

מערכת הגנת לייזר

מאת : ד"ר עודד עמיחי, אוגוסט 2006

1. רקע

ראשיתה של טכנולוגיית הלייזר רב העוצמה לפני 30 שנה, ובניסויי מעבדה שבוצעו ב- 20 השנים האחרונות, הושמדו על ידי קרני לייזר טילים שונים, רקטות ופגזים בירי בודד ובמטח. בראשית שנות ה- 70 יזמתי והקמתי פעילות מקורית ברפא"ל בלייזר רב עוצמה, שזכתה להצלחה טכנית רבה, והובילה לתוכניות יישום שונות (קרקעית, ימית ואווירית). הפעילות הוקפאה ב 1983 בשל שיקולים זרים שנבעו מהאינפלציה הגואה שגרמה לשינויים בתקציב הביטחון והתמקדות רפא"ל בפרויקטים בעלי פוטנציאל ליצוא.

אפשרות השימוש בלייזרים בעוצמות גבוהות ליירוט טילים ומטוסים זכתה לפרסום נרחב בעיתונות בתקופת ממשל רייגן, תחת הכינוי "מלחמת הכוכבים". התכניות האמריקאיות בתקופה זו היו לפתח מערכות להשמדת טילים בליסטיים בין-יבשתיים מלוויינים, אולם אחרי מספר שנים של השקעות מסיביות, אשר בעקבותיהן פותחו טכנולוגיות ייחודיות ונצבר ניסיון רב, הוקפאו התכניות בטרם הושגה המטרה.

לאחר מלחמת המפרץ, ועם הגדלת העניין של הממשל האמריקאי במלחמות אזוריות, הועלתה מחדש האפשרות להסב את הידע שהצטבר לשימושים טקטיים ליירוט (ABL) בטכנולוגיות קיימות. כך נולדו בארה"ב שתי תוכניות : לייזר מוטס טילים בליסטיים מטווח של עד כ- 500 ק"מ, ולייזר קרקעי (נאוטילוס / סקיי-גארד) להגנה על מטרות נקודה (ערים, מטרות איכות) מפני פגזים ארטילריים, פגזי מרגמה, רקטות, מל"טים, מסוקים, מטוסי תקיפה וטילי שיוט, מטווח של כ- 10 ק"מ, שבייזומו נטלתי חלק.

2. יישומים

אפשר לזווד את מערכות נשק הלייזר על מטוסים, ספינות וכלי רכב יבשתיים, או להשאירן נייחות להגנת ערים או מטרות איכות ולהשתמש בהן ליירוט מגוון של אמצעי לחימה. לייזר קרקעי יכול ליירט פגזי מרגמה, תותחים, רקטות (קסאם, קטיושה), טילים לטווח קצר ובינוני (פרוג, סקאד), מטוסים, מל"טים וטילי שיוט, בטווח של עד כ 10 ק"מ.

ליירוט טילים בליסטיים מטווח של מאות ק"מ, בעלי רש"ק קונבנציונלי ובלתי קונבנציונלי יש צורך בלייזר מוטס. לייזר מוטס יעיל נגד טילים מתמרנים, מתפצלים או נושאי תת-חימוש, סיכווי הפגיעה מרביים, מחיר הירי זניח, טווח הפעולה וכמות התחמושת גבוהים, יש לו יכולת הגנה עצמית, הוא ישתלב טבעית באסטרטגיה ההתקפית הבסיסית של חיל האוויר, ויקנה לו יכולת משופרת נגד מגוון מורחב של איומים. מערכת הלייזר יכולה לפעול בשלב ההאצה או הנסיקה. אז הטילים הבליסטיים קלים לזיהוי ופגיעים כי מנועיהם עדיין פועלים. הם כבדים ומסורבלים, אין הם יכולים לתמרן, טרם נוצרה האנרגיה שתביא את מטענם הפעיל

למטרה, והשמדתם תיעשה בשטחי התוקפן.

