתן למערכת בנאט"ו היה SA-1 Guild.⁴⁰ התוכנית הוגדרה כתוכנית לאומית מרכזית, סטלין הורה להקצות לה את כל המשאבים הדרושים ולהעביר אליה את טובי המהנדסים בתעשייה הביטחונית.⁴¹ פיתוח הגרסה הראשונית של המערכת הושלם במהירות ביוני 1953.

גרסאות הייצור הסופיות של הטילים נוסו כבר ב-1954, כולל ניסוי העסקה סימולטנית של עשרים מטרות, הישג טכנולוגי מרשים לאותה עת. בעקבות מותו של סטלין במארס 1953, והמאבק על השלטון בקרמלין, התחוללה סערה בקרב בכירי תוכנית הטילים. מעצרו והוצאתו להורג של בריה האב ביוני 1953 הובילו לפיטורי בנו. SB-1 הוצאה משליטה של המשטרה החשאית ושמה שונה ל-KB-1. המהנדס הראשי של לשכה 108, רספלטין (Raspletin) הועבר לעמוד בראש KB-1. שמה של התוכנית שונה מ-Berkut ל-S-25 כדי למחוק את זכרו של בריה.



איור 1: מפת CIA של שתי טבעות Berkut מסביב למוסקבה

פריסת מערכת S-25

אחד האלמנטים היקרים ביותר של פריסת מערכת S-25 היה יצירת בסיסי השיגור ורשת כבישי הגישה אליהם. הסובייטים החליטו ליצור שתי טבעות של טילי Berkut מסביב למוסקבה; טבעת חיצונית ברדיוס של 85-90 ק"מ מהכיכר האדומה וטבעת פנימית ברדיוס של 45-50 ק"מ. הטבעת הפנימית נועדה להתמודד עם המפציצים שיחדרו דרך הטבעת החיצונית. שני כבישי הטבעת

³⁹ ברוסית פירוש השם הוא "עיט זהוב" והוא מורכב מראשי התיבות של שמות המשפחה של Beria ושל ראש לשכת SB-1, Kuksenko.

⁴⁰ עד ימינו מזהים בנאט"ו טילי קרקע-אוויר רוסיים עלידי מספר, האותיות SA – Surface to Air ושם המתחיל באות G – Ground.

⁴¹ Zaloga, 2007 Gruntman, 2018. SB-1 לנהל את התוכנית לא הייתה מקרית. ראשית, המרכיב המורכב ביותר של מערכות הגנה אווירית הוא בקרת המכ"ם והאש, תחום שהיה המומחיות של SB-1. שנית, הקשרים הפוליטיים של בריה אפשרו לו לדחוף את התוכנית תוך עקיפת הבירוקרטיה וביטול תחרות. תוכניות הטילים היריבות נסגרו ברובן ב-1950, ככל הנראה בשל התערבותו של בריה. מחסום נוסף הוסר בדצמבר 1951, כאשר נעצר ראש מפקדת הארטילריה הראשית בברית-המועצות, שפיקחה על תוכניות הטילים. מפקד זה היה שמרן מאוד בנושא טילים, ואף מנע את הפעלתם של הטילים הבליסטיים הסובייטים המוקדמים.

שנועדו לספק גישה לאתרי השיגור, הפכו לחלק מהנוף של מוסקווה עד ימינו. המודיעין האמריקני העריך באותה עת, כי הקמתם של כבישי הטבעת ואתרי השיגור ברחבי מוסקווה בשנים 1953-55 הצריכה את המשאבים המקבילים לייצר בטון במשך שנה שלמה ברצף ומעידה על סדר העדיפות של תוכנית זו בברית-המועצות.⁴²

הצורך לשפר את המוכנות ללחימה הביא להחלטה על ארגון מחדש של ההגנה האווירית ועל הקמתו של מערך הגנה אווירית מאוחד וריכוזי שהוגדר כחיל עצמאי במאי 1954. במקום כוחות הגנה אווירית שהיו פזורים באזורי הגנה ולאורך קווי הגבול ברחבי הארץ, נבנו איגודי כוחות מבצעיים (מחוזות וצבאות) ותצורות מבצעיות טקטיות (חטיבות וגדודים). התפקיד של מפקד כוחות ההגנה האווירית הוגדר בדרג של סגן שר ההגנה של ברית-המועצות.⁴³ כהכנה לפריסת מערכת S-25, אורגנו מחדש כוחות ה-PVO באזור מוסקווה והוקם מחוז מיוחד בפקודו של גנרל. מחוז זה תיאם את ארבעת היסודות העיקריים של ההגנה האווירית: ארטילריה נגד מטוסים, מטוסים, טילים ואמצעי התרעה מוקדמת. בקיץ 1955 הוקם כוח מיוחד בפקודו של גנרל, שיועד לאייש את מערכת ה-S-25. כוח זה הוכרז כמבצעי באוגוסט 1957.

היעדר האפקטיביות של מערכת ה-S-25

פיתוח ובניית מערכת S-25 היה הישג טכנולוגי יוצא דופן לנוכח היעדר היחסי של תחכום בתחום האלקטרוניקה הצבאית הסובייטית בסוף מלחמת העולם השנייה, אך המערכת סבלה מכמה חסרונות מהותיים: ראשית, פריסתה הייתה בלתי אפקטיבית; אתרי המערכת נפרסו באופן היקפי ושווה סביב הפריפריה של מוסקווה. פירוש הדבר כי בנקודות הסבירות ביותר להתקפת מפציצים, בצפון העיר ובמערב העיר, ניתן היה להתגבר על שכבת ההגנה שהייתה דקה בלבד. שנית, על אף ש-S-25 מעולם לא נבחנה בקרב, ניתן לשער כי לא הייתה בנויה להתמודד היטב עם אמצעי לוחמה אלקטרוניים (ECM).

חיסרון שלישי היה הבחירה בתצורה קבועה באתרי הגילוי ובייחוד הבונקרים הגדולים שנבנו במיוחד בעבור האנטנה יוצאת הדופן של המערכת, שהגבילו את יכולת הצמיחה העתידית שלה. חיסרון רביעי היה בכך שהמערכת יכלה להעסיק רק כלי טיס תת-קוליים, אך מפציצים על-קוליים החלו להופיע בשמיים, בשנים שבהן נכנסה המערכת לפעילות מבצעית. בסופו של דבר, באמצע שנות החמישים הן ארצות-הברית

Ibid. ⁴²

Ibid. ⁴³

והן ברית-המועצות פיתחו טילי שיוט. טילים אלו היו מטרות בעלות חתימות מכ"ם קטנות בהרבה מאשר זאת של מפציץ, ואפשרו להטיס את המפציץ מחוץ למעטפת הקטלניות של ה-S-25.⁴⁴ החסרונות של ה-S-25 והעלות הגבוהה שלה, הובילו לדחיית הרעיון של פריסת המערכת ללנינגרד. המערכת נותרה בשירות במשך שני עשורים נוספים, אך יעילותה המשיכה לרדת. לבסוף היא הוחלפה במערכת S-300P (SA-10) בשנות ה-80.

ההגנה האווירית על לנינגרד

ב-1954, המידע בנוגע לבניין הכוח של פיקוד האוויר האסטרטגי של חיל האוויר של ארצות-הברית הפך ברור יותר בברית-המועצות. מדאגה במיוחד בעבור הסובייטים, הייתה הופעתם של מפציצים על-קוליים חדשים וטילי שיוט. כתוצאה מכך, גובשה תוכנית אסטרטגית נוספת להגנה אווירית, S-75 Dvina. במרץ ובדצמבר 1955 הופצו שני צווים של מועצת השרים שאישרו את תחילת העבודה לפיתוח מערכת הגנה אווירית על לנינגרד. בתחילה, היו מעורבות בנושא ההגנה על לנינגרד שתי תוכניות מתחרות, האחת, תוכנית של KB-1 שהתבססה על המערכת של מוסקווה, והשנייה, תוכנית חדשנית בשם Dal (מרחק).

מערכת ה-S-75, שכונתה בנאט"ו SA-2 Guideline, נכנסה לשירות מבצעי בנובמבר 1957, שנה לפני שהטיל הראשון של Dal עזב את המפעל לצורך ניסויי טיסה. תוכנית ה-S-75 הואצה בשל הופעת מטוס הריגול U-2, מעל ברית-המועצות. בעוד שמערכת ה-S-25 נועדה להגנת מוסקווה בלבד, מערכת ה-S-75 נפרסה בפריסה ארצית. ב-1.5.1960 יירטה לראשונה מערכת ה-S-75 מטוס אויב מדגם U-2. פריסת טילי ה-S-25 ו-S-75 עלתה לסובייטים 38 מיליארד רובל, פי 1.5 מהמשאבים שהושקעו בתוכניות המפציצים האסטרטגיים.⁴⁵

בראשית שנות ה-60, שתי המעצמות היו מעורבות במרוץ לפיתוח טילים בליסטיים בין-יבשתיים והייתה ציפייה, כי מרכז הכובד בתחום הנשק הגרעיני, יעבור בתוך שנים ספורות מהמפציצים האסטרטגיים לטילים. בנסיבות אלו, על אף שבפרויקט Dal הושקעו משאבים רבים ובמסגרתו אף פותח מיירט חדש רב שלבי, המליץ ה-PVO על ביטול התוכנית ועל פיתוח מערכת חדשה ליירוט בטווח ארוך בשם S-200 Angara (SA-5 Gammon). תרומתה של תוכנית Dal להגנה הסובייטית

⁴⁴ Ibid.

⁴⁵ Zaloga, 2002, pp 125-126.

הייתה כמקור לדיסאינפורמציה. ניקיטה חרושצ'וב שתפס את מקומו של סטלין, החליט להציג את הטיל במהלך חגיגות הצבא האדום ב-1963 ולזהות אותו כמערכת טילים נגד טילים בליסטיים. הטיל זכה לכינוי "Griffon" עלידי נאט"ו, ולפעמים זוהה בטעות כ-SA-5. ל-Dal לא הייתה יכולת הגנה נגד טילים, אך קהילת המודיעין האמריקנית שחשפה בנייה של אתרים, הדומה למערכת Dal, ליד העיר טאלין, הניחה באופן שגוי כי היא נועדה להגן על לנינגרד מפני התקפה של SLBM מהים הצפוני.

