

בוודאי: לייזר של מגה-וואט 20.6.2022

מאת: ד"ר אלי מירון

בתגובה על "כן לייזר, אבל מגה-וואט?", מאת שוקי שמעוני ("הארץ", 14.6)

שוקי שמעוני במכתבו למערכת כותב על הלייזר: "מה שקובע בסופו של דבר את יעילות היירוט והטווח האפקטיבי הוא איכות האלומה ולא עוצמתה. במונח 'איכות האלומה' הכוונה היא לצפיפות האנרגיה ליחידת שטח". טענה זו שגויה, כפי שאסביר בהמשך.

ראשית, היה צריך להשתמש במונח "צפיפות הספק" ולא "צפיפות אנרגיה" (כי אנרגיה זה הספק כפול זמן). שנית, איכות אלומה היא מדד שונה. גם לקרן לייזר, איכותית ככל שתהיה, יש התבדרות מסוימת. "איכות האלומה" היא פרמטר, שאומר עד כמה ההתבדרות בפועל קרובה להתבדרות התיאורטית ($1 =$ ההתבדרות המינימלית האפשרית בתיאוריה). איכות האלומה איננה הפרמטר היחיד שקובע את גודל כתם הלייזר על המטרה.

ככל שקוטר מערכת שיגור הקרן גדול יותר, כך קוטר הכתם על המטרה קטן יותר. גם יציבות המערכת האופטית חשובה מאוד. רעידה בזווית מסדר גודל של $1/10,000$ מעלה באופטיקת השיגור גורמת לתזוזות של כ-2 ס"מ של כתם הלייזר על מטרה במרחק של 10 ק"מ. בנוסף, הואיל והמטרה איננה נייחת, אלא יש לה סטיות ורעידות, יש תחום אופטימלי של קוטר כתם רצוי על המטרה. בנוסף, עצם המעבר של קרן הלייזר באטמוספירה על הקרן מקטין את ההספק שמגיע למטרה; דהיינו, למטרה רחוקה יותר מגיע פחות הספק.

מייקל לאוואן (Michael Lavan), ראש מינהלת הטכנולוגיה לאנרגיה ישירה והגנה מפני טילים בפיקוד החלל וההגנה מטילים של צבא ארצות הברית, הסביר בכנס מדעי, שמנגנון היירוט של טילים על ידי לייזר הוא חימום חלק קטן מהמעטפת החיצונית לטמפרטורה גבוהה דיה כדי ליזום פיצוץ בחומר הנפץ שבתוכו.

אם רוצים להרתיח שמן במחבת על כיריים של גז, ככל שקצב זרימת הגז גדול יותר, כך מגיעים לטמפרטורה הדרושה מהר יותר. בדומה לכך, גם חימום המטרה באמצעות לייזר תלוי בצפיפות ההספק בתוך כתם הלייזר על המטרה. ככל שצפיפות ההספק בכתם הלייזר גדולה יותר, כך קצב חימום המטרה גדול יותר. צפיפות ההספק על המטרה (שהוא הפרמטר ששמעוני התכוון אליו) היא ההספק שמגיע למטרה מחולק בשטח הכתם. ככל שהספק המוצא של הלייזר גדול יותר, מגיע למטרה יותר הספק, וכך ניתן להגיע לצפיפות ההספק הדרושה ליירוט במרחק גדול יותר מהלייזר. במלים אחרות, הספק הלייזר קובע את טווח היירוט, כאשר לכל תוספת של ק"מ טווח יש משמעות דרמטית: מבצעית, כלכלית, כוח אדם, תחזוקה.

גם תא"ל ניב רותם, ראש מו"פ, הכיר בצורך בהספקים גבוהים: "הלייזר לא יוכל להחליף את מערכות היירוט הקיימות, כולל שרביט קסמים וטילי החץ, משום שכדי ליירט טילים כבדים ומהירים יותר, יש צורך בהספק של 1,000 קילוואט ("כלכליסט", 8.1.20). המסקנה ברורה: עודד עמיחי צודק, ויש לשאוף להגיע מהר ככל האפשר ללייזר בהספק מסדר גודל של מגה-וואט (1,000 קילוואט).

ד"ר אלי מירון, עומר