



# בניענה

תעופה וחלל

אוסף הכתבות המקוריות: 30 שנות פעילות ישראלית בחלל



# 30 שנות פעילות ישראלית בחלל

ומערכת שיגור מתאימה.

בשנת 1983 הוקמה הסוכנות לניצול החלל (סל"ה) במסגרת משרד המדע והפיתוח, שעליה הוטל לקדם את הפעילויות בישראל בנושאים הקשורים לחלל.

תיאור מקיף למדי של השלבים הראשונים בתוכנית החלל הישראלית ועל הקשיים שניצבו בפניה מופיע בספר "קשת עילם" שפרסם עוזי עילם בשנת 2009, בעמודים 379-404 (הסקירה שלנו על ספר זה נכללת באוסף הנוכחי).

בעשורים האחרונים דיווחנו בהתמדה ב"ביעף" על ההתפתחויות בפעילות החלל במדינת ישראל. הכתבות והידיעות המקוריות שפרסמנו בנושא זה משנת 1986 ועד היום נכללות בקובץ המיוחד המוגש לקוראינו, והן נותנות תמונה היסטורית וטכנולוגית מלאה של הפעילות, ההישגים והכישלונות. הכתבות מופיעות בקובץ בסדר כרונולוגי, מחוברת "ביעף" מס' 57 ועד הגיליון האלקטרוני e144. לאיתור המידע על לוחיי מסוים או תוכנית פרטנית ניתן להיעזר בתוכן העניינים בעמוד הבא.

במשך השנים דיווחנו על 31 לוחיינים שנבנו בישראל, מהם 23 לוחיינים ששיגרו לחלל בהצלחה באמצעות משגרי שביט ישראליים או באמצעות משגרים רוסיים, צרפתיים והודיים. השיגורים המוצלחים כללו את הלוחיינים הבאים: שני לוחיינים ניסיוניים שכונו במקורם **עוז 1** ו-**2**, ונדעו בשםם הגלוי **אופק 1** ו-**2**; חמישה לוחיינים תצפית אלקטרו-אופטיים צבאיים – **אופק 3, 5, 7, 9, 11**; שני לוחיינים תצפית מכ"מים צבאיים מסוג **TecSAR** – **אופק 8** ו-**10**; שני לוחיינים תצפית אלקטרו-אופטיים מסחריים – **ארוס A** ו-**B**; לוחיינים תצפית מכ"מי עבור הודו שנקרא **RISAT-2** (כפי שנחשף בספרו של Gurbir Singh על תוכנית החלל ההודית); לוחיינים תצפית אלקטרו-אופטיים עבור איטליה מסוג **OPTEL3000**; ארבעה לוחיינים תקשורת – **עמוס 1, 2, 3** ו-**4**; הלוחיינים המדעי-טכנולוגי **ונוס**; הלוחיינים המדעי הזעיר **גורווין 2** **טכסאט** שנבנה בטכניון; שני פיקו-לוחיינים של תלמידי תיכון ישראליים – **דוכיפת 1** ו-**2**; הננו-לוחיינים של אוניברסיטת בר-גוריון בנגב **BGUSAT**; והננו-לוחיינים המדעי

ב-19 בספטמבר 2018 מלאו שלושים שנים לשיגור הלוחיינים הישראלי הראשון, **אופק 1** – לוחיינים ניסויי טכנולוגי שנועד להוכיח את יכולותיה העצמאיות של מדינת ישראל בחלל. לציון האירוע פרסם משרד הביטחון את הסרטון של השיגור ההיסטורי בשנת 1988. כמו-כן פרסמו שלוש תמונות מאזורים בסוריה שצילם לאחרונה לוחיינים התצפית הצבאי החדש **אופק 11**, המוכיחות כי הוא פועל כשורה למרות הבעיות הראשוניות שהתגלו מיד אחרי שיגורו. אמנון הררי, ראש מינהלת תוכנית החלל אתגר (מת"א) במינהל למחקר, פיתוח אמצעי לחימה ותשתית טכנולוגית (מפאת"ן) במשרד הביטחון, סיכם את ההישגים: "תוך תקופה קצרה בנינו תעשיית חלל על טהרת היכול לבן, עם יכולות והישגים מפוראים, יכולות שאז וגם היום שמורות למדינות בודדות ברחבי העולם. ב-30 שנה שיגורנו לחלל 24 לוחיינים – לוחיינים תקשורת, לוחיינים תצפית, ננו-לוחיינים. זה אינו אירוע חולף או חד פעמי – מדובר במערך אסטרטגי של המדינה, ויכולותיה העצמאיות של ישראל בתחום הלוחיינים מהוות יתרון משמעותי בהתמודדות מול האימונים הביטחוניים השונים.