תובנות מהניסיונות הסובייטים הראשונים בהגנה אווירית באמצעות טילים

המחויבות הסובייטית המוקדמת להגנה אווירית ייצגה בחירה אסטרטגית ארוכת טווח ובסיסית. ההתקדמות בברית-המועצות כדי להשיג מערכת הגנה אווירית לאומית יעילה הייתה יציבה, עקבית ומתמשכת. המטרה של השגת מערכת הגנה אווירית לאומית משולבת הוכרזה באופן ברור ומפורש. הפיקוד והבקרה של ה-PVO נדרש לספק מענה יעיל, גמיש ומתואם אך ריכוזי. חרף המצב הכלכלי הלא מיטבי שבו הייתה ברית-המועצות, נדרשו גורמי בניין הכוח וההפעלה בעולם ההגנה האווירית לעמוד בדרישות גבוהות. זאת בשל מצבה האסטרטגי של המדינה שהיה פגיע מאוד.⁴⁶

התפתחות מערכות ההגנה האווירית על מוסקווה ועל לנינגרד מדגימה את הקשיים בפיתוח מערכות הגנה בתקופה של שינוי טכנולוגי מהיר במערכות ההתקפיות. בשני המקרים, הביסה הטכנולוגיה ההתקפית את טכנולוגיית ההגנה, עוד טרם החל אפילו שלב הייצור של מערכת ההגנה. שתי המערכות תוכננו להביס איומים קיימים, ולא הצליחו לצפות מראש את צורתם של האיומים העתידיים האפשריים. בעיות דומות יתגלו גם במערכות ההגנה האסטרטגית הסובייטית המאוחרות יותר בשנות השישים, כולל מערכת ה-S-200 נגד מטוסים, ומערכת ה-A-35 נגד טילים.⁴⁷

הדגש הסובייטי על פתרונות כמותיים לאתגרי ההגנה האווירית, שנוצרו לאור המגבלות הטכנולוגיות, ייצג ככל הנראה שילוב של נטייה תרבותית אסטרטגית וניסיון: הנטייה הרוסית המסורתית הנותנת עדיפות גבוהה להגנה והניסיון שנצבר במלחמת העולם השנייה. זוהי חדשנות צבאית באמצעות ציפייה⁴⁸ ותוצר של תהליך "TOP-DOWN", לעיתים בהנחיה ישירה של ראשי המשטר. נוסף על כך, בברית-

Leonard, [Volume I](#), 2010, pp. 35. ⁴⁶

Zaloga, 2007. ⁴⁷

Leonard, 2010, [Volume I](#), p. 35..76-73 עמ' 76-73, 2012, אדמסקי, ⁴⁸

המועצות התקיימה דוקטרינה שהעניקה העדפה לקיומה של יכולת מבצעית אמינה, עצמאית ומוכחת בסוגיות הליבה של הביטחון הלאומי. ההגנה האווירית נבנתה בראייה אסטרטגית ששמה דגש רב על יעילות ולפיכך דגלה בריכוזיות.⁴⁹ ההחלטות הסובייטיות בתחום ההגנה האווירית שיקפו שמרנות ואי לקיחת סיכונים (דוגמה בולטת לכך הייתה הקמת מערך תותחי הנ"מ רחב ההיקף, לאור אי האמון ביכולות הטיילים). עם זאת, נוכח השקעת המשאבים הגדולה ותחושת האיום המשמעותית פותחו מערכות טילי הקרקע-אוויר הראשונות בברית-המועצות בזמן.

"מערכת A" והיירוט הראשון בעולם של טיל בליסטי

ההתקדמות בנושא הגנה מטילים השתנתה באופן יסודי במרץ 1953, כשהרמטכ"ל הסובייטי וסילי סוקולובסקי (Vasily Sokolovsky) ושישה קצינים בדרגת מרשל, פנו במכתב לוועדה המרכזית של המפלגה הקומוניסטית, בבקשה להאיץ את הטיפול בתחום.⁵⁰ באותה העת, יירוט טילים עדיין נראה בלתי אפשרי. מערכת ה-S-25 ליירוט מטוסים, רשמה הצלחות ראשונות בניסויים, אולם שטח חיתוך המכ"ם (שח"ם) של הטיילים היה קטן פי 100 ממטוסים ומהירותם הייתה גדולה פי 20. הטכנולוגיה הדרושה לטובת יירוט טילים, הכוללת יכולת חישוב מהירה ומדויקת הייתה בלתי מושגת באותה עת שבה הסתמכה האלקטרוניקה באופן כמעט בלעדי על שפופרות, ומחשבים דיגיטליים היו עדיין בחיתוליהם.

בדיון שנערך בקרב בכירי המומחים הסובייטים בתחום, הגדיר מנהל KB-1 רספלטין (Raspletin) את דרישת הקצינים הבכירים כ"פנטזיה בלתי נתפסת", בעוד המדען הסובייטי הבכיר בתחום הרדיו טען כי הבקשה היא "כל כך מטופשת". לעומתם, קיסונקו (Kisunko), המהנדס הראשי של הלשכה, הצביע על השינויים הטכנולוגיים שנדרש היה להשיג בכדי לפתח הגנה מטילים. ההחלטה של מנהל KB-1 הייתה לרכז את המאמץ בפיתוח מערכות ההגנה האווירית, הוא יזם את פיתוח מערכת S-75. תחת הנהגתו של רספלטין, שנפטר ב-1967, ושל יורשיו, הובילה KB-1 – שנודעה לימים כ-Almaz וכיום היא חלק מחברת Almaz-Antei – את פיתוחן של מערכות ההגנה האווירית: S-125 (SA-3), S-300 (SA-10, SA-20), S-400 (SA-21) ואת המערכת המפותחת בימינו S-500.⁵¹

⁴⁹ Leonard, [Volume I](#), 2010, p. 35

⁵⁰ Gruntman, 2018.

⁵¹ Ibid.

ב-7 בספטמבר 1953 הפך ניקיטה חרושצ'וב למנהיג המפלגה הקומוניסטית. עלייתו לשלטון של חרושצ'וב סימנה שינוי מהותי בברית-המועצות. שינוי זה בא לידי ביטוי גם בהחלטות בתחומי הביטחון הלאומי ובהם ההגנה האווירית. חרושצ'וב נטה לראות בטילים, סוג של תרופת פלא לסוגיות הביטחון והאמין כי טילים נותנים מענה טוב יותר מצבא קונבנציונאלי בהיבטי עלות-תועלת. התגובה הבין-לאומית לשיגורו של הלוויין הראשון ספוטניק (ב-4.10.1957), חיזקה את התלהבותו של חרושצ'וב מטילים. תחת הנהגתו של חרושצ'וב, כל תעשיית נשק שרצתה לשרוד הייתה צריכה לפתח תוכנית טילים, תעשיות בתחום התעופה הונחו לפתח טילי שיוט, תעשיות אחרות הונחו לפתח טילים בליסטיים, טילים להגנה אווירית וטילים נגד טנקים. תעשיות ביטחוניות רבות הוקמו כדי לספק את דרישתו של חרושצ'וב לשינויים טכנולוגיים מהפכניים.

אחת הבעיות המרכזיות של חרושצ'וב הייתה להתמודד עם הוצאותיו הגדולות של סטלין בזמן מלחמת קוריא. הוא היה משוכנע כי נדרש לקצץ את תקציב הביטחון בכדי לייצב את הכלכלה המקומית ובה בעת להרחיב את יכולות הצבא הסובייטי מול ארצות-הברית. הודות לעלייה בתוצר הגולמי הלאומי של ברית-המועצות, יכול היה חרושצ'וב לשמר השקעה דומה של תקציב לצורכי הביטחון, אך אחוז התקציב שהוקדש לביטחון מסך תקציב ברית-המועצות ירד באופן משמעותי, מהשקעת שיא של 124.2 מיליארד רובל ב-1953 שהיוו 31.2% מהוצאות המדינה להשקעה של 96 מיליארד רובל ב-1960 שהיוו 11.1% בלבד מהתקציב.⁵² השינוי במדיניות הביטחון הלאומי ניכר גם בהוצאות הביטחון בתחום הטילים: ב-1958 תומחר רכש הטילים ב-460 מיליון רובל שהיוו 6.2% מרכש אמצעי הלחימה, התקציב הוכפל פי עשרה וב-1965 עלה רכש הטילים 4.1 מיליארד רובל שהיוו 53% מכלל רכש אמצעי הלחימה בברית-המועצות.⁵³

אמונתו של חרושצ'וב כי מפציצים הם נחלת העבר, הייתה מבוססת גם על כך שהניח כי ההגנה נגד טילים היא לא אפקטיבית. למרות זאת, החלה ברית-המועצות בניסיונותיה לפתח מערכת הגנה נגד טילים באמצע שנות החמישים. בפברואר 1956, אישרה הממשלה תוכנית שהציע קיסונקו (Kisunko) לפיתוח מערכת הניסוי A להגנה מפני טילים על העיר מוסקו. מערכת A נדרשה לבצע ניסוי יירוט נגד מטרה בליסטית שהכילה ראש קרב וגוף שנפרד מהרקטה. משרד ההגנה הסובייטי בחר אזור

Zaloga, 2002, p. 55. ⁵²

Ibid. ⁵³

מבודד ונידח בקזחסטן לשמש כשדה ניסוי לאומי, שדה זה נודע לימים כשדה Sary Shagan ובו בוצעו מרבית ניסויי הטילים של ברית המועצות. מערך הגילוי והעקיבה של מערכת A הורכב ממכ"ם לגילוי המטרה ומשלושה מכ"ם לעקיבה אחר המיירט ואחר המטרה.⁵⁴

ביולי 1962 חשף חרושצ'וב בשיחה עם עיתונאים את יכולתה של ברית המועצות ליירוט טילים.⁵⁵ ההישג המשמעותי של יירוט טיל בליסטי הצטרף להישגים משמעותיים אחרים בתחום הטילים והחלל: שיגור הלוויין הראשון "ספוטניק" והטיסה המאושרת הראשונה בחלל. הניסויים במערכת המשיכו עד 1964. המערכת יירטה בניסויי ההמשך 6 מתוך 11 מטרות ששוגרו. מערכת A הוכיחה לראשונה בעולם, כי קיימת היתכנות ליירוט טילים בליסטיים אך היא לא תוכננה כמערכת מבצעית, המכ"ם והמיירט יכלו להתמודד רק עם מטרות איטיות יחסית, כגון טילים לטווח בינוני, בעוד באותה עת כבר הייתה לארצות הברית כמות משמעותית של ICBM.

A-35 – המערכת המבצעית הסובייטית הראשונה להגנה נגד טילים

באפריל 1958, עוד בטרם בוצעו הניסויים המוצלחים של מערכת A, הנחה הקרמלין את קיסונקו ואת אנשיו לבנות מערכת הגנה מבצעית מטילים בליסטיים להגנת הבירה מוסקוה. המערכת כונתה A-35.⁵⁶ דרישות המערכת ולוח הזמנים של הפיתוח הוגדרו בצווים של מועצת השרים של ברית המועצות.⁵⁷ המערכת נבנתה להתמודד עם מטח של 8-6 טילים בו זמנית. תרחיש זה היה סביר ב־1959, השנה שבה הוגדרו דרישות המערכת, אך היה בלתי מספק לחלוטין בשנים לאחר מכן, לאור הגידול במספרם של הטילים הבין־יבשתיים של ארצות הברית.⁵⁸

במקור נועדה מערכת A-35 לכלול שמונה אתרי שיגור באזור מוסקוה, שכל אחד מהם יכלול שישה-עשר מיירטים. בניית המערכת הואטה ב־1968 כך שבשנת 1969 הושלמו בנייתם של ארבעה אתרים ו־64 מיירטים בלבד. התוכניות להקמת אתרים נוספים צומצמו ב־1972, כאשר חתמו ניקסון וברז'נייב על אמנת ABM (Anti-Ballistic Missile) אשר הגבילה את ברית המועצות ואת ארצות הברית להקמת שני

⁵⁴ Gruntman, 2018.

⁵⁵ Pravda, July 18, 1962, pp. 1-2.

⁵⁶ "מערכת A-35" מ־10.12.1959 ו-"הקמת מערכת הגנה מטילים על אזור התעשייה במוסקוה"

מתאריך 1.7.1960-99.98, Zaloga, 2002, pp.

⁵⁷ militaryrussia.ru/blog

⁵⁸ Zaloga, 2002, pp. 98-99.

