



e125

# ביטוח

תעופה וחלל

מהדורה אלקטרונית



- לויין התקשורת עמוס 4 שוגר בהצלחה
- הסלון האווירי בפאריס 2013
- התצוגה האווירית באושקוש 2013
- מוזיאונים לתעופה בשוויצריה
- חדשות התעופה והחלל בישראל

## התוכן

### חדשות ביעף:

- 3 ..... ישראל בחלל  
לוויין התקשורת עמוס 4 שוגר בהצלחה מבייקונוור
- 4 ..... חיל האוויר  
**אלביט מערכות** משביחה את **הקרנפים (C-130H)**  
השמשון הראשון נמסר לישראל בארה"ב

### תערוכות בעולם:

- 5 ..... הסלון האווירי בפאריס 2013
- 16 ..... התצוגה האווירית באושקוש 2013

### מוזיאונים לתעופה בעולם:

- 26 ..... מוזיאון חיל האוויר השוויצרי בדיבנדורף
- 29 ..... מוזיאון חיל האוויר השוויצרי בפאירן

### האגודה למדעי התעופה והחלל בישראל:

- 30 ..... הכנס הבינלאומי להתעייפות ושלמות המבנה של כלי-טיס

**בשער:** המטוס האווירובטי צ'לנג'ר III מוטס על-ידי שון טאקר באושקוש, בחסות חברת התוכנה **אוראקל** (ראה פרטים בעמוד 24).

## דבר העורך

סדר היום של עולם התעופה נקבע במידה רבה על-ידי התערוכות הבינלאומיות – בפאריס, בפארנבורו, בברלין ובמקומות נוספים. החברות שומרות את חשיפת המוצרים החדשים שלהן לתערוכות אלה כדי לזכות בכותרות, וגם ההכרזות על חתימת חוזים לרכישת מטוסים חדשים נאספות ונשמרות עד למועד התערוכה. כל יצרניות מטוסי הנוסעים משחקות את המשחק – מי תודיע על קבלת יותר הזמנות ובסכום כולל גבוה יותר, כאשר המאבק על הבכורה מתנהל במסיבות העיתונאים של **אירבאס ובואינג**. כל אחד יודע שהעסקאות האלה לא באמת סוכמו בתערוכה, אלא זמן רב קודם לכן, אבל אמצעי התקשורת משתפים פעולה במשחק, והכותרות זועקות בהתאם. לפי כללי המשחק הזה, הצלחתו המסחרית של סלון אווירי נמדדת בראש ובראשונה לפי סך כל ההזמנות שהוכרזו לרכישת מטוסים חדשים. מבחינה זו בלבד, הסלון האווירי בפאריס היה השנה הצלחה גדולה, עם הזמנות בהיקף של 68.7 מיליארד דולר ל**אירבאס** וכ-66 מיליארד דולר ל**בואינג**.

אנחנו איננו מתרשמים במיוחד מהמשחק הזה. אותנו מעניינים הרבה יותר החידושים הטכנולוגיים והופעות ראשונות של מטוסים חדשים, ואנו שופטים של הצלחתה של תערוכה בינלאומית לפי מספר כלי-הטיס המוצגים בה. מהבחינות האלה, הסלון האווירי בפאריס היה השנה מאכזב. כתוצאה מהמשבר הכלכלי הנמשך בעולם, מספר כלי-הטיס שהוצגו בלה-בורג'ה היה הנמוך ביותר שנראה שם בעשרות השנים האחרונות. הנוכחות האמריקנית הייתה בפרופיל נמוך מאוד, ללא שום מטוס צבאי מאויש. בסלון שלטו הפעם דווקא האיטלקים והרוסים. גם התצוגה הישראלית בסלון הייתה מצומצמת מבעבר וענייה בחידושים. את מה שנראה לנו מעניין, אנו מתארים בסקירה מקיפה לאורך 11 עמודים. התצוגה האווירית השנתית באושקוש עושה הרבה פחות כותרות בעיתונות התעופה הבינלאומית. זו אומנם חגיגת התעופה הגדולה ביותר בעולם, עם אלפי מטוסים וקהל של יותר מחצי מיליון איש, אבל האירוע מכון בעיקרו לעוסקים בתעופה למטרות ספורט והנאה אישית, ואין בו מקור לעסקים במיליארדי דולרים.

אנו מוצאים באושקוש עניין מקצועי רב, ומצטערים שאין באפשרותנו לבקר שם לעיתים קרובות יותר. רק באושקוש ניתן לראות מקרוב פיתוחים הנדסיים מקוריים, שהם פרי מוחם הקודח של יזמים משוגעים לדבר, ששיקולים כלכליים אינם מרתיעים אותם. בסקירתנו לאורך 10 עמודים אנו מתמקדים במספר פרויקטים כאלה, דוגמת: מכונת מעופפת (או ליתר דיוק: מטוס קל בעל כושר נסיעה בכבישים), מטוס קל המונע בכוח סילוני או בהנעה חשמלית, ו"איש הסילון" הטס כציפור באמצעות כנף קטנה הצמודה לגבו עם ארבעה מנועי סילון זעירים. מפגני הטיסה הנועזים באושקוש הם מעין קרקס אווירי, ואנו מביאים מבחר צילומים של האטרקציות העיקריות.

בברכת שנה טובה,

יהודה בורוביק



מהדורה אלקטרונית e125  
אלול תשע"ג – אוגוסט 2013

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  
עורך משנה: מאיר פדר

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

מחיר המינורי: 118 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 © 2013 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.

# לוויין התקשורת עמוס 4 שוגר בהצלחה

חברות איירוספייס בינלאומיות, הבונות ומתפעלות לוויינים בחלל.

חברת **חלל תקשורת** עוסקת במתן שירותי תקשורת לוויינית למפעילות שידורים רב-ערוציים באמצעות לוויין, לערוצי טלוויזיה, לספקיות אינטרנט, לחברות טלקום, לספקיות תשתית ולמוסדות ממשלתיים. באמצעות לווייני **עמוס 2** ו**עמוס 3** הממוקמים בנקודת השמיים  $4^{\circ}W$ , ולוויין **עמוס 5** הממוקם בנקודת השמיים  $17^{\circ}E$ , מעניקה **חלל תקשורת** שירותי תקשורת לוויינית ברחבי אירופה, המזרח-התיכון, החוף המזרחי של ארה"ב ולמדינות אפריקה.

עם הפעלתו המסחרית של הלוויין **עמוס 4**, אשר ימוקם בנקודת השמיים  $65^{\circ}E$ , תספק החברה שירותים גם ברוסיה, אסיה ודרום-מזרח אסיה. בשנת 2015 צפויה החברה לשגר את הלוויין **עמוס 6**, אשר ימוקם בנקודת השמיים  $4^{\circ}W$ , והוא מתוכנן להרחיב את מתן שירותי התקשורת באירופה, במזרח-התיכון, ואינטרנט רחב-סרט באפריקה.

בין לקוחותיה של **חלל תקשורת** בארץ נמנים רשות השידור, הרשות השנייה (ערוץ 2 וערוץ 10), חברת הטלוויזיה הרב-ערוצית בלוויין YES, ממשלת ישראל וגילת. בין לקוחותיה של **חלל תקשורת** באירופה ניתן למנות את HBO, וודפון, אנטנה הונגריה ומאג'יר טלקום – החברה-הבת של דויטשה טלקום בהונגריה. באפריקה מספקת החברה תקשורת לוויינית ל**פראנס טלקום**, **כיבל אנד ווירלס**, וחברות תקשורת מסחריות ולאומיות במדינות היבשת.

כשבועיים נוספים אל נקודת השמיים 67.25 מעלות מזרח בגובה של כ-36,000 ק"מ. בנקודת שמיים זו יפעל הלוויין במשך מספר חודשים, במהלכם יבדקו מערכתיו השונות. בהמשך יעבור הלוויין לנקודת השמיים 65 מעלות מזרח, בה ימשיך בפעילותו המסחרית.

**עמוס 4**, במשקל 4.2 טון בעת שיגורו, מבוסס על פלטפורמת **עמוס 4000** החדשה שפותחה ב**תע"א**. מטע"ד התקשורת המתקדם הוא בעל 24 משיבים רחבי-סרט בעלי הספק גבוה בתדרי Ku ו-Ka, עם 10 אנטנות מנוהגות היכולות לתת שירות ברזמני לתשעה אזורים שונים באסיה, אפריקה, המזרח-התיכון ואירופה.

תיאור מפורט של מאפייני **עמוס 4**, המבוסס על הרצאה של ראש הפרויקט גיורא עירן, פרסמנו ב"ביעף" e112 עמ' 10.

מנכ"ל ה**תע"א**, יוסי וייס, ששהה עם צוותי החברה בבייקונור ועקב מקרוב אחר תהליכי השיגור, אמר: "זהו הישג מרשים נוסף של ה**תע"א**. **עמוס 4** הוא הלוויין הגדול והמשוכלל ביותר שנבנה בישראל, אשר מצטרף ל**עמוס 2** ו**עמוס 3** של **חלל תקשורת**, שנבנו גם הם על-ידי ה**תע"א**. **עמוס 4** נמצא בחזית הטכנולוגיה של לווייני התקשורת בעולם. ל**תע"א**, הקבלן הראשי של כל תוכניות הלוויינים במדינת ישראל, הישגים מרשימים ומוכחים של הצלחה בחלל. כל הלוויינים עברו את אורך החיים שהובטח ללקוחותינו, ונתנו ביצועים מעבר למצופה. אנו גאים בהישגים אלה, המוכיחים את הרמה הטכנולוגית הגבוהה שלנו. ה**תע"א** חברה במועדון יוקרתי ומצומצם מאוד של

לוויין התקשורת **עמוס 4** מתוצרת ה**תעשייה האווירית לישראל (תע"א)**, שנבנה עבור חברת **חלל תקשורת (Spacecom)**, שוגר בהצלחה לחלל ב-31 באוגוסט בשעה 23:05 לפי שעון ישראל מהקוסמודרום בייקונור בקזחסטן. השיגור בוצע באמצעות משגר רוסי תלת-שלבי מסוג **זניט 3SLB** – אותו משגר ששימש להזנקת **עמוס 3** באפריל 2008 (ראה "ביעף" e105 עמ' 7).

תהליך השיגור התנהל באופן תקין, ולקראת השעה 06:00 בבוקר ה-1 בספטמבר הופרד הלוויין בהצלחה מהמשגר, החל את הפעלת מערכתיו ונמצא בקשר רציף עם תחנת הקרקע. שעות ספורות לאחר מכן פרס הלוויין את הפאנלים הסולאריים שלו כדי לנצל את אנרגיית השמש. הלוויין ימשיך במסעו במשך

שיגור **עמוס 4** באמצעות **זניט 3SLB** מבייקונור.



ל**עמוס 4** עשר אנטנות המניידות באופן עצמאי, שמאפשרות מתן שירות ברזמני לאסיה, אירופה ואפריקה.



# אלביט מערכות משיבה את הקרנפים

מתקדמות. פרויקט זה מתבצע בשיתוף עם התעשייה האווירית של קוריאה (KAI). במטוסי ההרקולס של רומניה מותקנות מערכות לוחמה אלקטרונית מסוגים שונים, כולל מערכות של החברה-הבת אלישרא, כאשר פרויקט ההשבה מתבצע תוך שיתוף פעולה עם תעשיות מקומיות ברומניה.

בחיל האוויר. בשנים האחרונות מבצעת אלביט מערכות שני פרויקטי השבה של מטוסי הרקולס. במטוסי ה-C-130H של דרום קוריאה מתקינה החברה מערכות אוויוניקה מתקדמות, ומסבה את תא הטייסים האנלוגי הקיים ל"קוקפיט זכוכית" באמצעות מערכות תצוגה דיגיטליות

אלביט מערכות תשיבה את מטוסי ה-C-130H הרקולס (קרנף) של חיל האוויר, במסגרת חוזה שהוענק לה על-ידי משרד הביטחון בדצמבר 2012.

חיל האוויר קלט 12 מטוסי קרנף מדגם H בין 1971 ל-1976, ועשרה מהם עדיין נמצאים בשירות. במסגרת פרויקט ההשבה יותקנו במטוסים מערכות תא טייס דיגיטליות, מערכות תצוגה עילית ומכ"מים חדשים.