"איכות הדימויים והתמונות שמייצרים הלוחיינים השונים מדהימה, והם מספקים מידע מודיעיני יקר ערך ומוכיחים כי השמיים הם לא הגבול. מעבר לצרכים הביטחוניים שמערך הלוחיינים נותן להם מענה, תעשיית החלל בישראל מהווה מרכיב בעל חשיבות בביטחון הכלכלה, החינוך, הקידום הטכנולוגי והמדעי, חברות הזנק קטנות, ועוד".

בועז לוי, סמנכ"ל התעשייה האווירית לישראל ומנהל חטיבת טילים וחלל, אמר: "בזכות תוכנית סדורה בתחום לוחיינים התצפית בניהולו של משרד הביטחון, ויחד עם מיטב המחנות של מדינת ישראל, אנו מצליחים פעם אחר פעם להגיע להישגים טכנולוגיים יוצאי דופן. הכורח ממיקומנו הגיאוגרפי הוביל אותנו לפיתוח לוחיינים קטנים וקלי משקל, המספקים תמונות באיכות מדהימה לטובת ביטחון מדינת ישראל. יחד עם התרומה הביטחונית, תוכנית החלל הישראלית מובילה לתרומה כלכלית כאשר תעשיית החלל הישראלית מהווה קטר וזרז טכנולוגי ראשון במעלה. התע"א גאה להוביל את פעילות החלל של ישראל ולפרוץ פעם אחר פעם את גבולות כדור הארץ".

ניצני תוכנית החלל הישראלית החלו לנבט במפעל **מלח"ם** (כיום **מל"ם**) של התעשייה האווירית בניהולו של דב ריב בסוף שנות ה-70 (כפי שנחשף בפסק דין של בית המשפט העליון מאוגוסט 2000, בעקבות עתירה של המהנדס ישראל פריד נגד התע"א לגבי זכויות הבעלות בידע הטכנולוגי הקשור למשגר הלוחיינים **שביט** והלוחיינים **אופק**). ב-1979 החלו לבדוק אפשרויות לפיתוח משגר ללוחיינים קטנים בהתבסס על מנועים רקטיים בדלק מוצק שפותחו במקורם עבור טילי קרקע-קרקע ארוכי-טווח. ביוני 1980 הגישה התע"א הצעה לקדם תיכון ראשוני של לוחיינים, כפי שנחשף מכותרת מסמך של עוזר מנהל **מלח"ם** למו"פ, שפורסם במוסף מיוחד של "ידיעות אחרונות" בערב יום כיפור תשע"ט. הצעתה של התע"א הועדה בסופו של דבר על פניו של **רפא"ל**. בשנת 1981 אישר עקרונית ראש הממשלה ושר הביטחון דאז, מנחם בגין, להתחיל בתוכנית לפיתוח וייצור לוחיינים תצפית עבור צה"ל

**DIDO-2** של חברת **SpacePharma**.

והיה שיגור מוצלח נוסף (ה-24 במספר), עליו לא דיווחנו ב"ביעף": הננו-לוחיינים המדעי **נקסוס** של **ספייס פארמה**, ששיגור מארה"ב ב-12 בנובמבר 2017 אל תחנת החלל הבינלאומית באמצעות משגר **Antares** של **Orbital ATK**. שישה שיגורים נכשלו, מהם ארבעה מישראל, אחד מרוסיה ואחד מארה"ב. כישלונות של משגרי **שביט** גרמו לאובדן ארבעה לוחיינים **אופק**: שני השיגורים של לוחיינים הצילום המבצעים הראשונים, אחד מהם במאי 1993 (כישלונות אלה הוסתרו מהציבור במשך שנים רבות); שיגור **אופק 4** נכשל בינואר 1998, ושיגור **אופק 6** נכשל בספטמבר 2006; לוחיינים הטכניים **טכסאט 1** אבד במאוס 1995 בגלל תקלה במשגר הרוסי; לוחיינים התקשורת **עמוס 6** אבד בספטמבר 2016 בהתפוצצות של המשגר **פאלקון 9** על כן השיגור בארה"ב.

הננו-לוחיינים הישראלי הראשון **Inklajn-1**, שעל סיוע בנייתו דיווחנו בשנת 2011, לא שוגר בסופו של דבר לחלל.

החללית של **SpaceIL**, שבנייתה הושלמה השנה במפעל **מבת** של התע"א, מיועדת לשיגור לירח בתחילת 2019.

מאזן ההישגים של מדינת ישראל בחלל צפוי לקצור הצלחות נוספות בשנים הבאות. משרד הביטחון ימשיך לרכוש מן התע"א לוחיינים תצפית אלקטרו-אופטיים ומכ"מים בהתאם לצורך, כדי להחליף לוחיינים ישנים שמסיימים את חייהם. ממשלת ישראל אישרה ב-2 בספטמבר השתתפות במימון לפיתוח ובנייה של לוחיינים התקשורת החדש **עמוס 8**, כך שיובטח המשך הפעילות בתחום זה בתע"א.