3. מהירות האור – מימד חדש למערכות נשק

היתרונות הגלומים בנשק לייזר רבים. בשל השימוש בקרן אור רבת עוצמה, הזמן העובר בין גילוי המטרה (טיל, רקטה, פגז ארטילריה או מרגמה, מל"ט, טיל שיוט) והשמדתה זניח ביחס לזמן תנועתה. לפיכך מהירות הטיל / רקטה התוקפת אינה רלבנטית, וביחס למהירות האור היא "נייחת". בשל כך אין גם משמעות לטווח ממנו שוגר האיום.

ללייזר שני מנגנוני נעילה עצמאיים, דבר המאפשר זיהוי חד משמעי של המטרה תוך וידוי יירוטה, בסיכויים מרביים. למטרה אין סיכוי להימלט מקרן הלייזר. לצורך היירוט, הלייזר נזקק לדלק ייעודי, שעלותו שולית, אלף דולר לירי (במערכת נאוטילוס / סקיי-גארד) – יתרון מהותי ביחס לכל אמצעי הגנה קינטי.

פיתוח מערכת הנאוטילוס, שהחל ב 1996, עם החתימה על מזכר ההבנה בין ראש הממשלה שמעון פרס והנשיא קלינטון, הסתיים בשנת 2000. מאז יוני 2000 ועד נובמבר 2004 יירטה מערכת הנאוטילוס 46 רקטות קטיושה, רקטות ארוכות טווח (שסופקו ע"י תע"ש, והמייצגות את הרקטות ארוכות הטווח שבידי LAR-160, החיזבאללה, סוריה ואיראן), פגזי ארטילריה ופצצות מרגמה – בירי בודד ובמטח, שה"כ ב 100% הצלחה! הצלחה חסרת תקדים בכל קנה מידה. הצלחה זו נובעת מהשינוי בממדי הזמן בין נשק לייזר, הפועל במהירות האור, לבין נשק קינטי (טילים, רקטות, פגזי ארטילריה, פצצות מרגמה וטילי שיוט). נשק הלייזר הופך את הטילים והרקטות התוקפות לחלקי מתכת חסרות תועלת, בדומה לחיל הפרשים הפולני שניגף ע"י השריון הגרמני במלחמת העולם השנייה.

4. עלויות ולו"ז

המערכת המוצעת ליירוט טילים ורקטות (סקיי-גארד), שניתן היה להציבה בארץ במהלך 6 השנים האחרונות, היא מערכת יותר קומפקטית מהמערכת המעבדתית (נאוטילוס) וניתנת להזזה ממקום למקום ביום אחד. היא מתאימה להגנת ערים ומטרות איכות ותסיר לחלוטין את איום הקסאמים מיישובי הנגב המערבי ואת איום הקטיושות על יישובי הצפון וגם תגן על מטרות איכות (נמלי תעופה, בתי הזיקוק וכו'). היא מסוגלת ליירט גם פגזי ארטילריה ופצצות מרגמה, מל"טים, טילים קצרי טווח (פרוג, סקאד) וטילי שיוט. מערכת סקיי-גארד אחת מספיקה להגנת שדרות, ואילו 3-5 מערכות יגנו על כל יישובי הנגב המערבי. להגנת יישובי הגליל וצפון הארץ יידרשו 10-13 מערכות. ייצור המערכת הראשונה ייקח שנה ועלותה תהיה 150 מיליון דולר (כאשר 2/3 מהמימון עשוי להגיע ממקורות אמריקאים). ניתן יהיה לספק מערכות נוספות חודשיים אח"כ, כאשר עלותן היא 25-70 מיליוני דולר ליחידה, בהתאם לכמויות. לפיכך, עלות 3 מערכות להגנת יישובי הנגב המערבי תהיה 270 מיליון דולר ותקציב דומה נוסף יידרש עבור 10 מערכות נוספות להגנת יישובי הצפון. חלק מההוצאה מוכן (Northrop-Grumman) עשויה להיות ממומנת ע"י ארה"ב. היצרן האמריקאי לשלב בייצור שותף ישראלי מוביל, שיעזור בתעשיות האחרות בארץ.