פרויקט ההשבה יאפשר לחיל האוויר להאריך את חייו המבצעיים של הקרנף וישפר משמעותית את יכולותיו, במיוחד בתחומי ניווט הטיסה המדויק, טיסת לילה בגובה נמוך ויכולות טיסה בתנאי מזג אוויר קשים. ההשבה תגדיל את בטיחות הטיסה ותקטין את עלויות התפעול, באמצעות התקנת מערכות דיגיטליות מתקדמות שיחליפו את המערכות האנלוגיות המיושנות. המערכות הנוכחיות בקרנפים הפכו ללא אמינות ויקרות לתחזוקה, לאחר ארבעה עשורים של שירות אינטנסיבי

המחוננים האנלוגיים בתא הטייסים של הקרנף יוחלפו בצגים דיגיטליים צבעוניים, ותותקן גם תצוגה עילית.



כך ייראה תא הטייסים המושבח בקרנף.



# השמשון הראשון נמסר לישראל בארה"ב

(כאשר תחזוקת הקרנפים בוצעה על-ידי עובדי התע"א), בגף הטכני של טייסת השמשון יעבדו טכנאים-חיילים בלבד, ללא עזרה מגורמי אחזקה חיצוניים.

צוותי האוויר של טייסת השמשון העתידית נמצאים בהסבה בארה"ב. במקביל הוחל בהקמת הגף הטכני של הטייסת – מוקמות תשתיות וגויס גרעין הקמה. בניגוד לעבר

חברת לוקהיד מרטין מסרה למדינת ישראל את מטוס ה-C-130J סופר הרקולס הראשון בטקס שנערך ב-26 ביוני במפעלי הייצור של החברה במארייטה, ג'ורג'יה. זהו הראשון מבין שלושה מטוסי C-130J שהוזמנו על-ידי חיל האוויר הישראלי בשלב זה. החיל העניק ל-C-130J את השם העברי שמשון.

ישראל הזמינה את מטוסי ה-C-130J בעסקת מכירה צבאית למדינה זרה (FMS), שנחתמה עם ממשלת ארה"ב. לאחר מסירתו עבר המטוס לביצוע תוכנית שינויים, ויותקנו בו מערכות ישראליות ייחודיות. מטוס זה מתוכנן להגיע לישראל באביב 2014.

טקס מסירת ה-C-130J שמשון הראשון לנציגי ישראל במפעלי לוקהיד מרטין במארייטה ב-26 ביוני.



## יופעל בטייסת הפילים

ב-8 באוגוסט נסגרה בבסיס נבטים טייסת הפילים, שהפעילה מטוסי C-130E/H הרקולס (קרנף) יחד עם אחותה התאומה, טייסת אבירי הציפור הצהובה. כל הקרנפים שנותרו בשירות יופעלו מעתה במסגרת טייסת אבירי הציפור הצהובה.

טייסת הפילים תיפתח מחדש בשנה הבאה, ותפעיל שבטים את מטוסי השמשון החדשים.



# הסלון האווירי בפאריס 2013

מטוסי תובלה, מטוסי אימון, מסוקים, מטוסים קלים ומטוסים היסטוריים. רק שני מטוסי קרב תמרנו בשמי לה-בורג'ה – הרפאל הצרפתי והסוּחוי Su-35S הרוסי (שהופיע בחלק מימי הסלון). בימי סוף השבוע כיכב במפגני הטיסה גם הצוות האווירובטי של חיל האוויר הצרפתי, במטוסי אלפא ג'ט.

יהודה בורוביק סוקר, כהרגלו, את החידושים העיקריים שנראו בסלון: מטוס הנוסעים החדש של איירבאס, ה-A350, שחלף פעם אחת בשמי הסלון בטיסת הניסוי השלישית שלו; הנוכחות הרוסית המוגברת, שכללה הופעות בכורה של ה-Su-35S בעל כושר התמרון המדהים ומסוק הקרב קאמוב Ka-52; ההופעה החוזרת של מטוס התובלה הצבאי אנטונוב An-70 שזוכה לתחייה; התעוררות שוק מטוסי התקיפה הקלים המבוססים על מטוסי אימון או מטוסי ריסוס בעלי מנוע טורבו-מדחף; מטוס האימון הבסיסי החדש שמוצע על-ידי חברת אלניה-איירמאקי, וציון 100 שנות הפעילות של החברה האיטלקית; היובל למטוסי המנהלים של דאסו; והכתב"ם האיטלקי המפתיע שמבוסס על מטוס המנהלים פיאג'ו P180. לסיום, אנו סוקרים גם את התצוגה הישראלית בסלון פאריס, שהייתה מצומצמת מבעבר ומוגבלת בחידושים.

הסלון האווירי ה-50 בפאריס, שנערך בשדה התעופה לה-בורג'ה בין ה-17 ל-23 ביוני, לא היה חגיגי במיוחד, כפי שניתן היה לצפות מאירוע יובל. לא רק מזג האוויר המעונן והגשום העיב על האירוע הבינלאומי החשוב, אלא שהמשבר הכלכלי הנמשך בעולם הגביל את כמות כלי-הטיס המוצגים למספר הנמוך ביותר שנראה בעשרות השנים האחרונות בסלון פאריס. לראשונה בארבעים השנים שבהן אנו מכסים אירוע זה, לא נראה בתצוגה אפילו מטוס צבאי אמריקני מאויש אחד. בעקבות הקיצוץ הדראסטי בתקציב של ארה"ב השנה, הפסיק משרד ההגנה האמריקני לחלוטין את השתתפותו בתצוגות אוויריות. חברות אמריקניות הורידו פרופיל, כאשר נורת'רופ גרומן נעדרה כליל מפאריס, לוקהיד מרטין לא הציגה שום מטוס – אפילו לא את הדגם בקנה מידה מלא של ה-F-35 שנראה בתערוכות קודמות, ובואינג הביאה רק שני מטוסים אזרחיים.

וכך, בתצוגה הסטטית בסלון ניתן היה לראות כ-105 מטוסים מאוישים בלבד, ביניהם רק 9 מטוסים היסטוריים. בנוסף, הוצגו 5 דגמים בקנה מידה מלא של כלי-טיס מודרניים, וברחבות החיצוניות ניתן היה למצוא 15 כלי-טיס בלתי מאוישים (כטב"מים). גם מפגני הטיסה היומיים היו מאכזבים. השתתפו בהם פחות מ-20 כלי-טיס שונים – מטוסי נוסעים,

## בואינג מול איירבאס

למרות המשבר הכלכלי הנמשך בעולם וצמצום המכירות בשוק הצבאי, בשוק מטוסי המנהלים ובתחום התעופה הכללית – בשוק מטוסי הנוסעים ניכרת פריחה, עם המשך הגידול בתנועת הנוסעים בעולם. חברות

נוסעים – איירבאס האירופית ובואינג האמריקנית – כאשר כל אחת מנסה לשכנע כי המטוסים שלה עדיפים על אלו של המתחרה, וכי היא מצליחה "למכור" בסלון יותר מטוסים ממתחרתה. (יש לזכור, כי עסקאות לרכישת מטוסי נוסעים חדשים נחתמות לאחר משא-ומתן שנמשך חודשים ארוכים, ולפעמים אף

התעופה בכל רחבי העולם ממשיכות להזמין מטוסים חדשים במספרים גדולים, כשהן מבקשות להחליף את מטוסי הן הישנים והבלתי יעילים בדגמים חדשים המצטיינים בעלות תפעול נמוכה בהרבה. הסלון האווירי בפאריס מהווה תמיד זירת תחרות בין היצרניות הגדולות של מטוסי

מבט כללי על חלק מהתצוגה הסטטית. המטוס השחור מימין: אלניה-איירמאקי MC-27J. בקצה השמאלי: הגאלפסטרס G280 שמוצא בישראל.





בואינג 787-8 דרימליינר המיועד לחברת התעופה אייר אינדיה השתתף במפגני הטיסה היומיים בשמי לה-בורג'ה.



האיירבאס A380 של בריטיש איירווייס השתתף במפגני הטיסה בימים הראשונים בלבד.

הוסרה בחודש אפריל, והמטוסים חזרו בהדרגה לשירות לאחר שבוצע בהם השינוי שנדרש במצברים.

במהלך הסלון הודיעה בואינג על השקת הפיתוח של דגם גדול יותר של הדרימליינר, המסומן 787-10, שיוכל להטיס 300 עד 330 נוסעים (תלוי בסידור הפנימי) לטווח של עד כ-13,000 ק"מ. דגם זה צפוי לטוס לראשונה בשנת

מפואר למדי, שהוצג על הקרקע, ושני של אייר אינדיה שהשתתף במפגני הטיסה היומיים. הצגתם של מטוסי ה-787 התאפשרה אחרי שבואינג הצליחה לפתור את בעיית התחממות של מצברי המטוס, שגרמה לשריפה במטוס של חברת התעופה היפנית ANA בחודש ינואר השנה. הוראת הקרקוע של כל מטוסי ה-787 שהוציאה רשות התעופה הפדרלית בארה"ב

שנים; לפיכך, לא מדובר כאן על מכירת מטוסים במהלך הסלון, אלא רק על פרסום הודעות על סיכומי עסקות; לעתים קרובות דוחים את פרסום ההודעה על עסקה חדשה בשבועות רבים, כדי לפרסם אותה במהלך הסלון. מה שחשוב באמת זה סיכום המכירות השנתי, ולא ההודעה הפיקטיבית למדי על פרסום העסקות במהלך הסלון.)

בסלון הנוכחי כבשה איירבאס את הבכורה, כאשר הביאה לתצוגה מגוון רחב ממטוסיה בצבעים של חברות תעופה שונות. נוכחות המטוסים של איירבאס השתנתה כמעט מדי יום, עם בואם של מטוסים חדשים ועזיבתם של אחרים. המגוון שהוצג כלל מטוסי A380, A320, A320XLR ו-ACJ319. בין המטוסים היה גם A320 המצויד במערכת הנעה חשמלית לכניסה, שמאפשרת לו להסיע על המסלול מבלי להפעיל את מנועי הסילון.

במסיבת עיתונאים מסכמת של איירבאס הודיע הסמנכ"ל הבכיר ג'ון ליהי על קבלת הזמנות חדשות והתחייבויות לרכישת 466 מטוסים מדגמים שונים, בהיקף כספי כולל של 68.7 מיליארד דולר.

הנוכחות של בואינג הייתה צנועה בהרבה, בניגוד להופעתה בסלון לפני שנתיים (ראה "ביעף" e117). החברה האמריקנית הביאה הפעם לפאריס רק שני מטוסי 787 דרימליינר – אחד של קטאר איירווייס עם סידור פנימי

מחלקת עסקים ב-787 של קטאר מתאפיינת במושבי מיטה נוחים ביותר.



מושבי מחלקת תיירים ב-787 של קטאר מצוידים בצגי וידאו גדולים במיוחד.





אב-הטיפוס הראשון של האיירבאס A350 חולף בשמי לה-בורג'ה ביום שישי, 21 ביוני, במסגרת טיסת הניסוי השלישית שלו שיצאה מטולוז.

ההיסטורי החשוב במקום של כבוד בתצוגה של דאסו בסלון, אך הוא נעדר משם. מסיבה שלא הובהרה, המיסטר 20 הראשון הושאר ליד המוסכים בשדה התעופה לה-בורג'ה מחוץ לגבולות התערוכה, אך ניתן היה לראותו ולצלם אותו.

בתחילת שנות ה-60 של המאה הקודמת הייתה חברת דאסו אחת החלוצות בעולם בפיתוח מטוסי מנהלים סילוניים. מאז 1963 סיפקה דאסו יותר מ-2,250 מטוסי פאלקון מדגמים שונים ללקוחות ב-82 מדינות ברחבי העולם, ומטוסים אלה צברו יותר מ-16.2 מיליון שעות טיסה.