מרחבי ABM בלבד שכל אחד מהם יכול היה להכיל עד 100 מיירטים. כאשר עודכנה האמנה ב-1974, הצטמצמה הארכיטקטורה של המערכת פעם נוספת למרחב אחד בלבד (מוסקווה) הכולל 100 מיירטים.⁵⁹ המערכת להגנת מוסקווה הסתמכה על מכ"ם גדול ממדים, לגילוי מטרות בטווחים ארוכים ולניהול הקרב. רשת של מכ"מים בפריפריה של ברית המועצות סיפקה התרעה מוקדמת ואת רכישת הטילים.⁶⁰ המכ"מים שפותחה לטובת התרעה מוקדמת מטילים הביאו תועלת מבצעית כעשור לפני שהמערכת נכנסה למבצעים.⁶¹

התכנון הראשוני של A-35 הושלם ב-1961. עיקרון הטריאנגולציה שבו נעשה שימוש במערכת A, היה לא פרקטי בעבור המערכת המבצעית וכתוצאה מכך רמת הדיוק שהושגה לצורך המעקב אחר המטרה והמיירט הייתה נמוכה משמעותית. לפיכך, היה צורך בראש נפץ קטלני הרבה יותר בכדי להבטיח את יירוט המטרה. לאחר שלמדו המהנדסים את לקחי הניסויים של מערכת A הם שוכנעו כי ראש קרב קונבנציונאלי למיירט יהיה לא מספק.⁶² ב-1964 הוחלט סופית כי ראשי הקרב של המיירטים של מערכת ה-A-35, שנקראו בברית המועצות A-350 וכינו בנאט"ו Galosh, יהיו גרעיניים.⁶³

מיירטי ה-Galosh צוידו בתחילה בראש קרבי גרעיני בעצמה נמוכה, אולם בהמשך, כנראה בעקבות ניסויי טיסה שהצביעו על מרחקי החטאה גבוהים מהחזוי, הוחלפו בראשי קרב רבי עוצמה. המיירטים קבלו הנחייה רציפה מהקרקע שכללה את כל נתוני הטיסה הדרושים. הם נעדרו ראשי ביות ונעו על בסיס פקודות שחושבו מתוך מדידות מכ"ם בקרת האש. גובהי היירוט של המערכת היו מחוץ לאטמוספירה. המיירטים היו, מטבע הדברים, גדולים ומסורבלים מאוד.⁶⁴ מערכת A-35 נכנסה לפעילות מבצעית ראשונית ב-1967 עם כמות מיירטים מוגבלת. המערכת תוכננה להיות בעלת יכולת יירוט של שמונה ראשי קרב בו זמנית, אך קיים ספק גדול אם יכלה ליירט כמות כזאת של טילים או אם יכלה ליירט טילים בעלי עזרי חדירה (Pen)

Union of Concerned Scientists, [History of Russia's Anti-ballistic Missile \(ABM\) System](http://ucsusa.org), ucsusa.org, 2002.

Ibid. ⁶⁰

Zaloga, 2002, pp. 98-99. ⁶¹

Ibid. ⁶²

Gruntman, 2018. ⁶³

⁶⁴ יאיר רמתי ויבגני פרוטופופוב, (Amur A-135 (ABM-4), שלבים בהתפתחות מערך ההגנה נגד טילים ברוסיה, סקירה פנימית, 2014.

aids – דמאים או מוץ המיועדים להטעיית מיירטים). ההערכה היא שב־1968, הייתה המערכת בעלת יכולת יירוט של מטרה אחת בלבד בכל פעם.⁶⁵

בהקשרי הפעלת הכוח, רוכז תחום ההגנה נגד טילים בארגון צבאי שכונה בברית־המועצות PRO.⁶⁶ ה־PRO הוכפף ל־PVO. ה־PVO הורכב מכלל האלמנטים שהיו מעורבים בהגנה האווירית הלאומית בברית־המועצות: מערך יירוט כלי טיס באמצעות מטוסים, מערך ליירוט כלי טיס מהקרע, מערך הגנה נגד טילים ומערך לגילוי מטרות והתרעה מוקדמת.⁶⁷ דו"ח של ה־CIA מ־1970 חושף השקעה גדולה בפיתוח התשתית בעבור אתרי המערכת. פריסת המערכת כללה הקמת שמונה אתרים חדשים שכל אחד מהם הכיל משגרים ומכ"מים. כמרכז הקימו הסובייטים אתרים חדשים בפריפריה של מוסקווה, בעבור מכ"מי העקיבה וההתרעה המוקדמת.⁶⁸

השלב הראשון של מערכת A-35 קיבל תקניות רק ביוני 1971 והוכנס לכוננות מבצעית בספטמבר של אותה שנה. למערכת A-35 היו בעיות קשות; המכ"מים שלה היו חשופים ל"איפול" או לסנוורים על־ידי פיצוצים גרעיניים (כולל אלה של המיירטים שלה עצמה). היא גם לא כיסתה את כל נתיבי ההתקפה האפשריים, ולכן טילים שהתקרבו מכיוונים מסוימים היו בלתי ניתנים לגילוי. האמריקנים היו מודעים למגבלות אלו. דו"ח CIA מ־1967 העריך כי המערכת להגנה נגד טילים "אינה מכסה את כל כיווני התקיפה של טילים אמריקניים על מוסקווה" וכי "אף אחד מרכיבי המערכת אינו חסין נגד פיצוצים גרעיניים". המערכת לא הייתה מסוגלת להתמודד עם אמצעי נגד, כמו דמאים ומוץ, ולא יכלה להתמודד עם טילים אמריקניים בעלי ראשי קרב מרובים, שהיו זולים משמעותית בהשוואה למחירה של המערכת. מסיבות אלה, העריך המודיעין האמריקני כי למערכת הסובייטית אין יכולת להגן על מוסקווה מפני התקפה אמריקנית.⁶⁹

⁶⁵ Kristensen, McKinzie & Norris, 2014, pp. 70.

⁶⁶ הגנה נגד טילים, ברוסית: DefenseProtivoraretnyye Obornoa.

⁶⁷ Barry Leonard, [History of Strategic Air and Ballistic Missile Defense II 1956-1972](#), U.S. Army Center of Military History, 2010, p. 244.

⁶⁸ Kristensen, McKinzie & Norris, 2014, pp. 70.

⁶⁹ Matthew Bunn, **Foundation for the Future: The ABM Treaty and National Security**, Washington, DC: Arms Control Association, 1990, p. 50. Kristensen, McKinzie & Norris, 2014, pp. 72-73. הקצתה לצורך תקיפת מערכת ההגנה נגד טילים על מוסקווה, לפחות 6 טילי Polaris שישוגרו מצוללת ICBM 100 מדגם Minuteman, יותר מעשרה אחוזים מהטילים הבין־יבשתיים של ארצות־הברית באותה העת. התוכנית כללה שני גלי תקיפה מתואמים ומתוזמנים כשהראשון בהם יועד לפגיעה במכ"מים של מערכת ההגנה. תוכנית התקיפה התבססה על חולשות מערכת A-35 ועל הפתעה באמצעות זמן הטיסה הקצר של טילי Polaris, SLBM. ניתן להניח בסבירות גבוהה מאוד,

חוסר הרלוונטיות המבצעי של מערכת A-35 ממחיש היטב את האתגר הגדול בפיתוח מערכות הגנה בתקופה של שיפורים ושינויים טכנולוגיים מהירים במערכות ההתקפיות. מתכנני המערכת, שתוכננה ב־1959 כדי להביס איומים קיימים, לא הצליחו לצפות מראש את אופיים של האיומים העתידיים. העיכוב שחל בתהליך הפיתוח והפריסה של המערכת, הגדיל עוד יותר את פער הרלוונטיות בין יכולותיה לצורך המבצעי. קיומה של מערכת ההגנה מטילים בברית־המועצות גרם לאמריקנים להשקיע מאמץ רב הן בפיתוח יכולות התמודדות נגד ההגנה והן בהצטיידות בכמות גדולה של טילים. מרוץ החימוש בין ארצות־הברית לברית־המועצות בנושא יכולות ההגנה וההתקפה באמצעות טילים, היה בעל משמעויות רחבות היקף לביטחון הלאומי של שתי האומות ובפרט לכלכלות שלהן.

A-35M והניסיון לשיפור אפקטיביות ההגנה מטילים

לאור הבנת האיומים ויכולות ההגנה המוגבלות של מערכת ההגנה A-35 שקלה המועצה המדעית של ברית־המועצות כבר בנובמבר 1968, שתי דרכים כדי לשפר את ההגנה נגד טילים. האחת הייתה שדרוג מערכת A-35 באמצעות טילים מיירטים חדשים והשנייה הייתה פיתוח מערכת הגנה חדשה מפני טילים חדשה הדומה למערכת Safeguard האמריקנית.⁷⁰ מערכת A-35M הייתה מערכת טילים רב־כיוונית להגנת מוסקווה מתקיפת טילים באמצעות יירוט מחוץ לאטמוספירה. היא היוותה שדרוג של מערכת ה־A-35 תוך שימוש ברכיבי תוכנה וחומרה חדשים. השינוי הפונקציונאלי המרכזי היה יכולתה להתמודד עם עזרי חדירה של טילים בליסטיים בין־יבשתיים. כמו המערכת שקדמה לה, תוכננה המערכת להתמודד בו זמנית עם עד 8 ICBM מכיוונים שונים. פיתוח מערכת טילים זאת התנהל מאז 1970 בניהולו של קיסונקו. כחלק מפיתוח מערכת ה־A-35M פותח מיירט מתקדם מסוג A-350R. המערכת הפכה למבצעית במאי 1978 והייתה בכוננות עד דצמבר 1990.

A-135 – המערכת הסובייטית המתקדמת ביותר להגנה מפני ICBM

מערכת ה־A-135 הייתה מערכת ההגנה מטילים האחרונה שהגיעה למבצעים בברית־המועצות. המערכת מגנה עד ימינו, נגד טילים בליסטיים ארוכי טווח על בירת רוסיה,

⁷⁰ כי למערכת A-35 שנבנתה להתמודד עם מטח של 8 ICBM לא הייתה כל אפשרות להתמודד עם תקיפה אמריקנית על־פי התוכנית המבצעית שאושרה.

⁷⁰ militaryrussia.ru/blog

מוסקווה. פרויקט A-135 התחיל להתפתח במשרד הרדיו התעשייתי של ברית המועצות כבר בסוף 1968, בזמן תחילת פיתוחה של מערכת A-35M. למעשה, ב-1969 התנהלו במקביל בברית המועצות שתי תוכניות פיתוח למערכת הגנה מפני טילים. התוכניות עברו תחת אחריותו של גוף אחד ב-1970 כאשר רוכז כל נושא ההגנה מפני טילים תחת שליטתו של משרד הרדיו של ברית המועצות.⁷¹ ההחלטה הרשמית על הקמת מערכת חדשה להגנה מפני טילים – A-135, התקבלה ביוני 1971. הפרויקט כלל בתחילה הקמת שלוש מערכות יירוט A-135 במרחק של 600-800 ק"מ ממוסקווה ושלוש מערכות יירוט לטווח קצר שיועדו לצמצם את הנזק משימוש במיירט בעל ראשי נפץ גרעיניים ולהגדיל את הסתברות היירוט. בחודש דצמבר 1971, הושלם העיצוב הראשוני של מערכת A-135.⁷²

בניית אתרי המערכת החלה רק ב-1980 והושלמה ב-1983, התקנת הציוד באתרי המערכת החלה רק בקיץ 1986. המערכת המשודרגת, נועדה לספק רק הגנה "נאותה" (בניגוד להגנה "אופטימלית") נגד איומים כמו תקיפת SLBM "מוגבלת ופרובוקטיבית" של ארצות הברית, או התקפה סינית של עד 100 טילים לטווח בינוני. היכולת של המערכת להגנת מוסקווה צומצמה בשל הקטנת כמות המיירטים בשנים 1979-1980 מ-64 ל-32.⁷³ השדרוג הושלם רשמית ב-1989, אך בשל בעיות משמעותיות, המערכת לא הייתה פעילה עד 1995. המערכת החדשה הייתה בתקופה הסובייטית מערכת הגנה דרשכתית באמצעות שני סוגים של מיירטים חמושים בנשק גרעיני – מיירטי Gorgon, ליירוט ראשי נפץ מחוץ לאטמוספירה, ומיירט חדש נוסף, שכונה Gazelle, ליירוט בתוך האטמוספירה.⁷⁴

מערכת ה-A-135 התחילה להתפתח ב-1971 ונכנסה באופן מלא לשירות מבצעי רק ב-1995. זמן פיתוח ארוך במיוחד זה, נבע בין היתר מתהליכים בירוקרטים ומשמרנות בפיתוח המערכת שהתבטאה בחוסר לקיחת סיכונים. למרות השיפורים שהביאה המערכת ביכולת ההגנה נגד טילים על מוסקווה, טענו דו"חות צבאיים ומודיעיניים בארצות הברית כי ניתן היה להביסה בקלות יחסית. סגן שר ההגנה הממונה על כוחות הגרעין האסטרטגיים אמר לוועדת השירותים הממלכתיים של בית הנבחרים ב-1987, כי למרות שהסובייטים השקיעו יותר מ-10 שנים ומיליארדי דולרים בפיתוח מערכת הגנה נגד טילים, תוכל ארצות הברית לחדור אליה במספר קטן של טילים ביקיבשתיים מדגם Minuteman המצוידים ב"דמאים ומוץ יעילים ביותר", הוא

⁷¹ militaryrussia.ru/blog

⁷² Ibid.