זוהי הוצאה שולית ביחס לתועלת: הסרת איום הרקטות על ישראל. את השיקול הכלכלי יש לעשות בצורה כוללת: עלות הפתרונות החלופיים ויעילותם (כמה פעמים יכולה ישראל לתקוף את רצועת עזה, או את לבנון? ומה לגבי סוריה ואיראן?), הנזק הפוליטי והמגבלות הבינלאומי בפעולות התקפיות מתמשכות, הנזק הכלכלי בשיתוק חלקי או מלא של אזורי עימות (יישובי הנגב המערבי, צפון הארץ), השקט הנפשי של תושבי אזורים אלה, עלות הירי הנמוכה במיוחד של הסקאי-גארד. הסרת איום הטילים והרקטות על העורף ישפר ההרתעה הישראלית כלפי ארגוני טרור ומדינות מוסלמיות קיצוניות (סוריה ואיראן), שצברו עשרות אלפי טילים ורקטות ליצירת מאזן הרתעה עם ישראל ויאפשר לצה"ל חופש פעולה נרחב יותר. אלוף במילואים, שגם היה אלוף פיקוד דרום, התבטא לאחרונה שאילו מערכות הלייזר היו קיימות, העימות עם החמאס והחיזבאללה היה שונה לחלוטין.

5. חלופות

במקום להתמקד במערכת הלייזר, שהינה זמינה, יעילה וזולה מתעניינת מערכת הביטחון בפתרונות שמרניים של הגנה ע"י נשק קינטי (טיל, תותח מהיר מסוג וולקן או קליעים קטנים מונחי רדאר או אלקטרו-אופטיקה), שאינם זמינים, אינם יעילים ואינם זולים. לכל החלופות האלה מכנה משותף:

- ◆ על מנת ליירט את המטרה (טיל, רקטה) יש לחשב את מסלולה ולשגר אמצעי הגנה (טיל, פגז מהיר, קליע מונחה) למסלול זהה כדי שיתפוצץ על המטרה או בסמוך לה וישמידה באמצעות פגיעה ישירה או ע"י רסיסים.
- ◆ עלותן גבוהה (כ 100,000 דולר לירי, לעומת 1,000 דולר לירי של הלייזר).
- ◆ יעילותן מוגבלת. לשם המחשה: במלחמת המפרץ הראשונה (1991) נורו על ישראל מעיראק 39 טילי סקאד ועל ערב הסעודית נורו מספר גדול יותר של סקאדים. לא היה יירוט של שום טיל סקאד באמצעות טילי הפטריוט (מדגם כישלון, לעומת 100% הצלחה בניסויי הלייזר. 100% - (pac-2)
- ◆ פותח בעקבות לקחי מלחמת המפרץ (pac-3) פטריוט מדגם מתקדם הראשונה אולם אין הוא מסוגל ליירט רקטות או פגזים, והוא גם טרם נוסה כלפי איומים אחרים (טילים). למה לפתח פתרון דומה שעלותו גבוהה וסיכוי הצלחתו נמוך מלכתחילה?
- ◆ לחלופות האחרות (תותח מהיר מסוג וולקן, או קליעים מונחים ע"י רדאר או באמצעים אלקטרו-אופטיים) יש טווח מוגבל (פחות מ- 1 ק"מ) שידרוש פריסת כמות בלתי הגיונית של סוללות, שעלותן גבוהה, ושלא יהוו פתרון לאיומי הטילים והרקטות.
- ◆ אפשרות מוגבלת ליירט מספר מטרות במקביל (מטח).
- ◆ קושי ליירט מטרה שמסלולה משתנה - טיל מתמרן או רקטה פרימיטיבית.
- ◆ סכנה לנזק סביבתי מהטיל המגן (היו מספר דוגמאות במלחמת המפרץ הראשונה של טילי פטריוט שהחטיאו את המטרה וגרמו נזק).
- ◆ כל זה בניגוד מוחלט ללייזר.