### תצוגה איטלקית גדולה

את השטח הגדול ביותר בתצוגה הסטטית תפס התאגיד האיטלקי פינמכניקה, שהציג הפעם 14 כלי-טיס מסוגים שונים. אלה כללו ארבעה מטוסים צבאיים המיוצרים על-ידי אלניה-איירמאקי, חמישה מסוקים של אגוסטה-ווסטלנד, שלושה כטב"מים – שניים של סלקס מערכות אלקטרוניות ואחד של אגוסטה-ווסטלנד, ושני מטוסים היסטוריים. פינמכניקה מציינת השנה 100 שנים לקיומה של תעשיית מטוסים באיטליה, שמרכיביה שולבו במשך השנים לתוך אלניה-איירמאקי. חלוץ התעשייה המפוארת הזאת היה ג'יאוליו מאקי, שהקים בשנת 1913 מפעל לייצור מטוסי ניופורט שנקרא ניופורט-מאקי. לציון חגיגות המאה הביאה החברה האיטלקית לסלון פאריס שני מטוסים היסטוריים שנשתמרו במצב טוב:

מהדור הקודם (דוגמת הבואינג 777), ו-6% פחות יחסית לבואינג 787 החדש. טיסת הבכורה באמצע יוני ציינה את תחילתה של תוכנית ניסויי טיסה מקיפה, שתכלול 2,500 שעות טיסה עם חמישה מטוסי ניסוי. היעד של איירבאס הוא להשיג רישוי אזרחי ל-A350-900 במחצית השנייה של 2014, ולמסור אז את המטוס הסדרתי הראשון לקטאר איירווייז. עד כה צברה איירבאס 678 הזמנות מ-34 לקוחות ברחבי העולם, ונראה כי למטוס החדש צפוי עתיד מזהיר.

### יובל למטוסי המנהלים של דאסו

הסלון האווירי בפאריס הפסיק זה מכבר להיות במה להצגת מבחר מטוסי המנהלים הסילוניים שמוצעים בעולם, לאור הצלחת התערוכה השנתית של מטוסי המנהלים בג'נבה (EBACE – ראה סקירה בגיליון הקודם). בלה-בורג'ה הוצגו הפעם רק שבעה מטוסי מנהלים, מהדגמים הגדולים והמפוארים יותר: איירבאס הביאה מטוס ACJ319, בומבארדייה הציגה את הגולבל 6000, גאלפסטריס חזרה לפאריס עם ה-G280 וה-G650 החדשים, ובתצוגה של דאסו נכללו שלושה דגמים – פאלקון 7X, פאלקון 2000S ופאלקון 900LX. חברת דאסו הצרפתית חגגה בחודש מאי יובל שנים לטיסת הבכורה של מטוס המנהלים הסילוני הראשון שלה, מיסטר 20. לקראת חגיגות היובל הושלם שיפוץ המקיף של אב-הטיפוס הראשון של המיסטר 20 על-ידי קבוצת גמלאים מתנדבים, והמטוס נצבע מחדש בצבעי המקוריים. ציפנו למצוא את המטוס

2017, ומסירת המטוס הסדרתי הראשון מתוכננת לשנת 2018. לטענת בואינג, ה-10-787 יהיה "מטוס הנוסעים היעיל ביותר בהיסטוריה" מבחינת עלויות התפעול. החברה הודיעה על קבלת התחייבויות לרכישת 102 מטוסים מסוג זה מחמישה לקוחות באירופה, אסיה וצפון אמריקה. בואינג דיווחה בסלון על קבלת הזמנות והתחייבויות לרכישת 442 מטוסים חדשים, בהיקף כספי של יותר מ-66 מיליארד דולר.

### ה-A350 חולף בשמי הסלון

החידוש הבולט ביותר בתחום מטוסי הנוסעים הגדולים הוא ה-A350 של איירבאס, שאב-הטיפוס הראשון שלו המריא לטיסת בכורה ב-14 ביוני – שלושה ימים לפני פתיחת הסלון האווירי בפאריס. לוח זמנים זה לא אפשר לאיירבאס להציג את המטוס החדש בתערוכה, אבל ה-A350 חלף בשמי לה-בורג'ה ביום החמישי של הסלון, במסגרת טיסת הניסוי השלישית שלו שיצאה מטולוז. המטוס ביצע טיסה נמוכה לאורך המסלול בלה-בורג'ה, ומשך את מרב תשומת הלב של באי התערוכה באותו היום.

ה-A350 הוא מטוס רחב-גוף חדש לחלוטין, המיועד לטיסות בטווחים בינוניים וארוכים של עד כ-15,750 ק"מ. מוצעים שלושה דגמים של המטוס, הנבדלים באורך הגוף: ה-800-350 ל-270 נוסעים, ה-900-350 ל-314 נוסעים, ו-1000-350 ל-350 נוסעים, בסידור אופייני של שלוש מחלקות.

ה-A350 מתאפיין בתא נוסעים מרווח שרוחבו 5.58 מטר – ב-12.7 ס"מ יותר מרוחב הגוף של הבואינג 787. בתכן המטוס הושם דגש על הקטנת עלויות התפעול והתחזוקה, באמצעות שילוב הטכנולוגיות והאמצעים החדשים ביותר בתחומי האווירודינמיקה, החומרים, המערכות וההנעה. להשגת חיסכון במשקל והקלת התחזוקה נעשה שימוש נרחב בחומרים מרוכבים מתקדמים (53 אחוזים ממבנה המטוס). המטוס מצויד בזוג מנועי רולס-רויס טרנט XWB מהדור החדש, שהם יעילים במיוחד בתצורות הדלק שלהם, רועשים הרבה פחות, ופולטים פחות דו-תחמוצת הפחמן. התוצאה הסופית היא תצורת דלק נמוכה ב-25% יחסית למטוסים מקבילים



המיסטר 20 הראשון של דאסו, שביצע טיסת בכורה לפני יובל שנים, תנה בשדה מחוץ לגבולות התערוכה.



למעלה: אנסאלדו SVA.9 משנת 1918. למטה: המאקי MB.308 שיוצר ב-1948.



מטוס האימון הסילוני הבסיסי M-345 HET יהיה גרסה משופרת של ה-M-311.



לסלון פאריס הגיע הפעם מטוס סדרתי המסומן במספר 07 – אחד מ-48 מטוסי ה-Su-35S שהוזמנו על-ידי חיל האוויר הרוסי. חברת המטוסים המאוחדת ברוסיה (UAC) דיווחה כי 11 מטוסי Su-35S כבר נמצאים בשירות חיל האוויר הרוסי, ותריסר מטוסים נוספים יסופקו עד סוף השנה הנוכחית ממפעלי ההרכבה הנמצאים ב-Komsomolsk-on-Amur, וההזמנה תושלם עד 2015.

ה-Su-35S הוטס מספר פעמים במהלך השבוע בשמי לה-בורג'ה והציג מפגן טיסה מרשים ביותר, כמיטב המסורת של הרוסים מהשנים הקודמות. הטיס אותו טייס הניסוי הוותיק והמנוסה סרגיי בוגדן – שהוכתר לפני זמן מה ל"גיבור רוסיה" – אשר צבר יותר מ-460 שעות טיסה ב-Su-35. בוגדן הפגין את כושר התמרון המדהים של הסוחוי החדש, אשר מושג בעיקר בזכות הדחף הגבוה של שני מנועי הסילון והשימוש בנחירי פליטה

הביאו הפעם לתצוגה ראשונה במערב את מטוס הקרב המשופר סוחוי Su-35S ואת מסוק הקרב החדש קאמוב Ka-52. הם חזרו והציגו את מטוס האימון המתקדם יאקובלב Yak-130 ואת הדגם בקנה מידה מלא של המסוק האזרחי החדש קאמוב Ka-62, שנראו בשנה שעברה בפארגבורו. כמו-כן הופיע שוב מטוס הנוסעים לטיסות אזרחיות סוחוי סופר ג'ט 100, והפעם היה זה המטוס ה-23 בסדרת הייצור, שנמסר במהלך הסלון לחברת התעופה המקסיקנית אינטר'ט.

### סוחוי 35 מפגין תמרון-על

ה-Su-35 הוא גרסה מתקדמת וחדשה של ה-Su-27 הוותיק. את מאפייניו תיארו בהרחבה ב"ביעף" e110 (עמ' 13-14), בעקבות הופעת הבכורה של אב-הטיפוס הראשון בסלון האווירי MAKS ברוסיה באוגוסט 2009.

● **אנסאלדו SVA.9** – מטוס אימון דו-כנפי ודו-מושבי, שיוצר בשנת 1918. המטוס המקורי נתגלה בארה"ב בשנת 1956 ושוקם על-ידי חברה בפנסילבניה. הוא נרכש בשנת 1988 על-ידי אייראיטליה (יצרנית המטוסים שהשתלבה בהמשך לתוך אלניה) והגיע לאיטליה ב-1989, שם עבר תהליכי שיקום נוספים על-ידי האגודה האיטלקית לשימור מטוסים היסטוריים.

● **מאקי MB.308** – מטוס דו-מושבי קל שיוצר בשנת 1948. נמצא בבעלות פרטית של אנדראה רוזטו, שרכש אותו בשנת 2005 ושיקם אותו למצב טיסה בצבעו האדום המקורי.

מן התצוגה של אלניה-אירמאקי נעדר הפעם מטוס האימון המתקדם M-346 (שכידוע הוזמן על-ידי חיל האוויר הישראלי כתחליף לסקייהוק). הסיבה להיעדרתו היא קרקוע המטוסים בעקבות התרסקות של אחד משלושת אבות-הטיפוס בתאונה שהתרחשה ב-11 במאי השנה בצפון איטליה. זוהי התרסקות שנייה של אב-טיפוס של ה-M-346, לאחר התאונה בנובמבר 2011 בטיסה חזרה מתצוגה בדובאי. בשני המקרים מדובר בתקלות טכניות, והטייסים נחלצו בשלום. אלניה-אירמאקי אינה חושפת לתקשורת את מהות התקלות שגרמו להתרסקויות, אך ידוע כי החברה עדכנה את חיל האוויר הישראלי בפרטים. תאונות אלה הן תופעה חריגה מאוד בתהליכי הפיתוח של מטוסים מודרניים, המטילה ספק בבטיחותו של מטוס האימון שנבחר על-ידי ישראל. יש לקוות שהחברה האיטלקית תשכיל לרדת לשרש הבעיות הטכניות שנתגלו, ותצליח לייצר מטוסים סדרתיים בטוחים.

**אלניה-אירמאקי** חשפה בסלון תוכנית לפיתוח מטוס אימון סילוני בסיסי חדש, המסומן M-345 HET (מטוס אימון בעל יעילות גבוהה). המטוס ה"חדש" שהוצג בסימון זה אינו אלא אב-הטיפוס של ה-M-311, שנהיה לראשונה בסלון פאריס בשנת 2005, אשר היה ניסיון לפיתוח דגם משופר של הסיא-מארצ'טי S-211 משנות ה-80 שלא הבשיל.

ב-18 ביוני נחתם הסכם בין משרד ההגנה האיטלקי לבין אלניה-אירמאקי לצורך הגדרת המפרטים המבצעיים ושיתוף פעולה בפיתוח מטוס האימון הבסיסי החדש, שצפוי להיכנס לשירות בין 2017 ל-2020. ה-M-345 HET מיועד להחליף את ה-MB-339 המיושן בחיל האוויר האיטלקי, ויכשיר את פרחי הטיס למעבר חלק להטסת ה-M-346 המתקדם יותר. ה-M-345 HET יוצד במנוע סילוני חדש בעל דחף מרבי של 1,600 ק"ג-כוח, שיחליף את ה-JT15D-5C המותקן ב-M-311. במטוס תשולב גם מערכת אוויוניקה חדישה עם תצוגה עילית בתא הקדמי, ותאי הטייסים יעוצבו עם צגים דיגיטליים צבעוניים בצורה דומה ל-M-346.

הדגש בפיתוח ה-M-345 HET יהיה על הקטנת עלויות התפעול והתחזוקה, במטרה שהמטוס הסילוני החדש יהיה זול יותר להפעלה ממטוסי האימון בעלי מנוע טורבו-מדחף המשמשים כיום לאימון בסיסי בחילות אוויר רבים בעולם.

### נוכחות רוסית מוגברת

תעשיות התעופה הרוסיות חזרו לסלון פאריס בכוח מוגבר, לאחר הורדת הפרופיל שלהן בתערוכות של 2009 ו-2011. הרוסים



למעלה: הסוחוי Su-35S עומד באוויר כשהוא "תלוי" על דחף מנועיו. למטה: מסוק הקרב קאמוב Ka-52.



מתכווננים להטיית וקטור הדחף בכל הכיוונים. המטוס הוטס בתצורה בתצורה נקייה, עם מעט דלק, כך שמשקלו היה נמוך יחסית והיחס בין הדחף למשקל היה גבוה ביותר (מעל לערכים האופייניים בפעילות מבצעית).