⁷³ Kristensen, McKinzie & Norris, 2014, pp. 73-74.

⁷⁴ Union of Concerned Scientists, 2002.

המשיך ואמר, "אם הסובייטים יפעילו אמצעי הגנה מתקדמים יותר או רבים יותר, יש לנו עזרי חדירה חדשים כמענה".⁷⁵ משרד ההגנה אמר שהמערכת הסובייטית אינה מתקדמת יותר מאשר מערכת ההגנה האמריקנית Safeguard, שפותחה בתחילת שנות השבעים, אך בוטלה מייד עם פריסתה ב-1975 בשל היעדר יעילות צבאית ובשל עלותה הגבוהה.⁷⁶

פירוק ברית-המועצות והבעיות הכלכליות ברוסיה שהגיעו בעקבותיו, הובילו להידרדרות משמעותית במערכת הקיימת ולחוסר מימון לצורך השלמת תוכנית השדרוג או לביצוע מחקר חדש. בזמן קריסת ברית-המועצות ב-1991, עדיין לא הגיעה המערכת החדשה להגנה מפני טילים ליכולת מבצעית מלאה. חלק גדול מתוכנית השדרוג של מכ"ם ההתראה המוקדמת המשויכת למערכת המשופרת טרם הושלם, ומאותם מכ"מים שעודכנו, היו כמה שהוצבו ברפובליקות שאינן שייכות עוד לרוסיה.⁷⁷ טילי ה-Gorgon הוצאו משירות מבצעי בשנים 2005-2006 והמערכת המגנה על מוסקווה, מבוססת כיום על שימוש במיירטי Gazelle בלבד.

משפחת S-300 – הגנה ניידת נגד טילים בליסטיים

באוקטובר 2018 פורסם כי גורם במשרד ההגנה במוסקווה אמר כי רוסיה סיפקה לסוריה שלוש מערכות הגנה אווירית מסוג S-300PM-2 הדגם המתקדם ביותר אז של מערכות ה-S-300. כמרכן פורסם כי מערכת ה-S-300PM-2 יכולה להתמודד לא רק עם מטוסי קרב מהדור החמישי וליירט טילים בליסטיים לטווח קצר, אלא גם עם טילים בליסטיים טקטיים לטווח בינוני של 250 ק"מ.⁷⁸ מערכת ה-S-300PM-2 מיוצרת על-ידי חברת Almaz-Antey, חברה רוסית שנוצרה מאיחודן של שתי חברות ותיקות בשנת 2002: Almaz – שמה הנוכחי של לשכת ה-KB-1 שפיתחה מערכות הגנה אווירית רבות בברית-המועצות, וחברת Antey שנכנסה לתחום פיתוח הטיילים להגנה האווירית בשנות השישים עם פיתוח ה-SA-4 Gainful. משפחת טילי ה-S-300 כוללת כיום מערכות שפותחו בנפרד על-ידי שתי היצרניות, שלהן יש יכולות הגנה נגד טילים.

⁷⁵ Bunn, 1990.

⁷⁶ Arms Control Association, *Arms Control and National Security*, Washington, DC:

Arms Control Association, 1989, p. 84.

⁷⁷ Steven J. Zaloga, *Moscow's ABM Shield Continues to Crumble*, Jane's Intelligence

Review, 1999.

⁷⁸ איתמר אייכנר, "דיווח רוסי: סוריה קיבלה מערכות מתקדמות יותר של S-300", YNET, 19 באוקטובר 2018.

האות S מציינת את המילה הרוסית: "Samokhodniy" שפירושה "מתנייע". המערכת המבצעית המתקדמת ביותר בסדרה זאת היא S-400.⁷⁹

מערכות Antey ומערכות Almaz צמחו לנוכח האכזבות של מלחמת וייטנאם ומלחמת יום הכיפורים, בהן הובסו מערכות ההגנה האווירית הסובייטיות על ידי ארצות-הברית וישראל בהתאמה. מערכות S-300P ו-S-300V מייצגות את שיא הטכנולוגיה הסובייטית בנושא טילי קרקע-אוויר. המערכות פותחו תוך השקעת משאבים גדולים מאוד במטרה "לדחוף" את המעטפת הטכנולוגית. המקורות הראשונים של סדרת S-300P נעוצים באמצע שנות השישים כאשר ה-PVO ומשרד הייצור הצבאי יזמו את הפיתוח שלה. המטרה הייתה לייצר מערכת הגנה מסוג המסוגלת להחליף את מערכות ההגנה האווירית S-75 / SA-2 ו-S-200 / SA-5 Gammon אשר נמצאו כבלתי יעילות. הכוונה המקורית הייתה לעצב מערכת משותפת בעבור Voyska-PVO (ההגנה האווירית הלאומית), Voenno-Morskiy Flot (חיל הים) ו-PVO-SV (חיל ההגנה האווירית של הצבא האדום), אך הצרכים השונים של שלושת הגופים לא תאמו.

בסופו של דבר פותחו שתי מערכות נפרדות: מערכת S-300P בעבור V-PVO ומערכת S-300V בעבור ההגנה האווירית של הצבא האדום. ייעודה המקורי של ה-S-300P היה לייצר מערכת אסטרטגית להגנת שטח, שמטרתה להגן על אתרים, כגון משרדי ממשלה, מתקנים תעשייתיים, עמדות פיקוד ומפקדות, בסיסי צבא, שדות תעופה אסטרטגיים וטקטיים ואתרי הגרעין.⁸⁰ לדורות הראשונים של מערכת S-300P, שנכנסה לפעילות מבצעית ב-1979, הייתה יכולת יירוט של מטוסים בלבד, אולם החל מהדור הרביעי של המערכת, שנקרא (SA-20, Gargoyle) PMU1 ושנכנס למבצעות ב-1993, הייתה למערכת גם יכולת ליירט גם טילים בליסטיים שטווחם עד 900 ק"מ, על-פי הצהרת המפתח הרוסי.⁸¹

מערכת ה-S-300V (SA-12 Gladiator/Giant) שיוצרה על ידי חברת Antey נכנסה, בתצורתה הראשונית, למבצעות בצבא ברית-המועצות במחצית הראשונה של שנות השמונים. הסיומת V מייצגת את המילה Voyska (כוחות הקרקע). המערכת נועדה להוות את מערכת ההגנה האווירית בשכבה העליונה לכוחות הקרקע, המספקת הגנה מפני טילים בליסטיים, טילי שיוט וכלי טיס, והחליפה את מערכת ה-SA-4

⁷⁹ רמתי יאיר (2013), מערכת יירוט רוסית מתקדמת S-300, סקירה פנימית

⁸⁰ [Almaz, S-300P/PT/PS/PMU/PMU1/PMU2, Almaz-Antey S-400 Triumf, SA-10/20/21 Grumble/Gargoyle, ausairpower.net, 27.1.2014.](#)

⁸¹ רמתי, 2013, מערכת יירוט רוסית מתקדמת S-300, סקירה פנימית

Ganef. המערכת התחילה פיתוח כבר בסוף שנות השישים של המאה ה-20.⁸² לסדרת מערכות ההגנה נגד מטוסים ונגד טילים S-300 נודע מוניטין של הצלחה מובהקת. המערכות יוצאו למדינות רבות בכל רחבי העולם. יש הטוענים כי מערכת זאת היא מערכת טילי הקרקע-אוויר בעלת היכולות הגבוהות ביותר באזור האוקיאנוס השקט. מראשית שנות השבעים, התפתחה מערכת סובייטית זו ללא הרף, באמצעות סדרה של שיפורים מצטברים ומהותיים, שדרשו לקיחת סיכונים טכנולוגיים.

ה-S-300 מכונה לעיתים קרובות "הפטריוט של רוסיה", אולם במובנים מרכזיים רבים היא בעלת יכולת גבוהה יותר מסדרת טילי הפטריוט של ארצות-הברית, ובגרסאותיה המאוחרות אף בעלת ביצועי ניידות, התורמים לשרידות רבה בהרבה מזו של הפטריוט.⁸³ עיון משווה בין סדרת ה-S-300 למערכות ההגנה נגד ICBM על מוסקווה מעלה כי ההבדל העיקרי בין המערכות נובע מכך שמערכת זאת התפתחה במודל המכונה "מודל ספירלי" – באופן הדרגתי, נדבך אחרי נדבך. החל משלהי שנות השבעים ועד לימינו פותחו גרסאות רבות של המערכת, שכל אחת מהן שיפרה את יכולותיה של קודמתה. שוני נוסף נעוץ במיקוד נכון של הגדרת הדרישות מהמערכת.

סיכום - מאפייני ההגנה נגד טילים בברית-המועצות

נוכח מצבם האסטרטגי של הסובייטים בתחילת המלחמה הקרה, ולנוכח נטייתם המסורתית הנותנת עדיפות גבוהה להגנה, הייתה לסובייטים מחויבות גבוהה במיוחד לתחום ההגנה האווירית בכלל ולהגנה נגד טילים בפרט. השקעת המשאבים בתחום ההגנה האווירית הייתה גדולה במיוחד במשך שנות קיומה של ברית-המועצות הן בתחום בניין הכוח והן בהפעלתו. לאור העובדה כי ברית-המועצות לא חוותה חיכוך מבצעי בתחום הלוחמה נגד טילים, גובשו הדרישות הגבוהות ממערכות ההגנה באמצעות ציפיית צורתם של האיומים העתידיים האפשריים. תהליך גיבוש הדרישות התבצע בתצורת "Top-Down", לעיתים אף תחת הנחייתם הישירה של ראשי הממסד הקומוניסטי.

במחקרים אחדים מצוין כי ציפייה זאת בוצעה במתודה של הערכת "הגרוע מכול" שהציבה, מטבע הדברים, רף דרישות גבוה במיוחד. לאור השינוי הטכנולוגי המהיר במערכות ההתקפיות, הגדרת דרישות המערכות באמצעות ציפייה לאור היעדר

⁸² [S-300V](http://astronautix.com/S-300V), astronautix.com.

⁸³ Almaz,S-300P/PT/PS/PMU/PMU1/PMU2,Almaz-AnteyS-400Triumf,SA-10/20/21Grumble/Gargoyle,ausairpower.net, 27.1.14.