אני סבור שאפשרות יישומן של חלופות אלה גובל בהזיה טכנולוגית, מערכתית וכלכלית כאחת ואין הן ברות השוואה ליעילותה הגבוהה של מערכת הלייזר (שהיא הכי זמינה, הכי כלכלית ושהוכיחה עצמה בעשרות ניסויים, (Skyguard מוצלחים, ביירוט מגוון מטרות, בירי בודד ובמטח, ללא שום תקלה.

6. מגבלות שאינן

6.1 מערכת לייזר ניידת

אחד התירוצים להפסקת פרויקט הלייזר (נאוטילוס / סקיי-גארד) היה הצורך צורך זה הוגדר ע"י הצבא האמריקאי, לשם הגנה על (MTHEL) במערכת ניידת הכוחות הניידים שלו בעיראק ונקבע לו לויז של 5 שנים בעלות של 500 מיליון דולר. המערכת הקיימת לא מתאימה לניוד ואכן השנה הפסיק הצבא האמריקאי את שסיום (SSL – Solid State Laser) מימון הפרויקט והתמקד בפיתוח לייזר מוצק פיתוחו לא צפוי בעשור הקרוב וקיים גם ספק בישימותו. להגנת יישובי הנגב המערבי כמו גם יישובי צפון הארץ אין צורך במערכת לייזר ניידת, כי יישובים אלה קבועים במקומם. אפשרות העברת מערכת הלייזר ממקום למקום תוך יום מספקת. התירוץ שכאילו מערכת ניידת דרושה כדי להעבירה ממקום למקום בגלל העלות הגבוהה של פריסת "מאות" מערכות הגנה, אינה מתיישבת עם המציאות. דרושות כ 15 מערכות הגנת לייזר שעלות פריסתן היא שולית ביחס לתועלת. הרעיון להעביר את מערכת הלייזר ממקום למקום מזכיר את מלחמת העצמאות, שם העבירו את המרגמות הבודדות בגלל מספרן המועט.

6.2 רגישות למזג אוויר

מערכת לייזר קרקעית רגישה למזג אוויר ולכן טווח פעולתה מוגבל לכ- 10 ק"מ (במזג אוויר בהיר) לעומת טווח פעולה של מאות ק"מ במערכת מוטסת ואלפי ק"מ במערכת מלוויין (שתיהן מיירטות את המטרה מעל תקרת עננים, והן מתאימות לייירוט טילים בליסטיים). מערכת הנאוטילוס (סקאי-גארד) מסוגלת לעקוב אחרי הרקטה (פגז) וליירטו מיד כאשר יצא מהעננים. ערפל כבד מקטין את טווח הפעולה של הלייזר (לכ- 1-3 ק"מ) – מספיק כדי ליירט את המטרה מבלי לסכן את האוכלוסייה. בעתיד ניתן יהיה לשפר את ביצועי המערכת לתלות קטנה יותר במזג האוויר.

6.3 גזים רעילים

הינם רעילים ולכן המערכת לא (HF) נטען כאילו הגזים הנפלטים ממערכת הלייזר ניתנת להפעלה באזור מיושב. אין הדבר כך. כל מערכת רקטית (פטריוט למשל) בלייזר, (HF לעומת HCL) פולטת גזים, בכמויות גדולות יותר, מאותה משפחה שהינם רעילים יותר אבל לא מהווים שום נזק סביבתי. הגזים הנפלטים מהלייזר מאד פעילים ולכן הרדיוס וזמן פעולתם קטנים. בניגוד לפטריוט, הגזים שנפלטים מהלייזר ניתנים בקלות לספיחה ע"י יחידה סטנדרטית, שלא הוספה בגלל חוסר צורך, הכרוך בתוספת נפח ועלות מיותרים.