ל-Su-35S יש כושר תמרון גבוה במיוחד, העולה על זה של כל מטוס קרב מערבי קיים. בהדגמת תרגיל ה"קובר" המפורסם שנראה גם בשנים קודמות – שבו המטוס עוצר באוויר עם חרטום גבוה, מחליק כלפי מטה על זנבו ולאחר מכן מוריד את החרטום וצולל כלפי מטה – הפגין ה-Su-35S שיפור בולט לעומת דגמים קודמים ממשפחת ה-Su-27: בזכות הדחף הגבוה המטוס לא החליק כלפי מטה על זנבו, אלא טס באיטיות קדימה. המטוס טס בזוויות התקפה של 90 מעלות ויותר, ומשנה בזריזות את כיוון טיסתו באמצעות הטיית וקטור הדחף.

מומחים רבים מפקפקים בצורך האמיתי בכושר תמרון כה גבוה, בעידן שבו לא מתנהלים כבר קרבות אוויר "קלאסיים" בטווחים קצרים. שאלה עקרונית זו הועלתה בראיונות עם טייס הניסוי בוגדן. לטענתו, שינויי המצב והמהירות הקיצוניים שמשוגל המטוס לבצע עשויים "לשבור" את נעילת מכ"ם האויב על המטוס; התמרונים החריפים יכולים גם להועיל להתחמקות מטילים רודפים.

### הצגה ראשונה במערב של Ka-52

מסוק הקרב המתקדם של קאמוב הוא פיתוח דו-מושבי של ה-Ka-50 החד-מושבי. המסוק בנוי בתצורה האופיינית לקאמוב עם שני רוטורים ראשיים הסובבים בכיוונים מנוגדים על ציר משותף (קו-אקסיאלי), ללא צורך ברוטור זנב לייצוב. המהנדס הראשי של קאמוב טוען, כי תצורה זו מקנה למסוק יכולת תמרון טובה יותר, יציבות בריחוף ויכולת לרחף ברום גבוה.

ברוב מסוקי הקרב בעולם שני אנשי הצוות יושבים האחד מאחורי השני. ב-Ka-52 העדיפו להושיב את אנשי הצוות זה לצד זה, ולטענת המהנדס הראשי משיגים הטייסים במצב זה מודעות מצבית טובה יותר.

ה-Ka-52, המכונה **תנין**, מיועד למלא הן משימות התקפיות והן משימות סיור ואיסוף מודיעין. המסוק מצויד במערכות אוויוניקה מודרניות מתוצרת רוסית, בהיקף ובמגוון רחבים יותר מאשר בכל מסוק רוסי אחר. הוא נושא מכ"ם Arbalet המאפשר מיפוי קרקעי וגילוי מטרות, בנוסף לחיישן אלקטרו-אופטי לפעולה ביום ובלילה ומד-טווח/מצייץ לייזר. במסוק מותקנת גם מערכת תקשורת לוויינית וערוץ העברת נתונים.

מסוק הקרב המתקדם מצויד בזוג מנועי טורבינה מסוג **VK-2500**, שכל אחד מהם מפתח הספק מרבי של 2,400 כ"ס צירי בהמראה. מנועים אלה מאפשרים הפעלה משדות גבוהים באזורים הרריים ובתנאי טמפרטורה גבוהה. המסוק מגיע למהירות מרבית של 300 ק"מ/ש, משייט במהירות של 260 ק"מ/ש, ויכול לטוס לטווח של 460 ק"מ עם דלק פנימי. מכלי דלק חיצוניים מתחת לכנפיים יכולים להאריך את הטווח עד 1,110 ק"מ.

ה-Ka-52, שממריא במשקל מרבי של 10,800 ק"ג, יכול לשאת מטענים חיצוניים וחימוש במשקל של עד 2,500 ק"ג על שש נקודות תליה



תא הטייסים המודרני של הקאמוב Ka-52 מאפשר פעילות משותפת נוחה לשני אנשי הצוות.

למטוס תובלה בגודל כזה. לעומת זאת, אם זמין מסלול בלתי סלול באורך 915 מטר, יכול המטוס להמריא במשקל של 124 טון ולשאת 32 טון מטען. מנתונים השוואתיים שנכללו במצגת של אנטונוב לגבי המראה ממסלול בלתי סלול באורך 915 מטר: ה-A400M יכול להמריא במשקל של 113 טון ולשאת 20 טון מטען, בעוד ה-C-17 ימריא במשקל של 192 טון וישא 36 טון מטען. כושר הנשיאה המרבי של ה-An-70 מגיע ל-47 טון, כאשר המטוס ממריא במשקל מרבי של

שהמטוס נצבע באפור צבאי. ה-An-70 גדול יותר מן ה-C-130J סופר הרקולס, אך קטן יותר מה-C-17 גלובמאסטר III. ניתן להגדירו כמקבילו של האירבאס A400M אטלס האירופי, אם כי כושר הנשיאה של המטוס האוקראיני גבוה יותר. ה-An-70 מצטיין בביצועי המראה ונחיתה קצרה. לפי הנתונים שהציג מנכ"ל אנטונוב בתדרוך לעיתונאים בסלון, ביכולתו של ה-An-70 להמריא ממסלול בלתי סלול באורך 600 מטר במשקל של 114 טון כשהוא נושא מטען במשקל 20 טון – ביצועים ללא תחרות

הקאמוב Ka-52 יכול לשאת מגוון טילים ורקטות על שלוש נקודות תלייה חיצוניות בכל כנף.



מתחת לכנפיים. חימושו כולל תותח בקוטר 30 מ"מ עם 460 פגזים, ארבעה טילי אוויר-אוויר מסוג Iglu-S על המתלים הקיצוניים, תריסר טילים מונח-לייזר מסוג Ataka או Vikhr-1, ו-80 רקטות. הטיילים שיעילים לטווח של עד 10 ק"מ מאפשרים למסוק לתקוף מטרות קרקעיות ממרחק גדול יחסית, וכך להסתכן פחות מירי הגנתי של האויב.

המהנדס הראשי של קאמוב הדגיש בתדרוך לעיתונאים את אמצעי ההגנה הפאסיביים והאקטיביים שהוקנו למסוק כדי להגביר את שרידותו בשדה הקרב, לאור הלחצים שהופקו ממלחמתם של הרוסים באפגניסטן. לוחות שריון הותקנו מסביב לתא הטייסים ולרכיבים קריטיים במסוק כדי למנוע פגיעות מקליעים בקוטר 12.7 מ"מ, וגם הזכוכית העבה של השמשה עמידה בירי כזה. כמו-כן מצויד המסוק במערכות התרעה ולוחמה אלקטרונית. ובניגוד לכל מסוקי הקרב האחרים, ה-Ka-52 מאפשר הפלטה בטוחה של שני אנשי הצוות במקרה חירום, לאחר הפרדת להבי הרוטורים. תהליך הפיתוח של ה-Ka-52 היה ארוך מהרגיל, לאור הקשיים הכלכליים ששררו ברוסיה. אב-הטיפוס הראשון ביצע טיסת בכורה בשנת 1997, אך הייצור הסדיר החל רק ב-2009. מסוקי Ka-52 מופעלים כיום בשלוש טייסות של הצבא הרוסי. בנוסף, מפותח עתה דגם ימי, שמיועד לפעול מסיפון ספינות. חברת המסוקים הרוסית המאוחדת (Russian Helicopters) פועלת לקידום שיווקו של ה-Ka-52 במדינות זרות – בראש ובראשונה במדינות חבר העמים, אך גם במדינות אחרות שנהוגות להפעיל כלי-טיס רוסיים, באסיה, באפריקה ובדרום-אמריקה. החברה השתתפה לפני מספר שנים בתחרות שהתקיימה בטורקיה, והציעה אז לשלב במסוק מערכות אוויוניקה ישראליות, אך לא זכתה. לקידום השיווק במדינות זרות מוכנה החברה הרוסית להתאים את ה-Ka-52 לנשיאת אמצעי חימוש וחיישנים מערביים, ומערכות כאלה מתוצרת צרפתית הוצגו ליד המסוק בסלון.

## אנטונוב מחיה את ה-An-70

הקשיים הכלכליים ברוסיה ובמדינות חבר העמים בשנים שלאחר התפרקותה של ברית-המועצות, שגרמו לצמצום דראסטי ברכש הצבאי, עיכבו בין היתר גם את פיתוחו של מטוס התובלה An-70. תוכנית הפיתוח החלה במחצית השנייה של שנות ה-80, ואב-הטיפוס הראשון המריא לטיסת בכורה בדצמבר 1994. לאחר התרסקותו ב-1995 בתאונת התנגשות עם מטוס מלווה, נבנה אב-טיפוס שני, שהחל בטיסת ניסוי באפריל 1997. מטוס זה הוצג לראשונה בתצוגה האווירית בברלין במאי 1998 (ראה "ביעף" 82 עמ' 21), ולאחר מכן הובא לתצוגה בסלון פאריס ביוני 1999. בשנים האחרונות התעוררה מחדש ההת-עניינות של חיל האוויר הרוסי ב-An-70, וחודש ההסכם עם חברת אנטונוב האוקראינית שבמסגרתו תומכים הרוסים כספית בתוכנית הפיתוח ומסייעים לקידום הפרויקט. אב-הטיפוס הושב עם מערכות אוויוניקה מודרניות, וחזר לטוס בספטמבר 2012 כדי להשלים את ניסויי הטיסה הנדרשים. אנטונוב הפתיעה הפעם כאשר הביאה את ה-An-70 לתצוגה מחודשת בסלון פאריס, לאחר



מנועי הטורבינה של האנטונוב An-70 מסובבים זוג מדחפי מניפה בעלי שמונה להבים, שמורכבים האחד מאחורי השני ומסתובבים בכיוונים מנוגדים.



ה-A400M אטלס הוא בעל תצורה חיצונית דומה ל-An-70, אך כושר הנשיאה שלו נמוך יותר.

145 טון על מסלול באורך 1,550 עד 1,800 מטר. ביכולתו לשאת כלים צבאיים גדולים יחסית מסוגים שונים (כולל טנק), או 300 חיילים. עם 47 טון מטען מגיע ה-An-70 לטווח של 3,000 ק"מ, בעוד שעם מטען מופחת של 20 טון גדל הטווח ל-6,600 ק"מ.

ה-An-70 מתאפיין באמצעי הנעה ייחודי: מנועי טורבינה מסוג פרוגרס D-27 עם זוג מדחפי מניפה בעלי שמונה להבים, שמורכבים האחד מאחורי השני, אשר מסתובבים בכיוונים מנוגדים. מנוע propfan זה מצטיין בתצורת דלק נמוכה משמעותית מאשר מנוע טורבו-מניפה מקביל בעל יחס עקיפה גבוה, וסילוני האוויר שהוא מזרים על הכנף תורמים להגדלה ניכרת של העילוי בהמראה ובנחיתה. ההספק המרבי של כל מנוע הוא 14,000 כ"ס צירי.

בשלב הנוכחי מייצרת אנטונוב מטוס סדרתי אחד. לאחר השלמת תוכנית ניסויי הטיסה והוכחת הכושר צפויה הזמנה מחילות האוויר של אוקראינה ורוסיה, ואולי גם מחברת התעופה וולגה-דנפר העוסקת בהטסת מטענים ברחבי העולם.

### מטוסי תקיפה קלים

בשנים האחרונות התעורר בעולם ביקוש למטוסי תקיפה קלים, שיוכלו לשמש לצרכי סיוע אווירי במלחמות בעצימות נמוכה. מטוסים כאלה, בעלי מנוע טורבו-מדחף יחיד, נדרשים להתאים הן לתקיפת פולשים (בסיוור גבולות, למשל), והן לסיוור ואיסוף מודיעין.

לפני ארבע שנים הציגה חברת אייר טרקטור האמריקנית בסלון פאריס גרסה צבאית חמושה של מטוס הריסוס והכיבוי המוכח שלה, שמשומנת AT-802U (ראה "ביעף" e109 עמ' 13-14). מטוסים כאלה נרכשו מאז על-ידי האמירויות הערביות המאוחדות.

אחת ההפתעות של הסלון האווירי הנוכחי בפאריס הייתה חשיפתו של מטוס הסיוור והתקיפה הקל ArchAngel, שפותח על-ידי החברה האמריקנית החדשה IOMAX בהתבסס על מטוס הריסוס תראש 710P. החברה מציעה את המטוס החדש במיוחד לסיוור גבולות, וציידה אותו במערכת תצפית ועקיבה ליום וללילה עם מצוין לייזר ובמכ"ם בעל מיפתח סינתטי. עם כושר נשיאה חיצוני

עשר שעות במשימת סיוור ללא חימוש. מנכ"ל IOMAX, רוו האורוד, גילה בפאריס כי החברה שלו היא זו ששילבה את מערכות המשימה והחימוש ב-24 מטוסי AT-802 שסופקו לאמירויות הערביות המאוחדות. בנובמבר 2012 החלה החברה בפריקט הסבת התראש 710P למשימת סיוור גבולות, וגם דגם זה הוזמן על-ידי האמירויות הערביות המאוחדות. IOMAX מנהלת מגעים למכירת מטוסים כאלה גם לירדן וללוב.