החיכוך המבצעי וזמני הפיתוח הארוכים הנדרשים לצורך הקמתה של מערכת טילים מתקדמת – הפכו את חלק ממערכות ההגנה ללא רלוונטיות מבחינה מבצעית, עוד בטרם שסיימו את פיתוחן. שיתוף הפעולה של הסובייטים עם מדינות ברית ורשה בתחום ההגנה מטילים, בא לידי ביטוי בכך ששדה הניסויים הלאומי של ברית המועצות להגנה נגד טילים הוקם ב-Sary Shagan על אדמת קזחסטן, ובכך שהסובייטים הציבו חלק מרכיבי מערכות ההגנה ונגד טילים על מוסקווה בשטחי מדינות ברית ורשה. שיתוף פעולה זה היה מוגבל בהיקפו. הטכנולוגיה והמשאבים שהוקדשו להגנה נגד טילים היו ממקורות שרובם ככולם היו שייכים לברית המועצות. עובדה זאת, הגבילה את התפתחות מערך ההגנה הסובייטי נגד טילים.⁸⁴

הנטייה שהייתה קיימת בברית המועצות לתת פתרונות כמותיים ולא טכנולוגיים⁸⁵ באה לידי ביטוי גם בהתמודדות עם אתגרי ההגנה האווירית, שנוצרו לאור המגבלות הטכנולוגיות. נטייה זאת תרמה להשקעת משאבים כבירים בתחום ההגנה האווירית. משאבים אלו הושקעו הן בתחום בניין הכוח: בהצטיידות באמצעי לחימה ובהקמת תשתיות ומסגרות צבאיות והן בהפעלת הכוח: עלויות שוטפות, משאבי כוח אדם ואחזקת התשתיות ואמצעי הלחימה. כל מערכות ההגנה עברו, סדרות ניסויים משמעותיות ביותר לפני ואחרי כניסתן לכוננות מבצעית. ניסויים אלו היוו חיכוך של המערכות, עם אתגרי היירוט לאור העדר החיכוך המבצעי. חיכוך זה נדרש לצורך למידה, הנדרשת לטובת פיתוח המערכות.

בתחום הפעלת הכוח בהגנה האווירית דגלה ברית המועצות בריכוזיות אשר הובילה ליעילות מבצעית רבה יותר וליעילות יחסית בהשקעת המשאבים. שמרנות ואי לקיחת סיכונים אפיינו גם הן את הליכי פיתוח של מערכות ההגנה מטילים בין יבשתיים בברית המועצות. כתוצאה מכך, התארך זמן הפיתוח שלהן. בנוסף, הובילה השמרנות הסובייטית לאחזקת מערכים ותיקים ולא רלוונטיים בתחום ההגנה האווירית, לאורך שנים רבות, מתוך חוסר אמון במערכות המתפתחות. ההצלחה החריגה, בפיתוח סדרת מערכות S-300 והרלוונטיות הגבוהה של המערכות, הן תוצר של פיתוח ספירלי שהביא לשטח בקצב גבוה יחסית, דגמים של המערכת שהותאמו לצורך המבצעי המתפתח.

⁸⁴ ריאיון עם יאיר רמתי 24.2.2019.

⁸⁵ אדמסקי, 2012, עמ' 69.

התפתחות מערך ההגנה האקטיבית בישראל מהקמת המדינה ועד מלחמת המפרץ

במלחמת העולם השנייה שימשה ארץ ישראל את הבריטים כבסיס חשוב לפעילותם במזרח הים התיכון. כתוצאה מכך, בקיץ 1940 ובקיץ 1941, תקפו מטוסים איטלקיים, מטוסי משטר וישי והלופטוואפה את מפרץ חיפה ואת תל-אביב כמה פעמים.⁸⁶ תקיפות אלו גרמו לעשרות הרוגים ופצועים בתל-אביב, והסבו נזק רב.⁸⁷ ראשוני מערך ההגנה האווירית הישראלי היו בני היישוב העברי שגויסו לצבא הבריטי, הוכשרו כתותחני נ"מ ולחמו נגד תקיפות מטוסי מדינות הציר על ארץ ישראל.⁸⁸ תותחנים אלו צברו ניסיון מבצעי ואף רשמו לזכותם כמה הפלות של מטוסים צרפתיים.⁸⁹

כוח ההגנה האווירית העברי הוקם במחתרת בערב פסח תש"ח, על בסיסם של חיילי הנ"מ ששירתו בצבא הבריטי.⁹⁰ ההגנה האווירית לא הוכפפה לשירות האוויר שהוקם בארגון ההגנה בנובמבר 1947. בשבת, 15 במאי 1948, יומה הראשון של מדינת ישראל, בוצעה ההפלה המבצעית הראשונה של מטוס אויב בשמי ישראל עת הופל מטוס ספיטפייר מצרי בשמי תל-אביב על-ידי תותח נ"מ.⁹¹ לחיל האוויר הישראלי נודעה הצלחה בשדה הקרב עוד בראשית ימיו. כבר במחצית השנייה של 1948 רכש חיל האוויר עליונות אווירית על חילות האוויר הערביים, שהתבטאה בהשתתפותו במבצעים האחרונים של המלחמה. לקראת תום מלחמת העצמאות היה חיל האוויר שליט יחיד בשמי מדינת ישראל.

פיקוד הנ"מ הוקם ב־10 באוקטובר 1950, הוכפף ישירות לסגן הרמטכ"ל מקלף, והיה למעין חיל עצמאי. הוקמו גדודי נ"מ, יחידת בקרה ונקודות תצפית ואף יחידת בלוני נ"מ. לאחר שנה הוכפפו גדודי הנ"מ לחיל התותחנים ויחידת הבקרה הוכפפה לחיל האוויר.⁹² ב־1950 הוקמו כמה גדודי נ"מ והוכנסו לשירות תותחים מכווני מכ"ם. תפקידם של גדודי הנ"מ תחת פיקוד התותחנים היה להגן על בסיסי חיל האוויר

⁸⁶ דני עוזיאל, "מטוסי מדינות הציר בשמי ארץ ישראל במלחמת העולם ה-2", מרקיע שחקים, 29.3.2019.

⁸⁷ אילן שחורי, "מלחמת העצמאות – כשהמצרים הפציצו את תל אביב", תל אביב שלי, 2016.

⁸⁸ אריה ברנע, "כך נולד הנ"מ", בטאון חיל האוויר 5 (1978), עמ' 34.

⁸⁹ עוזיאל, 23.3.2019.

⁹⁰ ברנע, 1978, עמ' 35.

⁹¹ תל-אביב הופצצה בתחילת מלחמת העצמאות על-ידי חיל האוויר המצרי, ההפצצות הקשות נמשכו ממאי ועד יולי 1948, וגרמו למותם של כ־150 איש, ברובם אזרחים. במקביל להפצצת תל-אביב תקפו המצרים גם יישובים סמוכים לה ובהם רמת גן, חולון, ראשון לציון ורחובות. גלילי בע"מ, 70 שנות הגנה אווירית מאז ועד היום, משרד הביטחון, 2018, עמ' 9.

⁹² ברנע, 1978, עמ' 36.

ויחידות הבקרה האווירית. לכל פיקוד מרחבי בצה"ל נבנתה גונדה שתפקידה היה להגן על יחידות השדה במרחב הפיקודי מהתקפות מהאוויר.

בסקירה הביטחונית שהציג ראש הממשלה בן גוריון באוקטובר 1953 - סקירה שעד היום רואים בה רבים את המסמך הקרוב ביותר לתפיסת ביטחון רשמית של מדינת ישראל - תיאר בן גוריון את חווייתו האישית מהתקיפה האווירית המצרית על רידינג בתחילת מלחמת העצמאות ואת החוסן והמורל הגבוה של תושבי תל-אביב שבעורף. למרות הדברים שכתב, ידוע כי בן גוריון היה מודאג מאוד מיכולת העמידות של העורף.⁹³ בסקירה, שם בן גוריון דגש על חשיבותו המיוחדת של חיל האוויר בצה"ל ועל היותו כוח המחץ העיקרי, שיכריע את האויב באמצעות השגת עליונות אווירית. בן גוריון אף קבע כי כמחצית מתקציב צה"ל צריך להינתן לחיל האוויר.⁹⁴ לתפיסה זו הייתה השפעה מכרעת על עיצוב ההגנה האווירית בישראל, שהתבססה במשך שנים רבות באופן מובהק על מענה התקפי המושגת על מטוסים לאיום האווירי על שמי המדינה.⁹⁵

בראשית שנות ה-60 היה מצבו של הנ"מ בצה"ל, בכי רע. המחלוקות בין חיל התותחנים, שאליו היה כפוף הנ"מ פיקודית, לחיל האוויר שהפעיל את הגדודים מבצעית, גרמו לכך שמענה הנ"מ לא סיפק את הצרכים של ישראל, שהלכו וגדלו נוכח התעצמות האיום האווירי הערבי והקמת תשתיות חיוניות נוספות בארץ.⁹⁶ בסוף 1962 אישר הממשל האמריקני את עסקת מכירתה של מערכת טילי הנ"מ "הוק" לישראל. עסקה זאת הייתה פריצת דרך ביחסים בין ארצות-הברית וישראל והיותה את הסנונית להפיכתו של צה"ל לצבא המבוסס על מערכות נשק אמריקניות. לאחר הכשרה ארוכה של הצוותים בארצות-הברית, הגיעו סוללות ה"הוק" הראשונות לארץ במרץ 1965. הגעתן של מערכות הנשק המתקדמות הציתה ויכוח בין חיל האוויר לחיל התותחנים, בשאלת כפיפותו של הנ"מ.

לאחר התחבטות ממושכת הוחלט במטכ"ל כי סוללות ה"הוק" תיקלטנה בחיל האוויר ובסוף 1966 פסק הרמטכ"ל רבין כי מערך הנ"מ יוכפף פיקודית לחיל האוויר

⁹³ יצחק בן-ישראל, **תפיסת הביטחון של ישראל**, תל אביב: משרד הביטחון, 2013, עמ' 68-69.

⁹⁴ בן-ישראל, 2013, עמ' 55-57.

⁹⁵ יצחק בראון, **"לידתה ונפילתה של יחידות: יחסי צרפת-ישראל 1956-1967"**, בתוך: **מדינה, ממשל ויחסים בינלאומיים** 35, סתיו-חורף תשנ"ב-אוגוסט 1991, עמ' 73. יחד עם זאת, בן גוריון היה מודע למגבלותיו של חיל האוויר הצעיר. בוועידת סוור, שנערכה באוקטובר 1956, לקראת מבצע קדש, בהשתתפות בכירים מבריטניה, מצרפת ומישראל, דרש בן גוריון מהמעצמות לספק לישראל הגנה אווירית ולהשמיד את חיל האוויר המצרי בעודו על הקרקע. בן גוריון חשש ממתקפה אווירית על ערי ישראל, בעוד צה"ל תוקף בתעלת סואץ.

⁹⁶ גלילי בע"מ, 2018, עמ' 10.

ומקצועית יוכפפו תותחי הנ"מ לתותחנים. עסקת ה"הוק" התחילה למעשה את מורשת היחסים הצבאיים העמוקים והמיוחדים בין ארצות-הברית לישראל. מורשת זאת באה לידי ביטוי בתחומים רבים בביטחון הלאומי של ישראל עד ימינו ובפרט בשיתוף הפעולה ההדוק בנושא ההגנה האקטיבית.⁹⁷ במלחמת ההתשה, במאי 1969, רשמה לזכותה מערכת ה"הוק" את ההפלה הראשונה של מטוס אויב. כמענה לצורך מבצעי שנוצר, הקים חיל האוויר, באפריל 1970 את גדוד הנ"מ המתנייע הראשון. לאחר ויכוח נוסף שפרץ בין חיל התותחנים לחיל האוויר בדבר שייכותם של סוללות הנ"מ המתנייע פקד הרמטכ"ל ברלב בפברואר 1971, על העברת כל מערך הנ"מ לאחריותו המלאה של חיל האוויר.