ב-12 בספטמבר נודע, כי חברת **פטרונות חלל אפוקטיביים מחקר ופיתוח (אפוקטיבי ספייס)** בחרה בתע"א לפיתוח וייצור צי לוחיינים **Space Drone**, שמייעדים להענקת שירות ייחודי להארכת חיים של לוחיינים תקשורת בחלל. בנוסף, תימשך הפעילות המדעית והחינוכית לפיתוח ננו-לוחיינים ושיגורם לחלל, כולל **דוכיפת 3**, שלושת הננו-לוחיינים בפרויקט **אדליס-סמסון** של הטכניון, ועוד.

**יהודה בורוביק**

שדה התעופה הבינלאומי בדמשק כפי שצולם על-ידי **אופק 11**, לוחיינים התצפית החדש ביותר של ישראל.



## לוחייני התצפית מסדרת אופק

- אופק 1:** ישראל פורצת לחלל – ביעף 66, סתיו תשמ"ח, 1988  
 הצלחת הלוחיין **אופק 1** – ביעף 67, חורף תשמ"ט, 1989  
 נבחרו הניסויים המדעיים לשיגור בלוחיין הישראלי השני **אופק 2** – ביעף 68, קיץ תשמ"ט, 1989  
 לוחיין ישראלי שני שוגר לחלל: **אופק 2** – ביעף 70, אביב תש"ן, 1990  
**אופק 3** שוגר בהצלחה – ביעף 78, אביב תשנ"ה, 1995  
 נכשל שיגורו של **אופק 4** – ביעף 82, קיץ תשנ"ח, 1998  
**אופק 5** שוגר בהצלחה – ביעף 90, קיץ תשס"ב, 2002  
 משגר הלוחיינים **שביט** נכשל בניסיון שיגור **אופק 6** – ביעף 95, חורף תשס"ה, 2004  
**אופק 7** שוגר בהצלחה – ביעף e102, אוגוסט 2007  
 הלוחיין **TecSAR** משדר תמונות מכ"ם ביום ובלילה (**אופק 8**) – ביעף e104, אפריל 2008  
**אופק 9** שוגר בהצלחה – ביעף e113, אוגוסט 2010  
 לוחיין התצפית המכ"מי **אופק 10** שוגר בהצלחה – ביעף e128, מאי 2014  
 לוחיין התצפית **אופק 11** שוגר בהצלחה חלקית – ביעף e137, ספטמבר 2016

## לוחייני התקשורת מסדרת עמוס

- לוחיין תקשורת ישראלי מתוכנן לשיגור בשנת 1992 – ביעף 63, תשמ"ח, 1987  
 אושרה התחייבות הממשלה לפרויקט לוחיין התקשורת **עמוס** – ביעף 68, קיץ תשמ"ט, 1989  
 לוחיין **עמוס** – תקציר הרצאה של ד"ר פטריק רוזנבאום – ביעף 72, אביב תשנ"א, 1991  
 לוחיין התקשורת **עמוס** ישוגר בתחילת 1996 – ביעף 78, אביב תשנ"ה, 1995  
 לוחיין התקשורת **עמוס**: כישלון כלכלי – ביעף 84, חורף תש"ס, 1999  
 הלוחיין **עמוס 2** ישוגר בתחילת 2003 – ביעף 89, חורף תשס"ב, 2001-2002  
 לוחיין התקשורת **עמוס 2** שוגר בהצלחה – ביעף 93, חורף תשס"ד, 2003-2004  
**חלל תקשורת** השיקה את פעילות **עמוס 2** – ביעף 94, קיץ תשס"ד, 2004  
 הסכם לבניית לוחיין התקשורת **עמוס 4** – ביעף e102, אוגוסט 2007  
**עמוס 3** ישוגר לחלל בסוף אפריל – ביעף e104, אפריל 2008  
**עמוס 3** שוגר בהצלחה – ביעף e105, יולי 2008  
**עמוס 4** יהיה לוחיין תקשורת עם מטע"ד בחזית הטכנולוגיה – ביעף e112, מאי 2010  
 לוחיין התקשורת **עמוס 4** שוגר בהצלחה – ביעף e125, אוגוסט 2013  
**התע"א** תייצר את לוחיין **עמוס 6** עבור חברת **חלל תקשורת** – ביעף e122, נובמבר 2012  
 לוחיין התקשורת **עמוס 6** אבד בהתפוצצות – ביעף e137, ספטמבר 2016