גם חברת אמבראר הברזילאית וחברת ביצ'קראפט האמריקנית הציגו בסלון מטוסי תקיפה קלים, אלא שאלה מבוססים על מטוסים צבאיים לאימון בסיסי.

אמבראר הביאה לפאריס מטוס A-29 סופר טוקאנו בצבעי חיל האוויר של מאוריטניה. מטוס אימון בסיסי זה, שיוכל לשאת גם חימוש

של 2,420 ק"ג, יכול ה-ArchAngel לשאת טילי הלפירי, רקטות מונחות לייזר, פצצות מונחות לייזר במשקל 227 ק"ג, ומקלע בקוטר 12.7 מ"מ, על שש נקודות תלייה מתחת לכנפיים – כפי שהודגם בתערוכה.

במטוס הדו-מושבי שולבה מערכת אוויוניקה חדישה מתוצרת Esterline CMC Electronics המכונה Cockpit 4000, עם צגים דיגיטליים צבעוניים שמותאמת למילוי המשימות.

ה-ArchAngel קטן במקצת מה-AT-802U בממדיו ובמשקלו. משקל ההמראה המרבי שלו 6,420 ק"ג, לעומת 7,260 ק"ג במטוס של אייר טרקטור. שני המטוסים מצוידים באותו מנוע, מסוג פראט אנד ויטני PT6A-67F, המפתח הספק מרבי של 1,600 כ"ס צירי.

ה-ArchAngel מסוגל לשהות באוויר יותר מארבע שעות עם מטען חימוש מלא, או עד



הביצ'קראפט AT-6 מפגין את כושר הנשיאה החיצוני שלו, עם רקטות, פצצות ומכלי דלק.



אמבראר הציגה מטוס A-29 סופר טוקאנו המיועד לחיל האוויר של מאוריטניה.

ונאט"ו, והדגים יכולת זאת בניסויים שנערכו. מהנתונים שהוצגו לעיל ניתן לראות, כי ה-ArchAngel הוא הגדול והכבד מבין שלושת מטוסי התקיפה הקלים שהוצגו בסלון האווירי, עם כושר עדיף בנשיאת חימוש ובזמן שהייה באוויר. גם מחירו נמוך יותר ממתחריו, כך שהרכש שלו עשוי להיות משתלם יותר. יחד עם זאת, חילות אוויר מעדיפים בדרך כלל לרכוש

טורבו מדחף בעל הספק מרבי של 1,600 כ"ס. ביצ'קראפט פרסמה כי ה-AT-6 מצויד במערכת אוויוניקה מדגם Cockpit 4000 של CMC, במערכת משימה מתוצרת לוקהיד מרטין המבוססת על זו שמוצגת במטוס התקיפה A-10C, ובצריח תצפית ומעקב מדגם MX-15Di מתוצרת L-3 Wescam. המטוס מותאם לפעולה ברשת הצבאית של ארה"ב

תא הטייס המודרני של ה-ArchAngel.



ה-ArchAngel שמוצע על-ידי IOMAX הוצג עם מגוון מערכות תצפית וחימוש.



למשימות תקיפה, זוכה להצלחה שיווקית בעולם, כאשר 172 מטוסים מופעלים על-ידי תשעה חילות אוויר באמריקה הלטינית (אקוודור, ברזיל, הרפובליקה הדומיניקנית, קולומביה וצ'ילה), באפריקה (אנגולה, בורקינה פאסו ומאוריטניה) ובדרום-מזרח אסיה (אינדונזיה). הזמנות נוספות נתקבלו השנה מגואטמלה וסנגל.

בפברואר השנה נבחר ה-A-29 על-ידי חיל האוויר האמריקני במכרז לאספקת מטוסי תקיפה קלים לחיל האוויר של אפגניסטן. בשלב הראשון הוזמנו 20 מטוסים במחיר כולל של 427 מיליון דולר, אשר יורכבו בג'קסונוויל שבפלורידה על-ידי החברה האמריקנית סייירה נואדה ויסופקו החל באמצע 2014.

הסופר טוקאנו, שממריא במשקל מרבי של 5,400 ק"ג, מסוגל לשאת חימוש במשקל כולל של 1,550 ק"ג. המטוס מצויד בשני מקלעים בקוטר 12.7 מ"מ המותקנים בתוך הכנפיים, ובנוסף יכול לשאת חימושים שונים על ארבע נקודות תלייה מתחת לכנפיים. צריח אלקטרו-אופטי לתצפית ומעקב ביום ובלילה מותקן מתחת לחרטום.

חברת ביצ'קראפט נאבקה קשות לזכות במכרז של חיל האוויר האמריקני עם ה-AT-6 שלה, שמבוסס על מטוס האימון הבסיסי T-6C טקסן II (שנמצא גם בשירות חיל האוויר הישראלי). ביצ'קראפט ערערה על ההחלטה המקורית של חיל האוויר האמריקני לבחור ב-A-29 סופר טוקאנו, שנתקבלה בדצמבר 2011, ובעקבות הערעור בוטלה המכרז הראשון בגלל פגמים מנהליים בתהליך ונקבע מכרז חדש. אלא שתוצאת המכרז השני הייתה זהה, והסופר טוקאנו הועדף שוב על פני ה-AT-6. ביצ'קראפט הגישה שוב ערעור על הבחירה, אך הערעור נדחה סופית ביוני השנה ורכש מטוסי ה-A-29 עבור חיל האוויר האפגני יצא לדרך.

ה-AT-6, הקיים כאב-טיפוס בלבד, קטן יותר מה-A-29 בממדיו ובמשקלו, ולכן מוגבל יותר ביכולותיו. למטוס של ביצ'קראפט אין מקלעים פנימיים כמו לסופר טוקאנו, והוא יכול לשאת חימוש על שש נקודות תלייה מתחת לכנפיים. משקלו המרבי בהמראה 4,540 ק"ג, וביכולתו לשאת מטען תכליתי (דלק וחימוש) במשקל של עד 1,860 ק"ג. המטוסים של אמבראר וביצ'קראפט מצוידים שניהם במנוע



דאסו הציגה את הכטב"ם הניסיוני ניורון בתוך בועה שקופה. הניורון טס לראשונה ב-1 בדצמבר 2012.



כטב"מים אמריקניים בתערוכה: ג'נרל אטומיקס MQ-9 ריפר, ובואינג-אינסו סקאן איגל (מימין).



פיאג'ו חשפה בתערוכה את הכטב"ם P.1HH שמכונה HammerHead, אשר מבוסס על מטוס המנהלים P180 אוונטי II. למעלה: ציור שלו בטיסה.



מטוס שפותח במקורו למשימות צבאיות ואשר הוכיח את כושרו ואת אמינותו בפעילות מבצעית שוטפת לאורך זמן, גם אם הוא יקר יותר. מכאן נובעת העדפתו של הסופר טוקאנו, שצבר כ-28,000 שעות טיסה בפעילות מבצעית ברחבי העולם.

### כטב"ם איטלקי מפתיע

המדינות המובילות באירופה גוררות רגליים כבר שנים רבות בניסיונות להגיע להבנות על פיתוח משותף של כטב"ם תצפית ומעקב לפעולה ברום בינוני, עם כושר שהייה ארוך באוויר. ערב פתיחת הסלון האווירי בפאריס פרסמו היצרניות המובילות בצרפת, גרמניה ואיטליה – דאסו, קאסידיין מתאגיד EADS, ואלניה-אירמאקי – הודעה משותפת על הצורך הדחוף בהשקת תוכנית פיתוח אירופית של כטב"ם כזה, ועל נכונותן לשתף פעולה בפרויקט זה.

אבל חיל האוויר האיטלקי אינו מוכן להמתין עד להבשלתו של פרויקט כזה לקראת סוף העשור הנוכחי. החיל, שמפעיל כטב"מים אמריקניים מסוג MQ-9 ריפר, ביקש לחמש אותם ולהתאימם למשימות תקיפה, אבל המימשל האמריקני סירב לאשר זאת. לאור זאת תומך משרד ההגנה האיטלקי ביוזמה של חברת פיאג'ו, שהסבה את מטוס המנהלים P180 אוונטי II בעל מנועי הטרבור-מדחף לכטב"ם המסומן P.1HH ומכונה HammerHead (דג'פטיש).

אב-הטיפוס של ה-P.1HH נחשף בטקס שנערך באזור התצוגה של פיאג'ו ביום השני של הסלון. החברה האיטלקית מקצרת את משך הפיתוח של הכטב"ם על-ידי שימוש בפלטפורמה מוכחת בעלת רישוי אזרחי, שמשולבת בה מערכות משימה מוכחות מתוצרת סלקס מערכות אלקטרוניות.

ה-HammerHead יהיה בעל ביצועים עדיפים יחסית לכטב"מים מקבילים כמו הריפר האמריקני או ההרון TP הישראלי מבחינת מהירויות טיסה, רום מרבי וכושר נשיאה, אך הוא יוכל לשהות פחות זמן באוויר. בגרסת הכטב"ם של מטוס המנהלים האיטלקי, יוכל כלי-הטיס להגיע מהר יותר לאזור הפעילות המיועד, כשהוא טס במהירות של 730 ק"מ/ש, ולשייט מעל האזור במהירות של 250 ק"מ/ש' ברום של עד 45,000 רגל (13.7 ק"מ). עם מטע"ד במשקל 230 ק"ג, יוכל הכטב"ם לשהות 16 שעות רצופות באוויר, או לפעול במשך 10.5 שעות מעל אזור המרוחק 1,500 ק"מ מבסיס

הממונה על הרכש הביטחוני במשרד ההגנה האיטלקי, גנרל קלודיו דברטוליס, גילה בטקס כי חיל האוויר האיטלקי מעוניין לרכוש 10 כטב"מים כאלה, וכי יש כוונה להתאים את הכטב"ם לנשיאת חימוש בעתיד.

לתקשורת לוויינית. משקל ההמראה המרבי הוגדל מ-5,490 ק"ג ל-6,150 ק"ג. HammerHead צפוי לבצע טיסת בכורה לפני סוף השנה הנוכחית, ופיאג'ו מקווה לסיים את ניסויי הטיסה והרישוי עד סוף 2014.

ההמראה ונחיתה שלו. בהסבה ממוטוס מנהלים לכטב"ם הוגדלה מוטת הכנף בכ-1.6 מטר והמבנה שלה חוזק. תא הנוסעים ותא הטייסים משמשים לאחסון מכל דלק נוסף, מערכות משימה ואנטנה

## התצוגה הישראלית



תצוגת התע"א כללה דגמים של טילי החץ והברק, וכטב"ם התקיפה הארופ שמוגדר כ"חימוש משוטט".

בעולם, כולל חיל האוויר הישראלי. כטב"מים מסוג זה מבצעים פעילויות מבצעיות באפגניסטן עבור הצבא האוסטרלי, הגרמני והצרפתי, כחלק מחברותם בנאט"ו. גם חיל האוויר הקנדי הפעיל את ההרון באפגניסטן לפני שהסיג את כוחותיו מהאזור. עד כה נרשמו למעלה מ-210,000 שעות טיסה למערכת זו. אלביט מערכות הביאה לראשונה לסלון פאריס את הכטב"ם הגדול ביותר שלה, הרמס 900. בנוסף הציגה החברה מערכות אוויוניקה להשבת מוטוסים צבאיים, שכללו צג מגע אחד גדול לתא הטייס של מטוס קרב (המכונה CockpitNG); קסדת טייס Targo, המשמשת בעיקר למטרות אימון ומלווה את הטייס החל משלב תכנון המשימה, עבור לאימון, טיסה



בסלון הנוכחי לא הוקם ביתן נפרד לחברות הישראליות, כפי שהיה נהוג בכל השנים הקודמות. שלוש התעשיות הישראליות הגדולות – התעשייה האווירית לישראל (תע"א), אלביט מערכות ורפאל – קיימו תצוגות חיצוניות באזור הסמוך לביתן דמוי הצלחת המעופפת ששייך לתע"א. בתצוגות אלה נראו הפעם מעט מאוד חידושים של ממש. שש חברות ישראליות קטנות יותר – אלמו, ארדון, בלובייד, גבעון, כנפית וקונטרופ – קיימו תצוגות צנועות באזור מרוכז בתוך אחד האולמות הגדולים, בחסות המכון הישראלי לייצוא ולשיתוף פעולה בינלאומי. חמש חברות ישראליות נוספות – מנועי בית-שמש, עשות אשקלון, פלסאן, S.G.D הנדסה ותאת טכנולוגיות – הציגו באופן עצמאי אולמות התערוכה.