מטוסי חיל האוויר ספגו במלחמת ההתשה פגיעות משמעותיות מטילי קרקע-אוויר סובייטיים שבהם צוידו צבאות ערב ולא השיגו עליונות אווירית מוחלטת, כפי שעשו במלחמות קודמות, אך העורף הישראלי לא ספג פגיעה משמעותית מהאוויר. במלחמת יום הכיפורים שיגרו צבאות ערב לראשונה טילים נגד העורף הישראלי. מצרים שיגרה לעבר ישראל טילי שיוט מדגם קלט (7 מהם הופלו באש תותחי נ"מ) וסוריה שגרה רקטות מדגם פרוג, שפגעו בבסיס רמת דוד וביישובים בעמק יזרעאל. כחלק מהפקת הלקחים של מלחמת יום הכיפורים, הוקמו באמצע שנות השבעים אגדי נ"מ מרחביים ששימשו כדרג ביניים בין מפקדת המערך לגדודים, כן נקלטה מערכת נ"מ מתנייעת חדשה (תותח "וולקן") והוקמו גדודי נ"מ נוספים. במלחמת לבנון הראשונה לא הותקפה ישראל מן האוויר ומטוסי חיל האוויר השיגו עליונות אווירית מוחלטת לאחר שהשמידו את מערך טילי הקרקע-אוויר הסורי בבקעת הלבנון במבצע "ערצב 19". מתום מלחמת לבנון הראשונה ועד ערב מלחמת המפרץ לא בוצעו שינויים משמעותיים בהרכב הכוחות ובמערכות הנשק במערך הנ"מ הישראלי.

שטחה הקטן של מדינת ישראל והיותה מוקפת אויבים כמעט מכל עבריה, הפכו כל נקודה בה לפגיעה מן האוויר. היישוב העברי ומדינת ישראל חוו עד סיום מלחמת העצמאות, הפצצות קשות מהאוויר שגרמו לנזק בעורף המדינה. הצלחותיו של חיל האוויר בהשגת עליונות אווירית על האויב, הובילו להשקעה תואמת במטוסי קרב ולהשקעה פחותה במערכות קרקעיות להגנה אווירית ובמסגרות הצבאיות שהפעילו אותן. במלחמות שפרצו לאחר מלחמת העצמאות ועד למלחמת המפרץ, לא חוותה ישראל פגיעה משמעותית מהאוויר בעורף. לעובדה זאת הייתה השלכה ברורה על אופן העיסוק בהגנה האווירית כחלק מהביטחון הלאומי. העיסוק בישראל בתכנון

⁹⁷ שחר שוחט ויניב פרידמן, "מהגנה טקטית נגד מטוסים להגנה אווירית מערכתית", **בין הקטבים** 4 (1015) עמ' 75.

אסטרטגי כולל ויסודי של אתגר ההגנה האווירית היה מוגבל בהיקפו. עם זאת, בעת הצורך, צה"ל התאים עצמו במהירות רבה, תוך גילוי גמישות ויכולת אלתור, לצרכים שהתפתחו בתחום ההתמודדות עם איומים אוויריים. המענים לאיום האווירי פוזרו בין גורמים שונים בצה"ל ולפיכך לא ניתן מענה כולל לאיום זה והתפתחו מספר ערוצי חשיבה ופעולה במקביל.

למידה מההגנה נגד טילים בברית-המועצות להגנה האקטיבית בישראל

לנוכח חשיבותו של תחום ההגנה האקטיבית בביטחון הלאומי של מדינת ישראל נדרש לקיים תהליך מתמשך של למידה ושל חקירה בתחום זה. מטרת הלמידה היא ניתוח ביצועי העבר על-מנת לשפרם בעתיד בהתאם לאתגרים הצפויים בעתיד. התאוריות הקלסיות של למידה ארגונית בכלל ובצה"ל בפרט מציעות כי "לתהליכי למידה בארגון יש את הפוטנציאל להשפיע על עמדות ואמונות של מקבלי ההחלטות, לשנות הרגלים קיימים כתוצאה מניסיון מצטבר, לשכלל את היכולות ולהתמודד עם תנאים חדשים".⁹⁸ על אף שלצה"ל יש ניסיון עצמי בתחום ההגנה האקטיבית, המאפשר למידה משמעותית, ראוי למצות את הלמידה גם מניסיונה העשיר של ברית-המועצות בתחום זה.

ככלל ניתן לומר שיש קושי בעולם בכלל ובצה"ל בפרט ללמוד מצבאות זרים.⁹⁹ כדי ללמוד מצבא זר באופן מושכל ורציונאלי, נדרש לבחון את מקורות הלמידה על-פי הפרמטרים הבאים: בתחום המבצעי – מידת הדמיון בין הבעיות המבצעיות שעומנות מתמודדת צה"ל לבין אלה שעומנות התמודד הצבא שממנו לומדים. בתחום של תהליכי בניין הכוח – הדמיון בין הארגון הצבאי שממנו לומדים לבין צה"ל במבנה, בארגון, בגודל ובהיקף המשאבים. בתחום הטכנולוגי – הדמיון במערכות הנשק.¹⁰⁰ להלן ינותחו הדמיון והשוני בין ההגנה הסובייטית נגד טילים וההגנה האקטיבית בישראל, על-מנת למפות את מרחב הלמידה הרלוונטי. לאחר מכן יוצגו לקחים שאותם צריכה ישראל ללמוד מהניסיון הסובייטי בהגנה נגד טילים.

⁹⁸ סער רווח, "מדוע צבאות מתקשים בלמידה?" **בין הקטבים** 8 (2016), עמ' 159.

⁹⁹ שם, עמ' 160.

¹⁰⁰ מאיר פינקל ואיתן שמיר, "ממי צריך צה"ל ללמוד?", **מערכות** 433 (2010), עמ' 30.

מרחב הלמידה הרלוונטי - הדומה והשונה בין ההגנה נגד טילים בברית המועצות להגנה האקטיבית בישראל

בחינה משווה בין מערכות ההגנה האקטיבית בברית המועצות ובישראל מעלה כי ישנם הבדלים רבים: מערכת ההגנה בברית המועצות הוקמה אל מול איום גרעיני במאבק בין מעצמתי בעוד ישראל מתמודדת עם איום קונבנציונלי למול אויב מגוון בהתמודדות בין מדינתית ולמול ארגונים תת־מדינתיים. איום הטילים שמולו נבנה מערך ההגנה הסובייטי נגד טילים היה איום גרעיני בעל משמעות קיומית. לעובדה זאת הייתה חשיבות מרכזית באופן שבו נבנה והופעל מערך ההגנה נגד טילים בברית המועצות. האיום הנשקף כיום לישראל בתחום הירי תלול המסלול הוא איום קונבנציונאלי בלבד, אולם פיתוחה של מערכת החץ הושפע מאיום גרעיני פוטנציאלי עתידי על ישראל באמצעות טילים מאיראן.¹⁰¹ מערך ההגנה הסובייטי נגד טילים התפתח בתקופת המלחמה הקרה כחלק מהמאבק הבין־גושי. היותה של ברית המועצות מעצמת על, בעלת משאבים כבירים ואינטרסים חובקי עולם והעובדה שארצות־הברית, יריבתם המרכזית של הסובייטים הייתה אף היא מעצמה, השפיעו במידה ניכרת על האופן שבו התפתחה ההגנה האווירית הסובייטית. למרוץ החימוש, בתחום הטילים בכלל ולמרוץ בין יכולות ההגנה וההתקפה בפרט נודעה חשיבות גדולה באופן שבו התפתח מערך ההגנה הסובייטי נגד טילים.

ישראל נמצאת במאבק מראשית ימיה מול מדינות ומול ארגונים תת־מדינתיים. לאויביה השונים של ישראל יכולות מגוונות בתחום הירי תלול המסלול. קיים שוני באיומים תלולי המסלול הנשקפים לישראל מידי ארגונים תת־מדינתיים, ממדינות הגובלות בישראל וממדינות ללא גבול משותף עם ישראל, הן באמצעים עצמם, הן באופן הפעלתם והן ביכולתם של האויבים לפתח יכולות נגד מערכות ההגנה.

לפיכך, מערך ההגנה האקטיבית בישראל נבנה כך שיוכל להתמודד עם יריבים מסוגים שונים. בשונה מהמערך הסובייטי, מערך ההגנה האקטיבית הישראלי נבנה להתמודד מול קשת רחבה של איומים, החל מפצצות מרגמה ורקטות לטווחים של קילומטרים ספורים הנמצאות בידי ארגוני טרור ועד לטילים בליסטיים הנמצאים ברשותן של מדינות ללא גבול משותף עם ישראל, כגון עיראק בעבר ואיראן בהווה.

¹⁰¹ גילי כהן, "בכיר בצה"ל: ישראל מאיצה את פיתוח ה"חץ 3" – נערכת לאיום גרעיני", haaretz.co.il, 2013.

בשל ההבדלים באופי האיום מתקיים הבדל משמעותי בצורך למימוש ההגנה האקטיבית, בעוד ברית המועצות עמדה למול איום לא ממומש ישראל מתמודדת עם איום המופעל נגדה באופן תדיר. בתקופת המלחמה הקרה לא שוגר לעבר שטחה של ברית המועצות בידי כוחות ברית נאט"ו ולו טיל בליסטי אחד. לפיכך, מערכות ההגנה נגד טילים שאותם פיתחו הסובייטים נותרו ללא כל ניסיון מבצעי. מדינת ישראל צברה ניסיון מבצעי רב בהתמודדות נגד איומים תלולי מסלול קצרי טווח.

במלחמת המפרץ שוגרו מספר טילי פטריוט נגד טילי הסקאד שנורו מעיראק. מאז 2011 יירטה מערכת כיפת ברזל מאות רקטות. מערכות היירוט חץ וקלע דוד הופעלו לראשונה בשנים האחרונות נגד איומים שונים. חיכוך מבצעי זה אפשר לישראל למידה משמעותית ואדפטציה של ההגנה האקטיבית למול האיומים המתפתחים. יש לציין כי קיים שוני מהותי ביותר בניסיון שנצבר במערכת "כיפת ברזל" למול שאר המערכות שייעודן הוא יירוט טילים לטווח ארוך ובינוני, איום המתמש באופן נדיר למדי. גם קצב ההתפתחות הטכנולוגית בשנות המלחמה הקרה שונה מקצב ההתפתחות הטכנולוגית של המאה ה-21.

קצב התפתחות הטכנולוגיה בשנים שבהן התפתח מערך ההגנה נגד טילים בברית המועצות היה איטי בהרבה מהשנים שבהן התפתח מערך ההגנה האקטיבית הישראלי. לעובדה זאת נודעות השלכות רחבות הן על התפתחות מערכות ההגנה והן על התפתחות האיומים שאיתן מתמודדות המערכות.

על אף ההבדלים ישנם גם לא מעט נקודות דמיון בין ההגנה נגד טילים בברית המועצות להגנה האקטיבית בישראל. בראש ובראשונה ישנו דמיון בקרבתו הגיאוגרפית של האיום האווירי לריכוזי האוכלוסין והאתרים החיוניים של האויב. על אף שברית המועצות הייתה המדינה בעלת השטח הגדול ביותר בעולם, הערים המרכזיות שהיוו את מוקדי השלטון והכלכלה – מוסקווה ולנינגרד (סנט פטרסבורג) – ממוקמות במערבה של המדינה בסמיכות יחסית לכוחות נאט"ו שנפרסו בגרמניה ובתורכיה כך שמפציצים אסטרטגיים ומאוחר יותר טילים בליסטיים יכלו להגיע אליהן בקלות. נוסף על כך, האמריקנים והבריטים פיתחו יכולת תקיפה באמצעות טילים בליסטיים מצוללות (SLBM), שאפשרה תקיפת ריכוזי אוכלוסייה ואתרים חיוניים רבים בברית המועצות.

מדינת ישראל היא מדינה קטנה יחסית שהוקפה במשך חלק משמעותי משנותיה, כמעט מכל עבריה, במדינות אויב או בשטחים שמהם שיגרו ארגוני טרור רקטות ופצצות מרגמה לכיוון העורף הישראלי. העורף הישראלי המכיל את ריכוזי

האוכלוסייה ואת האתרים החיוניים היה ועודנו חשוף לתקיפה מהאוויר באמצעות ירי תלול מסלול או כלי טיס.