## לוחייני התצפית מסדרת ארוס ו-OPTSAT3000

- לוחיין **ארוס** ראשון מיועד לשיגור בסוף השנה – ביעף 83, אביב תשנ"ט, 1999  
 לוחיין הצילום **ארוס A** שוגר בהצלחה – ביעף 86, חורף תשס"א, 2000  
 לוחיין **ארוס** שני הוזמן ממפעל **מבת** של **התע"א** – ביעף 88, קיץ תשס"א, 2001  
 לוחיין התצפית המסחרי **ארוס B** שוגר בהצלחה מרוסיה – ביעף 97, קיץ תשס"ו, 2006  
 לוחיין **OPTSAT3000** עבור משדר הביטחון האיטלקי שוגר בהצלחה – ביעף e141, אוגוסט 2017

## לוחיינים מדעיים-טכנולוגיים

- ישראל וצרפת מפתחות במשותף לוחיין מדעי-טכנולוגי זעיר: **ונוס** – ביעף 97, קיץ תשס"ו, 2006  
 הלוחיין **ונוס** שיוצר **בתע"א** שוגר בהצלחה לחלל – ביעף e141, אוגוסט 2017

## מצלמות חלל

- נחנכה המעבדה הלאומית לפיתוח מצלמות חלל במפעל **אלאופ** – ביעף e116, מאי 2011  
**יופיטר** – מצלמת החלל החדשנית מהדור הבא מפותחת על-ידי **אלאופ** – ביעף e119, פברואר 2012

## לוחיינים זעירים

- נכשל ניסיון השיגור של לוחיין הטכניון – ביעף 78, אביב תשנ"ה, 1995  
 לוחיין הטכניון שוגר בהצלחה – ביעף 82, קיץ תשנ"ח, 1998  
 הושלמה בנייתו של הנוו-לוחיין הישראלי הראשון: **Inklajn-1** – ביעף e116, מאי 2011  
 חוקרי הטכניון מתכננים לשגר לחלל מבנה של שלושה נוו-לוחיינים – ביעף e119, פברואר 2012  
 הלוחיין הזעיר **דוכיפת 1** שוגר בהצלחה מרוסיה – ביעף e129, אוגוסט 2014  
**רפאל** מפתחת מיקרו-לוחיין לתצפית ממסלול נמוך – ביעף e131, מארס 2015  
 הלוחיין הזעיר **דוכיפת 2** שוגר מארה"ב – ביעף e139, אפריל 2017  
 שני לוחיינים ישראליים זעירים שוגרו מהודו: **SpacePharma, BGUSAT** – ביעף e139, אפריל 2017

## חללית לירח: SpaceIL

- קבוצת **SpaceIL** מצטרפת לתחרות הירח של גוגל – ביעף e116, מאי 2011  
 נוו-חללית ישראלית תנחת על פני הירח בשנת 2014 – ביעף e119, פברואר 2012  
 החללית של **SpaceIL** מיועדת לשיגור לירח בסוף 2017 – ביעף e134, דצמבר 2015  
 האם החללית של **SpaceIL** אכן תשוגר לירח? – ביעף e142, ינואר 2018  
 חללית **SpaceIL** תשוגר בדצמבר ומיועדת לנחות על פני הירח בפברואר 2019 – ביעף e144, יולי 2018

## לוחייני שירות

- Space Drone** יציל לוחיין תקשורת בחלל – ביעף e142, ינואר 2018

## סקירת ספרים

- קשת עילם**, עוזי עילם – ביעף e111, ינואר 2010  
**נשק גרעיני במזרח התיכון 1948-2013**, שלמה אהרונוסון – ביעף e129, אוגוסט 2014  
**האתגר שמעבר לאופק**, משה אור-טס – ביעף e134, דצמבר 2015  
**תוכנית החלל ההודית**, Gurbir Singh – ביעף e142, ינואר 2018



מהדורה אלקטרונית מיוחדת  
 חשוון תשע"ט – אוקטובר 2018

בחסות  
**האגודה למדעי התעופה והחלל בישראל**

[www.aerospace.org.il](http://www.aerospace.org.il)

ביעף נוסד בשנת 1972.

מו"ל ועורך אחראי: יהודה בורוביק

עורכי משנה: מאיר פדר

ד"ר נעם הרטוך

דוא"ל: [biaf@aerospace.org.il](mailto:biaf@aerospace.org.il)

מחיר המינורי: 117 ש"ח לשנה.

© כל הזכויות שמורות ל"ביעף".

מהדורה אלקטרונית זו מיועדת לשימוש הבלעדי של המנוי אליו נשלח העיתון. העברה, הפצה או העתקה של הקובץ ותוכנו אסורים בהחלט.

BIAF - Israel Aerospace e-Magazine

Publisher & Editor: Yehuda Borovik

E-mail: [biaf@aerospace.org.il](mailto:biaf@aerospace.org.il)

Copyright © 2018 BIAF.

All rights reserved.

This electronic version is intended for the sole use of the intended subscriber. Any pass-along distribution, repurposing, or duplication of this file is forbidden.