התע"א חזרה והציגה מבחר ממוצריה המוכרים, שכללו כטב"מים, טילים, מכ"מים, מערכות אלקטרוניות, וכלי-הרכב החצירובוטי להסעת מטוסים על המסלול סקסיבוס. הכטב"ם הרון 1 (הידוע בחיל האוויר בשם שובל) הוצג עם מגוון מטע"דים, שכללו: צריח אלקטרו-אופטי מסוג MOSP 3000 מתחת לחרטום, מכ"ם סיור ימי מדגם ELM-2022U בגחון, ואנטנות לאיסוף מודיעין אלקטרוני (ELK-8385) ולאיסוף מודיעין תקשורת (ELK-7071). התע"א חשפה לראשונה על הרון 1 אנטנת תקשורת קומפקטית וייחודית לאיסוף מודיעין תקשורת בתדר גבוה (HF), המסומנת ELK-7065.

ההרון 1 מיועד לביצוע משימות אסטרטגיות וטקטיות ממושכות מעל היבשה והים, עם יכולת שהייה באוויר של כ-30 שעות. הודות לטכנולוגיית המראה ונחיתה אוטומטית, יכול הכטב"ם לטוס גם בגשם, רוחות חזקות ותנאי מזג אוויר קשים. ההרון נמכר ל-14 לקוחות

הכטב"ם הרון 1 (שובל) הוצג עם מגוון החיישנים לתצפית, מעקב ואיסוף מודיעין שביכולתו לשאת, כפי שמפורט בתרשים האדום למעלה.





אלביט מערכות הציגה לראשונה בסלון פאריס את הכטב"ם הגדול ביותר שלה, הרמס 900.

חברת בלובירד מערכות אוויריות חשפה בתערוכה את הכטב"ם החדש **Thunder B**, שהינו גדול יותר מהכטב"מים **SpyLite** ו-**Micro B** שהוצגו בסלון הקודם (ראה "ביעף" e117 עמ' 18). משקלו של ה-**Thunder B** 24 ק"ג, וביכולתו לשאת מטע"ד בן 3.5 ק"ג. הוא מיועד לפעול ברדיוס של יותר מ-100 ק"מ ולטוס ברום של 1,000 עד 5,000 מטר, כשהוא מסוגל לשהות באוויר 16 עד 24 שעות ברציפות. לכטב"ם זה מוטת כנף של 4.1 מטר. □

להגנה מפני רקטות ומפני כלי-טיס – **כיפת ברזל** ו**ספיידר**. החברה חזרה והציגה את הטיילים השונים שלה, ואמצעי חימוש מדויקים לשיגור מהאוויר נגד מטרות קרקעיות. נחשפה הפצצה הקטנה ביותר במשפחת **SPICE**, במשקל 250 ליברות (115 ק"ג), שמשוגלת להגיע לטווח של יותר מ-100 ק"מ ולפגוע במטרה בסבירות שגיאיה מעגלית של 3 מטר. מטוס **F-15** יכול לשאת עד 28 פצצות קטנות כאלה, וה-**F-16** מסוגל לשאת עד 16 פצצות.

הכטב"ם החדש **Thunder B**, שחשפה חברת בלובירד בתערוכה.



בתצוגה של **רפאל** כיכבו שוב המשגרים הניידים של מערכות **כיפת ברזל** ו**ספיידר**.



צג המגע הגדול במערכת **CockpitNG**.



החיישן החיצוני של מערכת ההגנה **J-MUSIC**.

ותחקור מבצע; והשבחת תא הטייסים של מטוס **ההרקולס** (ראה במדור החדשות). **אלביט** חשפה בתערוכה מערכת לוחמה אלקטרונית מודולרית להגנת כטב"מים שפותחה בחטיבת **אלישרא**, המסומנת **SPS65-V5**. כמור"כ הוצגו מטע"דים שונים לכטב"מים המיועדים לניווט חסין משיבושים, ולאיסוף מודיעין אותות ותקשורת. בתחום ההגנה על מטוסים גדולים מאיום טילי כתף, הציגה **אלביט** מערכת קומפקטית יותר מה-**C-MUSIC** (**מגן רקיע** – ראה "ביעף" e123 עמ' 8), שבה רכיבי המערכת ניתנים להתקנה במקומות שונים בתוך המטוס, ולא בהכרח בתוך מארז חיצוני המורכב בגחון. מערכת זו, המכונה **J-MUSIC**, נבחרה עבור מטוס התובלה הסילוני **KC-390** שמפותח על-ידי חברת **אמבראר** בברזיל. בתצוגת **רפאל** בלטו שוב המערכות הניידות

טילי **ספייק ER** של **רפאל** הוצגו על מסוק צרפתי.





# התצוגה האווירית אושקוש 2013

ההתפתחויות בתחומים שונים של התעופה הכללית שהתרחשו מאז ביקורו הקודם של עורך "ביעף" באושקוש ב-2008, ומגלה כי בפרויקטים רבים לא חלה התקדמות רבה כתוצאה מהמשבר הכלכלי החמור בשנים האחרונות (כדי להבין את הרקע, כדאי לחזור ולקרוא את הסקירה שלנו על אושקוש 2008, שהופיעה ב"ביעף" e106).

אנו סוקרים את הגשמת חלום המכונית המעופפת בפרויקט הטרנזישן של טראפוג'יה, וחושפים מכונית מעופפת פשוטה יותר שנקראת מייוריק; בהמשך אנו מתארים את ההתקדמות המפתיעה שחלה בפרויקט המטוס האמפיבי A5 של חברת אייקון; מטוסים קלים עם מנוע סילון – BD-5FLS המשודרג והסאבסונקס החדש; תחיית הוויז'ן הסילוני של סירוס; המופע של "איש הסילון" איב רוסי; המטוס החשמלי הראשון שמוצע לרכישה – eSpyder של גרין-ווינג אינטרנשיונל; וההשתלטות הסינית על יצרניות המנועים קונטיננטל מוטורס ותילרט.

מפגני הטיסה באושקוש כוללים מופעים נועזים של קרקס אווירי, ואנו מביאים תמונות מייצגות שנקלטו במצלמתנו.

תצוגת המטוסים השנתית באושקוש שבמדינת ויסקונסין בצפון ארה"ב, אשר נערכת בשבוע האחרון של חודש יולי וגולשת לתחילת אוגוסט, נחשבת לחגיגת התעופה הגדולה ביותר בעולם מבחינת מספר כלי-הטיס וקהל המבקרים.

לפי הנתונים הרשמיים שפורסמו על-ידי מארגני האירוע – האגודה למטוסים ניסיוניים (EAA) – הגיעו לאושקוש יותר מחצי מיליון איש במהלך שבעת ימי החגיגה התעופתית. חלקם הגיעו בדרך האוויר עם כ-10,000 מטוסים, שנחתו בשדה התעופה האזורי הגדול וויטמן באושקוש ובשדות תעופה סמוכים. 2,335 כלי-טיס הוצגו לקהל המבקרים, ביניהם 867 מטוסים מבנייה עצמית, 858 מטוסים עתיקים, 337 מטוסים צבאיים ישנים שעברו לידיים אזרחיות לאחר צאתם משירות ("ציפורי מלחמה"), 130 מטוסים זעירים (אולטרה-לייט), 92 מטוסים ימיים, 27 מטוסים אווירובטיים, ו-24 מטוסים שונים אחרים.

יהודה בורוביק, שחזר לבקר באושקוש אחרי חמש שנים, היה אחד מ-914 נציגי התקשורת מכל רחבי העולם שכיסו את האירוע. הכתבה בוחנת את





מבט ממעוף הציפור על שטח התצוגה הנרחב בשדה התעופה באושקוש, משער הכניסה הראשי (למטה בתמונה) ועד למסלול ההמראות ונחיתות הארוך (למעלה).

אלפי טייסים ונוסעים נלווים הגיעו לאושקוש עם מטוסם הפרטי, החנו אותו בשטחים המיועדים, ונטו לידו אוהל למגורים בימי האירוע.





הטרנזישן בטיסה בשמי אושקוש...



מסיע על המסלול לאחר הנחיתה...



מקפל את כנפיו...  
ונוסע לדרכו כמכונת.



**חלום המכוננית המעופפת מתעכב**

בסקירת התערוכה באושקוש לפני חמש שנים התלהבנו מאוד מרעיון המטוס הקל שמתאפיין גם בכושר נסיעה בכבישים, שהוצג על-ידי היוזמים הצעירים שהקימו את חברת-ההזנק טראפוג'יה. קבוצת המהנדסים הנלהבים בוגרי האקדמיה היוקרתית MIT הבטיחה אז להתחיל לספק בסוף 2009 את המטוס-מכוננית טרנזישן במחיר של 194,000 דולר. מכיוון שראינו לפנינו אב-טיפוס ממשי בתצורה שנראתה סבירה מבחינה הנדסית ואפשרית למימוש, סיכמנו את תיאור הפרויקט בתקווה האופטימית: "נראה כי חלום המכוננית המעופפת עומד סוף-סוף להתגשם".

חמש שנים אחרי אותה חשיפה ראשונית, שמענו את המנכ"ל הכריזמטי של טראפוג'יה, ד"ר קארל דיטריך, מודה בגילוי לב כי כיום "עדיין נדרשת עבודה של שנתיים עד שלוש כדי להביא את הטרנזישן לשוק" – דהיינו, איחור של שש עד שבע שנים מהמועד שהובטח באושקוש 2008. וגם המחיר קפץ בשיעור ניכר, ל-279,000 דולר.

בסקירה מקיפה על הפרויקט שנתן ד"ר דיטריך בביתן התצוגה של טראפוג'יה באושקוש הוא הזכיר כי אב-הטיפוס הראשון, שהוגדר כמדגים הרעיון, עלה לראשונה לאוויר ב-5 במארס 2009 וביצע כ-30 טיסות ניסוי. בעקבותיו נבנה אב-טיפוס שני, מתקדם יותר, שהחל בטיסות ניסוי במארס 2012. כלי זה הובא הפעם לאושקוש, והרשים את הקהל בתצוגת טיסה ונסיעה. אלא שגם אב-הטיפוס השני אינו מייצג את התצורה האופטימאלית, וכיום בונה החברה אב-טיפוס שלישי שצפוי לטוס ב-2015. רק עם השלמת ניסויי הטיסה וניסויי הנסיעה של כלי עתיד זה, וקבלת אישורי הרישוי הנדרשים לטיסה באוויר ולנסיעה בכבישים, תוכל טראפוג'יה לעבור לייצור סדרתי ולאספקה ללקוחות.

היוזמים הצעירים וחסרי הניסיון העסקי גילו בשנים האחרונות, כי הגשמת פרויקט מסחרי הרבה יותר מסובכת מפרויקט גמר באקדמיה. הם נתקלו בקשיים לגייס את המימון הנדרש לפעילותם, שכמובן היה הרבה יותר גבוה מהערבותיהם הראשוניות. נראה שהם גם לא צפו את הקשיים הבירוקראטיים להשגת אישורי כושר הטיסה והאישורים הנדרשים לנסיעה בכבישי ארה"ב. כל מכוננית נדרשת לעמוד בתקנות בטיחות מחמירות (כמו החיוב בכריות אוויר להגנת הנוסעים במקרה של תאונה), והתקנת אמצעי הבטיחות מגדילה את משקל הכלי.

כדי לעמוד בכל הדרישות ועדיין להציע ביצועים סבירים, קשה מאוד להתכנס למשקל המראה מרבי של 600 ק"ג – כפי שמחייבות התקנות האמריקניות למטוסי ספורט קלים (LSA). טראפוג'יה הצליחה להשיג מרשות התעופה הפדרלית בארה"ב (FAA) ביוני 2010 אישור להעלות את המשקל המרבי ל-650 ק"ג, כפי שמורשה למטוסי ספורט קלים המותאמים לפעילות אמפיבית. אבל אנשי טראפוג'יה איתם שוחחנו באושקוש מודים, כי הגדלת המשקל הזאת אינה מספיקה להם, והם פנו ל-FAA בבקשת הקלה נוספת במגבלות המשקל המרבי. הביצועים של הטרנזישן המובטחים כיום נחותרים מאלה שהוכרזו בתחילת הדרך. המטוס ישייט ב-160 ק"מ/ש' ויגיע לטווח של 660 ק"מ



המכונית התלת-מושבת של המייוריק נראית כמו כל-רכב רגיל לנסיעת שטח.