נקודת דמיון נוספת הנה מרכזיות הנשק תלול מסלול לתפיסתו של האויב של ברית המועצות וישראל. בשנות המלחמה הקרה, התפתחו בארצות הברית יכולות אסטרטגיות של תקיפה באמצעות טילים לטווחים שונים ובעלי יכולות שיגור מפלטפורמות מגוונות, חלקם המשמעותי – בעלי ראשי קרב גרעיניים. איום הטילים הפך לאיום המרכזי על ביטחונה הלאומי של ברית המועצות.¹⁰²

אויביה השונים של ישראל פיתחו תפיסת לחימה השמה דגש על שימוש בנשק בליסטי תלול מסלול נוכח הצורך לבסס יכולת הרתעה אמינה, וכן על הצורך לעבור מאסטרטגיה של הכרעה לאסטרטגיה של התשה, נוכח עליונותה הטכנולוגית של ישראל. הירי תלול המסלול הפך עם השנים לאיום מרכזי על ביטחונה של מדינת ישראל.¹⁰³

בברית המועצות וישראל יש זיכרון לאומי היסטורי של פגיעה מן האוויר בריכוזי אוכלוסין ואתרים חיוניים (על אף ההבדל הניכר בקנה המידה והיקף הפגיעות). ערים מרכזיות ואתרים חיוניים בברית המועצות הופצצו מהאוויר בידי כלי טיס של מדינות אויב כבר במהלך מהפכת אוקטובר ב-1917, שבה פעלו בעלות הברית לצד הצבא הלבן נגד הבולשביקים.

הזיכרון הלאומי, ההיסטורי, המשמעותי ביותר בברית המועצות היה מימי "המלחמה הפטריוטית" שבה תקף הלופטוואפה בעוצמה רבה את ערים המרכזיות בברית המועצות וגרם לנזק משמעותי ביותר. השימוש בירי תלול מסלול לעבר יישובים בעורף, בידי אויביה, מלווה את מדינת ישראל מראשית ימיה. ירי זה בוצע בידי מדינות וארגוני טרור בתקופות שונות, בזירות שונות ובאמצעים מגוונים (מפגזים ורקטות ועד לטילים). הזיכרון הלאומי ההיסטורי הראשון של תקיפה מהאוויר על ערים מרכזיות בישראל, הוא מימי היישוב היהודי במלחמת העולם השנייה, שבה תקפו מדינות הציר את תל-אביב ואת חיפה וגרמו למספר גבוה של נפגעים וכן מימיה הראשונים של המדינה שבהם תקף חיל האוויר המצרי את תל-אביב וגרם למספר נפגעים משמעותי. זיכרון לאומי משמעותי נוסף בתחום תקיפת

Robert S. Norris and Thomas B. Cochran, *US – USSR/Russian Strategic Offensive Nuclear Forces 1945-1996*, Natural Resources Defense Council, 1997, p. 12

¹⁰³ איתי ברון וכרמית ולנסי, "המהפכה בעניינים צבאיים של הציר הרדיקלי", *מערכות* 432 (2010), עמ' 10-11.

העורף מהאוויר הוא מימי מלחמת המפרץ הראשונה שבה תקפה עיראק את ישראל באמצעות טילי סקאד.

חרף העובדה שמדינות רבות בעולם מאוימות מזה שנים רבות עלידי נשק תלול מסלול, רק מעטות החליטו לפתח יכולת הגנה אקטיבית נגד איום זה. כשהחלה ישראל ב-1986 לפתח את מערכת החץ, הניסיון בעולם ההגנה האקטיבית נגד טילים בליסטיים היה מצוי רק בידיהן של ארצות-הברית, של ברית-המועצות ושל סין.

להחלטה על פיתוח מערך הגנה אקטיבי יש שיקולים רבים ובהם: מרכזיות האיום תלול המסלול על הביטחון הלאומי, יכולתה הכלכלית ויכולתה הטכנולוגית של המדינה. הן מנהיגי ברית-המועצות והן מנהיגי ישראל החליטו לפתח יכולת הגנה אווירית אקטיבית בהשקעה כלכלית משמעותית. עד פירוקה, צברה ברית-המועצות ניסיון של כארבעים שנה בתחום יירוט איומים תלולי מסלול. למדינת ישראל יש כיום ניסיון של שלושים ושלוש שנים בעולם ההגנה האקטיבית.

לאור השוני הגדול במהות האיום ובתקופת הזמן שבו נבנו והופעלו מערכי ההגנה בברית-המועצות ובisrael, קיימת תועלת נמוכה בעיסוק בלקחים ברובד הטכנולוגי, הדבר נכון הן לטכנולוגיית מערכות ההגנה והן לטכנולוגיית האיומים תלולי המסלול. מן הניתוח המשווה בין המקרה הסובייטי למקרה הישראלי עולה כי מרחב הלמידה הרלוונטי מהניסיון הסובייטי בהגנה נגד טילים להגנה האקטיבית של ישראל בימינו הוא בתחום המבצעי ברובד האסטרטגי ובתחום בניין הכוח ברובד תפיסות הפיתוח של מערכות הנשק והארגון הצבאי המפעיל אותן.

לקחי הניסיון הסובייטי בהגנה נגד טילים להגנה האקטיבית בישראל

נדרשת הגדרה מפורשת ומתעדכנת של ההישג הנדרש ממערכות ההגנה בידי הדרג האסטרטגי.

המסורת האוטוריטרית הרוסית, הביאה לכך שהחלטות רבות בארגונים הצבאיים והאזרחיים הסובייטיים, התקבלו באופן נשלט ומאורגן "מלמעלה למטה".¹⁰⁴ ההחלטות בנושא הגנה אווירית בכלל והגנה נגד טילים בפרט התקבלו בברית-המועצות בידי הדרג האסטרטגי הבכיר ביותר והועברו באופן מפורש לכלל הגורמים הרלוונטיים, בתעשייה הצבאית ובצבא עצמו. כבר מראשית ימיה של ברית-המועצות הבין הדרג המקצועי הבכיר כי אין באפשרותה הכלכלית והטכנולוגית של ברית-

¹⁰⁴ אדמסקי, 2012, עמ' 74.

המועצות להגן אווירית על כלל שטחה וההישג הנדרש הוגדר לפיכך כהגנה על הנכסים החיוניים ועל ריכוזי האוכלוסייה בלבד.¹⁰⁵ מנהיגי ברית-המועצות היו מעורבים באופן אישי בהגדרת ההישג הנדרש ממערכות הטילים הראשונות להגנה אווירית וממערכות ההגנה נגד טילים. הגדרות ההישג הנדרש, בתחום ההגנה האווירית והגנה נגד טילים, נותרו פעמים רבות ללא עדכון ונטו לאינרציה.¹⁰⁶ עובדה זאת, תרמה במישרין לרלוונטיות נמוכה של מערכות ההגנה בשל שינויים טכנולוגיים שבוצעו באמצעים התוקפים בזמן פיתוחן.

פיתוח ספירלי כמענה ליכולת הנמוכה בציפיית התפתחות האיום וזמני הפיתוח הארוכים של מערכות הגנה אקטיבית

בברית-המועצות רווחה האמונה כי חשיבה צבאית מדעית ודידקטית היא הבסיס ההכרחי לניסוחן של אסטרטגיה ושל פרקטיקה צבאית. מתודולוגיית הניתוח בעניינים הצבאיים החלה בזיהוי השפעתה של הטכנולוגיה על אופי המלחמה העתידית, ואז פנתה לאמצעים שבידי האויב, ולבסוף דנה בצעדי הנגד הנדרשים.¹⁰⁷ מערכות ההגנה הסובייטיות נגד טילים התפתחו באמצעות ציפייה מדעית, זאת בשל היעדרו של חיכוך מבצעי. הסובייטים כשלו בהתמודדות עם אתגר פיתוח מערכות הגנה בתקופה של שינוי טכנולוגי מהיר במערכות ההתקפיות. במספר משמעותי של מקרים, הביסה הטכנולוגיה ההתקפית את טכנולוגיית ההגנה, עוד טרם החל אפילו שלב הייצור של מערכת ההגנה. המערכות הסובייטיות תוכננו להביס איומים קיימים, ולא הצליחו לצפות מראש את צורתם של האיומים העתידיים האפשריים.¹⁰⁸ ההצלחה החריגה, בפיתוח סדרת מערכות S-300 והרלוונטיות הגבוהה של המערכות, הן תוצר של פיתוח ספירלי שהביא לשטח בקצב גבוה יחסית, דגמים שונים של המערכת שהותאמו לצורך המבצעי המתפתח.

ריכוזיות בהפעלת הכוח לצורך מיצוי משאבים יעיל

הגנה נגד טילים דורשת משאבים רבים הן לצורך פיתוח המערכות והתשתיות והן לצורך הפעילות המבצעית השוטפת. לאור מגבלת המשאבים המהותית שבה הייתה מצויה ברית-המועצות, נבנו ההגנה האווירית הסובייטית וההגנה נגד טילים בראייה אסטרטגית ששמה דגש רב על יעילות ולפיכך דגלה בריכוזיות.¹⁰⁹ הדגש לריכוזיות בא לידי ביטוי הן בהפעלת הכוח ובהכפפת כלל הנושאים הקשורים להגנה אווירית

¹⁰⁵ Leonard, volume I, 2010, p. 2.

¹⁰⁶ Zaloga, 2002, pp. 18-20.

¹⁰⁷ אדמסקי, 2012, עמ' 72.

¹⁰⁸ Zaloga, 2007.

¹⁰⁹ Leonard, volume I, 2010, pp. 35.

לאומית ולהגנה נגד טילים לארגון אחד, PVO, והן בבניין הכוח באמצעות הקמת דירקטוריונים ומשרדים ראשיים בשלטון הסובייטי שהכוונו באופן מרוכז את פיתוח המערכות. ה-PVO ריכז את כלל התחומים הרלוונטיים להגנה אווירית לאומית ובהם ההגנה נגד טילים. הריכוזיות הסובייטית בהפעלת הכוח אפשרה מיצוי משאבים, הקטנת עלויות קיום שוטף והכוונת גורמי בניין הכוח באמצעות משתמש מוביל אחד.

עדיפות למענים טכנולוגיים על מענים כמותיים לפערי ההגנה האווירית

התרבות האסטרטגית הסובייטית הסתמכה על ניצול ההמון האנושי שעמד לרשותה של ברית-המועצות כמענה לנחיתות כלכלית וטכנולוגית.¹¹⁰ תרבות זאת באה לידי ביטוי גם בדגש הסובייטי על פתרונות כמותיים לאתגרי ההגנה האווירית וההגנה נגד טילים, שנוצרו לאור המגבלות הטכנולוגיות. הפתרונות הכמותיים שבהם בחרו הסובייטים באו לידי ביטוי בעלויות קיום שוטף גבוהות שנדרשו לטובת תפעולם ואחזקתם של האלמנטים המרובים שנדרשו לטובת ההגנה נגד טילים. בשנים מסוימות היוו עלויות הקיום השוטף, כמחצית מההשקעה בתחום ההגנה האווירית בברית-המועצות.¹¹¹ כלי נשק מתקדמים נתפסו בברית-המועצות כ"מכפילי מסה" ולא כאמצעי טוב יותר על-מנת להילחם במספר קטן יותר של לוחמים¹¹² ולכן לא מוצו הניסיונות להשתמש באמצעים טכנולוגיים על-מנת להקטין את הצורך בפריסת מכ"מים, משגרים ומרכזי שליטה ובקרה מרובים.

הצורך בנטילת סיכונים בפיתוח מערכות הגנה במציאות משתנה

בברית-המועצות התקיימה דוקטרינה שהעניקה העדפה לקיומה של יכולת מבצעית אמינה, עצמאית ומוכחת בסוגיות הליבה של הביטחון הלאומי, על פני הסתמכות על יכולות חדשות.¹¹³ הסובייטים המשיכו להפעיל לאורך שנים מערכות בתחומי ההגנה האווירית וההגנה נגד טילים על אף האפקטיביות הנמוכה שלהם. הפעלה זאת של מערכות מיושנות הצריכה השקעת משאבים כלכליים גדולה והקטינה את היכולת להשקיע בפתרונות הגנה המותאמים לאיומים המתפתחים. אי נטילת סיכונים ושמרנות, אפיינו גם הם את האופן שבו פותחו מרבית מערכות ההגנה נגד טילים. שמרנות זאת הובילה להאטת קצב הפיתוח ולעיתים להסתמכות על טכנולוגיות מוכחות אך לא מותאמות לצורך המתפתח. התוצר של השמרנות בפיתוח חלק

¹¹⁰ אדמסקי, 2012, עמ' 72.