6.4 רסיסים

הועלתה טענה כאילו הרסיסים מיירוט הקסאם יסכנו את התושבים. אין זה נכון.

אין להשוות בין מטען חני"ם של 4 ק"ג (בקסאם) או 10-175 ק"ג (בקטיושה ובפאג'ר 5) שמתפוצץ בלב אוכלוסיה אזרחית לבין רסיסי מתכת שמואטים ע"י האטמוספירה ונזקן שולי.

6.5 תנועת מטוסים

נטען כאילו הפעלת הלייזר תסכן תנועת מטוסים באזור. אין תנועת מטוסים באזור וגם לו הייתה, הלייזר לא היה מסכן אותם כלל בהיותו ממוקד על המטרה.

6.6 רוויה

נטען כאילו המערכת תכנס לרוויה כנגד מטח של 40 קטיושות. אם אמנם שאלה זו מטרידה את מפא"ת, כיצד היא מממנת ברפא"ל פרויקט בשתי"פ עם ריתיאון לפיתוח טיל נגד קסאם (או קטיושה)? הרי אין שום סיכוי שטיל כזה יירט את האיום, אבל גם אם כן, כיצד הוא יתמודד עם ירי מטח של אפילו 4 רקטות? הלייזר מיירט את המטרה במשך זמן של 0.5-2 שניות, בהתאם לתנאים. אין שום אפשרות טכנית לירות מטח של קטיושות ממש בו זמנית, ושיגור של 40 קטיושות לוקח לפחות 80-160 שניות. זהו זמן ארוך ביחס לפעולת הלייזר, שמסוגל לטפל בהם כמטרות בודדות. מכיוון שהמערכת נייחת, ולפעולתה היא צורכת רק דלק, ניתן לצייד אותה במספיק דלק. לדוגמה: עוד בשנת 1986 יירטה מערכת אחרת (מאותו סוג) 16 טילי טאו חמושים שנורו אליה במטח. זה מקרה קשה יחסית, בגלל הטווח הקצר, 2-3 ק"מ. הלייזר יירט את כולם. הנאוטילוס יירט בהצלחה מלאה, גם מטח של פגזי ארטילריה ופצצות מרגמה, משימה קשה בהרבה מיירוט רקטות. אולם אין צורך ליירט את כל הקטיושות. במלחמת לבנון השנייה נורו על ישראל 3,970 רקטות והרבה פחות מ-1/3 הגיעו לשטחים מיושבים. הלייזר, שעוקב ישירות אחרי המטרה, מסוגל לחשב מראש איזה איום מסוכן ואיזה פחות וליירט את המטרות לפי סדר עדיפות. אין צורך ליירט רקטות שאינן מכוונות לאזורים מיושבים. אין שום מערכת אחרת שמסוגלת לעשות זאת. בנוסף, אפשר להוסיף מערכות לייזר לשם גיבוי/חיפוי, ובמקום 15 מערכות אפשר להתקין 20 או 25. זו תהיה הוצאה קטנה ביחס לעלות הכוללת של המלחמה, מעל 25 מיליארד שקל, שלא לדבר על שחיקת ההרתעה וכו'.

6.7 אמצעי הגנה

בגלל אופי פעולתה, קשה לפתח אמצעי הגנה נגד הלייזר. כבר לפני למעלה מ-20 שנה נבדקה האפשרות לייצר אמצעי הגנה נגד הלייזר באמצעות ציפויים מחזירים או הגדלת דופן מעטפת הטילים / רקטות. אמצעים אלה לא ימנעו פעולה מוצלחת של הלייזר, שיירט את המטרה בטווח קצת יותר קצר או בזמן קצת יותר ארוך, שינוי חסר משמעות. מאידך אמצעים אלה יקרים ואפשרות יישומן מוטל בספק.