המייוריק טס באמצעות מצנח רחיפה.

גלגלי הרכב בנטיעה. באוויר, המייוריק טס במהירות קבועה של 65 ק"מ/ש' ברום של עד 3,000 מטר, ויכול לשהות באוויר כשלוש שעות. נדרשים לו רק כ-90 מטר להמראה או לנחיתה, וביכולתו לנסוק בקצב של 180 מטר/דקה במשקל מרבי – או 365 מטר/דקה עם טייס בודד. ביכולתו לשאת מטען תכליתי של כ-200 ק"ג (נוסעים ודלק). בדרכים קרקעיות, יכול המייוריק לנסוע במהירות של עד 160 ק"מ/ש' ולהגיע למרחק של כ-725 ק"מ. מתלי הגלגלים שלו מותאמים לנסיעה גם מחוץ לכבישים סלולים.

## מטוס קל חסין מסחרור

אטרקציה נוספת שנחשפה לראשונה בתערוכת אושקוש בה ביקרנו לפני חמש שנים הייתה מטוס הספורט הקל אייקון A5 בעל העיצוב החדשני, שמותאם להמריא ולנחות גם במים, ויכול לקפל את כנפיו לצורך העברה קרקעית ואחסון. חברת-ההזנק החדשה אייקון הודיעה אז כי תספק מטוסים סדרתיים ראשונים בשנת 2010, במחיר של 139,000 דולר. אלא שגם חברה זו לא עמדה בהבטחתה.

טיסה בארה"ב כמטוס ספורט קל ניסיוני (E-LSA), ובאמצע 2011 אישר ה-FAA את הגדלת משקל ההמראה המרבי שלו ל-650 ק"ג. הכלי התלת-מושב מורשה לנסוע בכבישי ארה"ב באמצעות קבלת רישוי כמכונית מבנייה עצמית (Kit Car), ואינו מחויב באמצעי הבטיחות המחמירים שנדרשים ממכוניות רגילות.

את המייוריק פיתחה במשך שש שנים קבוצת מתנדבים הפועלת במסגרת הארגון הנוצרי ללא כוונת רווח I-TEC (המרכז לטכנולוגיה וחינוך של האנשים המקומיים). המטרה הייתה לפתח כלי-טיס/כלי-רכב שיאפשר תנועה באזורים מרוחקים בלתי מפותחים, שבהם לא קיימת רשת כבישים מסודרת. זכויות הייצור של המייוריק הוענקו לחברת Beyond Roads מפלורידה, והכלי נמכר במחיר של 94,000 דולר בלבד – כשליש ממחירו של הטרנזישן.

המייוריק מצויד במנוע סובארו בנפח 2.5 ליטר, בעל הספק מרבי של 190 כ"ס, שמוזן בדלק רגיל למכוניות (אין צורך בבנזין תעופתי, שקשה מאוד להשיגו באזורים רבים). המנוע מסובב את המדחף האחורי בטיסה, ומניע את

(עם רוויה ל-30 דקות טיסה). הוא יוכל לשאת מטען תכליתי (דלק, נוסעים ומטען נלווה) במשקל 227 ק"ג. בנטיעה על הכביש ינוע הטרנזישן במהירות של עד כ-105 ק"מ/ש'. הטרנזישן ינוע באמצעות מנוע רוטקס 912iS בן 100 כ"ס, ויהיה מצויד במצנח בליסטי להיחלצות במקרי חירום.

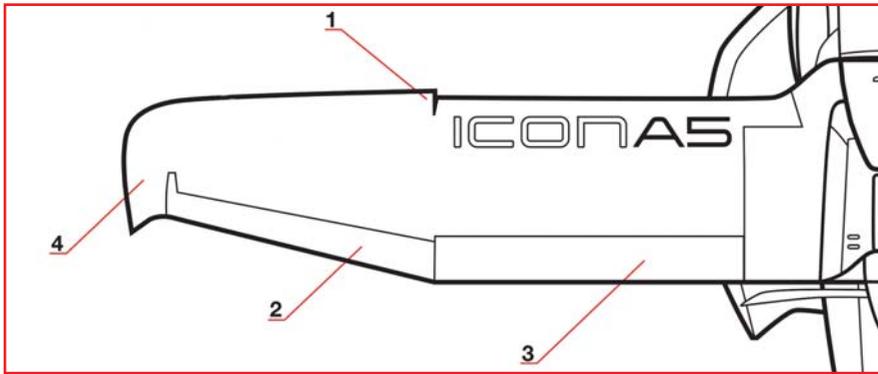
כצפוי ברוב המקרים, מחירו של הטרנזישן עשוי לבטח לעלות עד להשקתו בשנת 2016. השאלה היא אם יימצא שוק מספיק גדול לכלי כה יקר, שביצועיו מוגבלים למדי בהשוואה לכלי-טיס אחרים.

## מכונית מעופפת פשוטה יותר

פיתרון הרבה יותר זנוע לרעיון המכונית המעופפת הוצג באושקוש בדמות כלי-הטיס מייוריק. מדובר ממש במכונית מעופפת (ולא רק במטוס קל בעל כושר נסיעה בכבישים), כאשר אמצעי העילוי הוא מצנח רחיפה. זהו פיתוח מתקדם של כלי-הטיס מסוג מצנח ממונע גלגלי (ממ"ג), שנפוץ מאוד בעולם ומופעל גם בישראל. המייוריק קיבל בספטמבר 2010 אישור

דגם בקנה מידה מלא של ה-A5 האמפייבי שהוצג בביתן של חברת ICON. המטוס הראשון מסדרת הייצור יושלם באביב 2014.





מאפייני הכנף החדשה של ה-A5: 1. "שן מסור" בשפת ההתקפה. 2. מאזנת בחלק החיצוני של הכנף, שיעילה גם כאשר הכנף הפנימית מזדקרת. 3. מדף להגברת העילוי במהירויות נמוכות. 4. קצה כנף מוחלק שעוזר לתמרון על המים ותורם ליציבות הידרוסטטית (אין לו השפעה על החסינות מסחרור).



בראש לוח המכשירים מותקן מד זווית התקפה גרפי. הטייס צריך להקפיד להימצא בתחום הירוק, ולא להתקרב לגבול האדום.

מלהגיע לגבול ההזדקרות. המטוס מצויד גם במצנח בליסטי, שיאפשר היחלצות בטוחה במקרי חירום קיצוניים. ה-A5 יצויד במנוע החדש **רוטקס 912iS** בן 100 כ"ס, עם הזרקת דלק ובקרה אלקטרונית מלאה, שמתאפיינת בתצרוכת דלק נמוכה יותר מהמנועים הקודמים של **רוטקס**. מפרט הביצועים לדגם הראשוני עם משקל המראה מרבי של 685 ק"ג מדבר על מטען תכליתי של כ-200 ק"ג, מהירות מרבית של 195 ק"מ/ש' וטווח של 555 ק"מ.

## מטוס קל עם מנוע סילון

הנעה סילונית למטוסים קלים היא תופעה חריגה, אומנם, אבל לא חסרת תקדים. אחד המקרים הידועים הוא ה-**BD-5J מיקרוג'ט**, שפותח על-ידי ג'ים בדה בשנת 1973 כגרסה סילונית של ה-**BD-5 מיקרו**, שהוצע כקייט לבנייה עצמית. זה היה מטוס הסילון הקטן ביותר בעולם, עם מוטת כנף של 5.2 מטר וגוף באורך 3.8 מטר, בעל משקל ריק של 215 ק"ג, שהמריא במשקל מרבי של 450 ק"ג. הוא צויד במנוע טורבו-סילון מסוג **TRS-18**, שפיתח דחף של 90 ק"ג-כוח. לא רבים הצליחו אז לבנות את המטוס ולהטיס אותו בהצלחה. בשנת 1992 הוקמה בארה"ב חברת **BD מיקרו טכנולוגיות**, שהחלה בפרויקט לשדרוג ה-**BD-5** הסילוני בשילוב טכנולוגיות מודרניות. התוצאה היא ה-**BD-5FLS**, שמצויד במנוע טורבו-סילון מסוג **TJ100** מתוצרת החברה הצ'כית **PBS**, עם

ה-FAA מוכן לשקול חריגות מן התקנות, כאשר מדובר ביישום חדשנות טכנולוגית שמועילה למשתמשים – כמו במקרה הזה. אלא שנדרשו לא פחות מ-14 חודשים לקבלת ההחלטה. האישור להגדלת משקל המראה המרבי של ה-A5 ב-110 ק"ג נתקבל בסוף יולי, בדיוק לקראת פתיחת התערוכה באושקוש. **אייקון** כינסה מסיבת עיתונאים חגיגית בבוקר היום הראשון של התערוכה, שבה פירטה את תוכניתיה להמשך הפרויקט לאור ההחלטה המעודדת של ה-FAA.

מנכ"ל **אייקון**, קירק הוקינס, הכריז במסיבת העיתונאים כי המטוס הראשון מסדרת הייצור יושלם באביב 2014, ואספקת המטוסים הסדרתיים תחל במחצית השנייה של השנה הבאה. בתחילה יוצע דגם ביניים עם משקל המראה מרבי של 685 ק"ג, שתוכן לפני שנודע על האישור שניתן על-ידי ה-FAA להגדלת המשקל, ובהמשך הדרך תנוצל ההגדלה המלאה ל-760 ק"ג. המטוס יתייקר ב-50,000 דולר לעומת הכוונה המקורית, וכיום מתקבלות הזמנות במחיר של 189,000 דולר (המזמין נדרש לשלם ביתניים מקדמה בסך 5,000 דולר). כדי לחסוך במשקל, לא יצוידו המטוסים בינתיים במנגנון אוטומטי לקיפול הכנף (כפי שהוצג בטקס החשיפה לפני חמש שנים), וניתן יהיה לבצע זאת ידנית בתוך דקות ספורות. אמצעי הבטיחות הקפדניים ב-A5 אינם מצטמצמים רק בכנף החדשה. בתא הטייס מותקן מד זווית התקפה גרפי, שבו מצוינים תחומי התפעול המותרים בצורה צבעונית בולטת, כך שהטייס יוכל בקלות להימנע

ניסויי הטיסה של אב-הטיפוס, שהחלו לאחר אותה תערוכה, הצביעו על תכונות טיסה לא מספיק טובות, במיוחד מבחינת מניעת כניסתו של המטוס למצב הזדקרות ולסחרור. הנהלת **אייקון** החליטה לעצור את התוכנית לייצור שדרתי, ופתחה לתיכון אווירודינמי של כנף משופרת. החברה הציעה לעצמה יעד יומרני ביותר – לפתח כנף שתהפוך את ה-A5 למטוס חסין מפני כניסה לסחרור, ובכך תשפר מאוד את בטיחות הטיסה בו.

סחרור הוא מצב מסוכן בטיסה, הנוצר כאשר מטוס שנכנס להזדקרות חווה סבסוב בקצב גבוה מדי – בגלל הטיית הגה כיוון מוטעית או בעת ביצוע פנייה חריפה מדי. בתהליך הסחרור המטוס מאבד גובה בקצב גבוה, כשהוא מסתובב סביב ציר הסחרור, שמושפע ממצב הזדקרות אסימטרי בין שתי הכנפיים. בעת סחרור, המטוס נמצא במהירות טיסה נמוכה מאוד ובזווית התקפה גבוהה. זהו מצב מסוכן מאוד, שטייסים בלתי מנוסים יתקשו להיחלץ ממנו.

פיתוח כנף שתקטין מאוד את הסיכוי להיכנס למצב סחרור היא מבצע הנדסי ארוך ויקר, הכרוך בחישובים תיאורטיים, ניסויים על דגמים מוקטנים בנקבת-רוח, וסדרה מקיפה של ניסויי טיסה מסוכנים למדי.

הדרישות שיעניקו למטוס הכרה כי הוא חסין מפני כניסה לסחרור הוגדרו על-ידי ה-FAA בפרק 23 בתקנות הרישוי בשנת 1991, אך מעט מאוד יצרנים ניסו לפתח מטוסים קלים שעונים על מלוא התקנים האלה. **אייקון** החליטה להיכנס להשקעה הכבדה שכרוכה בפיתוח כזה, כדי להציע מטוס ספורט קל ייחודי, שיעניק למפעיליו רמת בטיחות טיסה העולה על זו של כל מתחרייו.