¹¹¹ Leonard, volume I, 2010, p. 131.

¹¹² אדמסקי, 2012, עמ' 69.

¹¹³ Leonard, volume I, 2010, pp. 35.

ממערכות ההגנה נגד טילים בא לידי ביטוי ברלוונטיות ובאפקטיביות נמוכה של המערכת בתום תקופת פיתוחה.

חשיבותו של מיסוד מערכת לומדת במרוץ חימוש בין מגן לתוקף

הופעתו של אמצעי לחימה חדש מייצר תמיד יתרון ברור לצד המפעיל אותו. עם זאת לאחר תקופת הסתגלות ולמידה, מפתח הצד השני מענה לאותו אתגר. תופעה זאת מוגדרת כ"מרוץ חימוש".¹¹⁴ הופעתן של מערכות ההגנה הסובייטיות נגד טילים גרמה ללמידה ולהסתגלות של גורמי בניין הכוח והפעלת הכוח בתחום הטילים בארצות הברית. עד מהרה התפתחו בארצות הברית אמצעים תומכי חדירה של טילים בליסטיים, כגון מוץ ודמאים, יכולת לשאת ראשי קרב מרובים ואפשרות לשיגור טילים מצוללות. הסובייטים לא הצליחו לפתח מערכת אפקטיבית ללמידה רציפה של ההתפתחות בטכנולוגיית הטילים התוקפים, התפתחות המענים ההגנתיים ואילושי המשאבים של ארצות הברית ושל ברית המועצות. לפיכך, נתגלו כל מערכות ההגנה נגד טילים בין־בשתיים על מחוז מוסקווה, כבלתי אפקטיביות ובלתי רלוונטיות כבר בעת סיום תהליך הפיתוח שלהן.

חשיבותו של שיתוף פעולה בין־לאומי בפיתוח ובהפעלת הגנה אקטיבית

החל מ־1955 עמדה ברית המועצות בראש ברית אסטרטגית שכללה מדינות נוספות במזרח אירופה – ברית הידועה בשם ברית ורשה. ברית המועצות הציבה חלק מרכיבי מערכות ההגנה שלה נגד טילים על מוסקווה בשטחי מדינות ברית ורשה. כמרכן, הקימה ברית המועצות את שדה הניסויים הלאומי שלה להגנה נגד טילים ב־Sary Shagan על אדמת קזחסטאן. שיתוף הפעולה של מדינות ברית ורשה עם ברית המועצות היה מוגבל למדי בהיקפו. הטכנולוגיה והמשאבים שהוקדשו להגנה נגד טילים היו ממקורות שרובם ככולם השתייכו לברית המועצות. עובדה זאת, הגבילה את ההתפתחות מערך ההגנה הסובייטי נגד טילים.

סיכום והמלצות

להגנה האקטיבית נגד איומים תלולי מסלול נודעה חשיבות מרכזית בביטחון הלאומי של מדינת ישראל בשנים האחרונות. האיום תלול המסלול (פצצות מרגמה, רקטות וטילים) שהיה בשנותיה הראשונות של המדינה מטרד בלבד, הפך עם השנים לאיום אסטרטגי על ישראל. נשק תלול מסלול נמצא כיום בכמויות משמעותיות בידי כל

¹¹⁴ שוחט ופרידמן, עמ' 72

אויביה של מדינת ישראל ובהם מדינות וארגונים תת־מדינתיים. מאז שנות השמונים מפתחת ישראל, בשיתוף פעולה הדוק עם ארצות־הברית ובהשקעת משאבים משמעותית, מערך הגנה רב שכבתי להגנה נגד האיומים תלולי המסלול. ההשקעה בתחום ההגנה נגד טילים בברית־המועצות בתקופת המלחמה הקרה, הייתה חריגה בהיקפה. הסובייטים צברו את הניסיון הארוך ביותר בהיסטוריה הצבאית בהפעלתו המבצעית של מערך הגנה נגד טילים. מאמצים גדולים הוקדשו בברית־המועצות בפיתוח דוקטרינות וארגונים צבאיים בתחום ההגנה מטילים.

בבסיסו של מאמר זה עומדת ההנחה כי על אף שקיים שוני רב בין ההגנה נגד טילים על ברית־המועצות בתקופת המלחמה הקרה לבין ההגנה נגד איומי תלולי מסלול על מדינת ישראל בימינו, ניתן ללמוד רבות ולהפיק לקחים רלוונטיים מהניסיון הסובייטי בהגנה נגד טילים להגנה האקטיבית בישראל. לשם כך נסקרו התפתחות האיומים האוויריים בהיסטוריה הצבאית והתפתחות ההגנה האווירית כאמצעי להתמודדות עמם. סקירת התפתחות איום הטיילים והמענה שניתן לו בברית־המועצות ובישראל העלתה לקחים מהותיים לבנייתו ולהפעלתו של מערך הגנה האקטיבי בישראל, שאותם ניתן, ואף נדרש, ללמוד מהניסיון הסובייטי העשיר בתחום ההגנה נגד טילים. על בסיס הלקחים שהופקו, גובשו המלצות יישומיות אלו, להגנה האקטיבית בישראל:

לנוכח מרכזיותו של האיום תלול המסלול על ביטחונה של המדינה ולאור המשאבים הגדולים מאוד המושקעים בבנייתו ובהפעלתו של מערך ההגנה, יש לקיים **דיון עיתי בדרג המדיני הבכיר** בישראל בנושא ההישג הנדרש ממערך ההגנה האקטיבית. בשל מאפייני האיום, נדרש כי יוגדר הישג שונה למערך, בשגרה, בעימות מוגבל ובמלחמה.

קצב ההתפתחות הטכנולוגי המואץ בימינו הבא לידי ביטוי גם בהתפתחות האיומים תלולי המסלול על ישראל, אי היכולת לצפות התפתחויות אלו וזמן הפיתוח הארוך יחסית הנדרש למערכות הגנה מתקדמות – מביאים לצורך בהגדרתו של **תהליך פיתוח ספירלי** למערכות ההגנה באופן שיספק לשטח, בקצב גבוה יחסית, דגמים של המערכות שיותאמו לצורך המבצעי המתפתח.

במדינת ישראל מרוכז תחום ההגנה נגד איומים תלולי מסלול כבר מראשית התפתחותו, בחיל האוויר, במערך ההגנה האווירית. ריכוזיות זאת גורמת להפעלת כוח מקצועית יותר ויעילה יותר מבחינת משאבית. בעבר התקיים ויכוח בדבר מיקומו של מערך ההגנה האווירית בין כוחות היבשה לחיל האוויר. גם בימינו יש הגורסים כי יש

להקים יכולות הגנה נגד איומים תלולי מסלול בזרוע היבשה.¹¹⁵ נוכח משאביה המוגבלים של ישראל, ממדיה הגיאוגרפיים ותדירות התמרון המשמעותי בצה"ל נדרש להמשיך ולהפעיל את מערך ההגנה האקטיבית באופן ריכוזי בחיל האוויר, ואף נכון להעביר לחיל האוויר אמצעים המצויים כיום בזרוע היבשה ומשמשים במרבית המוחלטת של זמנם לצורכי הגנה נגד איומים תלולי מסלול.

בעת שגרה, עקבת ההגנה האקטיבית אינה מכסה את כל ריכוזי האוכלוסייה והאתרים החיוניים של ישראל נגד כלל האיומים תלולי המסלול. בהיסטוריה הקצרה של לוחמת ההגנה האקטיבית של ישראל נודעו מקרים שבהם שוגרו ופגעו רקטות ביישובים שלא הוגנו נגדן בשל היעדר משאבים המחייב תיעדוף של הנכסים המוגנים. מדינת ישראל נדרשת להשקיע משאבים בפתרונות טכנולוגיים הממצים את אמצעי ההגנה האווירית האקטיבית הקיימים בעדיפות על הוספת כמות נוספת של אלמנטים על-מנת להקטין את העלויות הכוללות בטווח הארוך.

על-מנת לפתח מענה הגנתי מתאים לאיומים המתפתחים, קיימת חשיבות גבוהה למיסודו של מנגנון שיבצע למידה רציפה בתחום ההגנה נגד איומים תלולי מסלול על מדינת ישראל. מנגנון זה נכון שיכלול את כלל הגורמים הרלוונטיים לתחום ההגנה האקטיבית: בדרג האסטרטגי, בתעשיות הביטחוניות, במפא"ת ובחיל האוויר. נושאים מרכזיים שאותם יש לחקור במנגנון זה הוא ההתפתחות הטכנולוגית של האיומים, התפתחות המענים ההגנתיים וכן אילוצי המשאבים של מדינת ישראל ושל אויביה, המשפיעים על "מרוץ החימוש" בין המגן לתוקף.

מערך ההגנה נגד איומים תלולי מסלול על ישראל נבנה תוך שיתוף פעולה מלא וסיוע כלכלי נדיב של ארצות-הברית. לאור משאביה המוגבלים של ישראל והעלויות הכבדות הנדרשות לצורך פיתוח והפעלת מערכות הגנה מאיומים תלולי מסלול, נדרש המשך שיתוף פעולה הדוק, בפיתוח ובהפעלת ההגנה האקטיבית, לצד ארצות-הברית כמעצמה וכבעלת ברית אסטרטגית של ישראל. שיתוף פעולה זה עם מעצמה, לא רק מקל על הנטל הכלכלי הכבד של ההגנה האקטיבית אלא גם מוסיף להגנה ממד הרתעתי מובהק ומאפשר את פיתוח היכולת המבצעית ואת הגדלתה.

לצה"ל נודעה הצלחה בתחום ההגנה האקטיבית בשנים האחרונות. התפתחותו של מרוץ חימוש בין ישראל לבין אויביה מחייב קיומו של הליך למידה וחקירה מתמשך ויסודי בישראל על-מנת לשמר את הרלוונטיות והאפקטיביות של ההגנה למול

¹¹⁵ קובי ברק, "השמיים אינם עוד הגבול הצורך בלוחמה רב ממדית ביבשה ובאווירייה יבשתית", **בין הקטבים** 11-12 (2017), עמ' 38.

האיומים המתפתחים. למידה הנשענת באופן בלעדי על ניסיונו המוצלח של צה"ל בהתמודדות עם ירי תלול מסלול בידי ארגוני טרור, בעימותים מוגבלים, אינה ממצה את הידע הקיים בעולם בתחום ההגנה נגד טילים. ראוי ונדרש כי מדינת ישראל תפיק לקחים מכל גורם בעולם שממנו ניתן ללמוד בתחום זה. "איִזְהוּ חָכָם? הַלּוֹמֵד מִכָּל אָדָם, שֵׁנֶאֱמַר מִכָּל מְלָמַדִּי הַשְׂכֵּלֶתִי" (משנה אבות ד א).

ההגנה, עתירת המשאבים, נגד טילים של ברית־המועצות לא נבחנה במבחן המציאות. עבודה זאת, מבהירה כי הסובייטים נחלו הצלחה מועטה ביותר בפיתוח ובהפעלת מערך הגנה רלוונטי ואפקטיבי לאיום הטילים על מדינתם. מצבה הגיאואסטרטגי של מדינת ישראל מחייב כי ההשקעה המשמעותית בתחום ההגנה האקטיבית תספק את התוצר הנדרש ממנה לצה"ל ולאזרחי ישראל ביום פקודה.