מהנדסי **אייקון** תיכנו כנף חדשה ל-A5, שיפרו אותה שוב ושוב לאור תוצאות הניסויים, עד שהגיעו לתוצאה הרצויה. ניסויי הטיסה הסופי, שבוצע בפברואר 2012, הוכיח חד-משמעית כי המטוס עומד בדרישות התקנות למניעת סחרור.

הכנף החדשה גדולה יותר מקודמתה בשטחה, ולפיכך היא כבדה יותר. בעקבות זאת, לא ניתן היה לעמוד במגבלת המשקל המרבי של 650 ק"ג, שנקבע בתקנות ה-FAA למטוסי ספורט קלים אמפיביים. חברת **אייקון** פנתה לפיכך ל-FAA בבקשה לקבל אישור לחריגה ממשקל המראה המרבי המותר, ונימקה את הבקשה בתרומה הייחודית להגברת בטיחות הטיסה.

**בדה BD-5J מיקרוג'ט** מקורי שהובא לתצוגה באושקוש (בתוכו נראית בובת אישה).





למעלה: ה-BD-5FLS מיקרוג'ט של ג'אסטין לואיס. למטה: אב-הטיפוס של הסאבסונקס. לשני המטוסים אותו מנוע סילון מסוג TJ100, המפתח דחף מרבי של 120 ק"ג-כוח.



מנהל העסקים הראשי של **סירוס** ואחד ממייסדיה, דייל קלפמאייר, הציג במסיבת עיתונאים באושקוש את לוח הזמנים החדש לסיום פיתוחו של הוויז'ן. החברה החלה בבניית שלושה אבות-טיפוס חדשים, שייצגו את התצורה המעודכנת של המטוס שעתידיה להיכנס לייצור סדרתי. הראשון מביניהם, המסומן C0, עתיד להתחיל לטוס בפברואר או במארס 2014, וישמש לאימות הביצועים ותכונות הטיסה ולביצוע ניסויי טיסה לרישוי. השני, שמסומן C1, ישמש בעיקר לפיתוח מערכות המטוס וישתתף אף הוא בטיסות הרישוי. השלישי (C2), יצטרף לניסויי הטיסה והרישוי בשלב מאוחר ואמור לייצג באופן כמעט סופי את תצורת הייצור הסדרתי. שלושת מטוסי הניסוי האלה ייוצרו בכלים ובאמצעים שימשו לייצור הסדרתי, אותם מכינה **סירוס** כיום.

קלפמאייר מעריך, כי ניתן יהיה להשיג את

הקלפים, ותכניות הפיתוח נעצרו כליל. חלק מן הפרויקטים בוטלו מאז, ואחרים התעכבו במשך שנים.

חברת **סירוס** האמריקנית הציגה לראשונה באותה תערוכה לפני חמש שנים את אב-הטיפוס של ה-SJ50 ויז'ן (שסימונו שונה בינתיים ל-SF50), והביעה אז את תקוותה כי תוכל לספק מטוסים סדרתיים ראשוניים בשנת 2011. כוונה זו לא הוגשמה. בעקבות צניחה בהיקף המכירות של מטוסי הבוכנה הקלים מתוצרתה נקלעה **סירוס** לקשיים כספיים חמורים ועמדה לפני פשיטת רגל. החברה ניצלה בזכות השקעה מסין, כאשר חטיבת התעופה הכללית של תעשיית התעופה הסינית המאוחדת רכשה ביוני 2011 את **סירוס** והפכה אותה לחברה-בת שלה. הבעלים הסינים הסכימו להשקיע את הכספים הנדרשים לסיום הפיתוח והרישוי של הוויז'ן, והפרויקט נמשך עתה בארה"ב.

אב-הטיפוס של ה**סירוס** ויז'ן הגיע לאושקוש להדגמה בודדת בלבד. במטוס הסדרתי יוכנסו שינויים רבים.



מערכת בקרה אלקטרונית מודרנית. מנוע זה מפתח דחף מרבי של 120 ק"ג-כוח.

ה**מיקרוג'ט** המשודרג מסוגל לנסוק בקצב של 840 מטר/דקה בגובה פני הים, לטוס במהירות מרבית של 460 ק"מ/ש', ולתמרן בספרות עומס של 6G חיובי ושלילי. משקלו הריק 190 ק"ג בלבד, והוא ממריא במשקל מרבי של 390 ק"ג.

מטוס כזה השתתף בתצוגות הטיסה היומיות באושקוש והרשים בביצועיו, כשהוא מוטס על-ידי ג'אסטין לואיס – טייס קרב לשעבר בחיל הים האמריקני, שהחל בשנת 2011 בקריירה חדשה של הופעה במפגנים אוויריים עם ה**מיקרוג'ט** שלו.

דוגמה חדישה יותר למטוס קל עם מנוע סילון הוא ה-Subsonex, שאב-הטיפוס שלו ערך הופעת בכורה במפגני הטיסה באושקוש השנה. מטוס חד-מושבי זה פותח על-ידי חברת **סונקס**, שמפעלה ממוקם בפאתי שדה התעופה באושקוש. החברה נודעה בפיתוח וייצור שורה ארוכה של מטוסי בוכנה קלים, הנמכרים כקייטים לבנייה עצמית.

אב-הטיפוס של ה**סאבסונקס**, המסומן JSX-1, המריא לטיסה בכורה באוגוסט 2011, והשלים את ניסויי הטיסה שלו בשנת 2012. המטוס מצויד במנוע טורבו-סילון מסוג TJ100 – אותו מנוע צ'י שהותקן גם ב-BD-5FLS – אשר מותקן מעל חלקו האחורי של הגוף.

ה**סאבסונקס** גדול רק במעט מה-BD-5FLS. מוטת כנפיו 5.5 מטר, אורכו 4.8 מטר, ומשקלו הריק 190 ק"ג, ומשקל ההמראה המרבי 410 ק"ג. מבחינת ביצועיו, הוא מוגבל למהירות מרבית של 480 ק"מ/ש', נוסק בקצב של 580 מטר/דקה, ומשייט במהירות של 290 ק"מ/ש' בגובה פני הים. המטוס יכול להגיע לטווח של יותר מ-480 ק"מ. נדרשת לו ריצת המראה לאורך 365 מטר, והוא נוחת בכ-300 מטר.

במטוס הסדרתי, שיסומן JSX-2, יוכנסו מספר שיפורים שיכללו: תא טייס גדול יותר, כניסע מתקפלים והיגוי לגלגל החרטום, מכל דלק גדול יותר, ומצנח בליסטי להיחלצות במקרי חירום. **סונקס** הודיעה בתערוכה כי תתחיל לספק קייטים של ה-JSX-2 באמצע 2014, והציעה לעשרת המזמינים הראשוניים מחיר מבצע של 125,000 דולר. קיט זה יסופק בצורה המאפשרת השלמת בנייה סופר-מהירה – עם גוף, כנפיים, זנב ומשטחי ניהוג שבנו כבר במפעל ויש רק לחברם יחד. הבונה יצטרך את להתקין את המנוע ומערכת הדלק, לחבר את כן-הנסע, להתקין את האוויוניקה ומערכות החשמל והבקרה, להתקין את המצנח וחיפויים שונים, ולצבוע את המטוס לפי בחירתו.

להטסת ה**סאבסונקס** נדרש בארה"ב רישיון טיס פרטי עם הגדר למנוע סילון. טייסים פרטיים שלא הטיסו מטוסי סילון יוכלו להיעזר בשירותי ההדרכה שמציעה **סונקס**, כדי להשיג את ההגדר הנדרש.

## תחיית הוויז'ן הסילוני של סירוס

בתערוכת אושקוש ביולי 2008 שררה אופטימיות רבה ביחס לעתידם של מטוסי המנהלים הסילוניים החד-מנועיים, כאשר ניצני הדור החדש הזה הוצגו שם לראשונה. אלא שהמשבר הכלכלי החמור שפרץ בארה"ב חודשם ספורים לאחר מכן טרף את כל



למעלה: איב רוסי עולה לגובה של כ-1,900 מטר כשהוא עומד בצדי מסוק יורוקופטר AS355F2 אקיריי, כאשר הכנף עם מנועי הסילון מוצמדת לגבו.

מימין: איש הסילון בטיסה (בהדגמה קודמת).

למטה: בתום 8 דקות הטיסה בגובה של כ-1,500 מטר, צנח רוסי לקרקע באמצעות מצנח גדול.



הרישוי האזרחי כ-18 חודשים אחרי טיסת הבכורה של מטוס C0 – דהיינו, לקראת סוף 2015. אספקת המטוסים הסדרתיים תוכל להתחיל זמן קצר לאחר מכן, והחברה נערכת לקצב ייצור שנתי של 50 עד 75 מטוסי ויז'ן. מחירו של הוויז'ן: 1.96 מיליון דולר. קלפמאיר טוען כי נתקבלו יותר מ-500 הזמנות למטוס החדש, עבורן שולמה מקדמה.

ה-SF50 ויז'ן מצויד במנוע וויליאמס FJ33-5A המפתח דחף מרבי של 820 ק"ג-כוח. המטוס יוכל לטוס במהירות מרבית של כ-560 ק"מ/ש' וברום מרבי של 28,000 רגל (8.5 ק"מ). הטווח המרבי במהירות טיסה זו יגיע לכ-1,850 ק"מ עם נוסעים וכבודה במשקל 180 ק"ג, או לכ-1,350 ק"מ עם משקל של 360 ק"ג. במהירות חסכונית של 390 ק"מ/ש' יגדל הטווח המרבי לכ-2,200 ק"מ עם משקל של 180 ק"ג.

הוויז'ן מיועד לשמש כמטוס סילון אישי, שיוטס על-ידי בעליו. ניתן יהיה להטיס בו עד חמישה מבוגרים ושני ילדים, כאשר המטוס יוכל לשאת נוסעים וכבודה במשקל מרבי של 545 ק"ג.

### איב רוסי – איש הסילון

במפגני הטיסה באושקוש שולבה הפעם לראשונה אטרקציה המציתה את הדמיון – אדם הטס בשמיים כמו ציפור, באמצעות כנף קשיחה קטנה שצמודה לגבו, עם ארבעה מנועי סילון זעירים. הטייס השוויצרי Yves Rossy (Jetman), כשהוא מופיע מאז 2010 בחסות יצרנית שעוני היוקרה ברייטלינג.

איב רוסי – טייס קרב לשעבר בחיל האוויר השוויצרי שהטיס מטוסי מיראז' 3, קברניט מטוסי נוסעים בחברת התעופה סוויס, ומהנדס בהכשרתו, בן 54 – החל לחלום על טיסה כציפור כשעסק להנאתו בצניחה חופשית, ופיתח פתרונות שונים במשך כעשר שנים.

הפיתרון המוצלח הנוכחי שלו פותח בסיוע החברה השוויצרית-גרמנית רואג. מדובר בכנף קשיחה בעלת מוטת של כ-2 מטר, העשויה מחומרים מרוכבים. מוצמדים אליה ארבעה מנועי סילון זעירים מתוצרת Jet-Cat, שמיועדים במקורם לטיסנים, שכל אחד מהם מפתח דחף של 22 ק"ג-כוח. עם 30 ליטר דלק סילוני המעורב בשמן סיכה, ניתן לטוס במשך 8 עד 10 דקות. הכנף עם ההנעה הסילונית, ששוקלת כ-55 ק"ג, מאפשרת לרוסי לתמרן במהירויות שבין 180 ק"מ/ש' בנסיקה לכ-300 ק"מ/ש' בצלילה, ולטוס אופקית במהירות ממוצעת של כ-200 ק"מ/ש'.

אמצעי הניהוג הם מצערת המנועים ותנועות גופו של רוסי (אין בכנף משטחי ניהוג זים). סיבוב של הראש והכתפיים והזזה קלה של היד גורמים להתחלת פנייה; כיפוף הגב גורם לנסיקה; ומשיכה בכתפיים מפנה את הכנף כלפי מטה. רוסי מתגלגל על-ידי יצירת עלרוד קל ופיתול הכתפיים, ונכנס ללולאה על-ידי כיפוף הגב ופרישת הידיים לצדדים.

במסגרת המופע שלו באושקוש, רוסי עלה לאוויר כשהוא עומד על המגלש של מסוק עם הכנף מוצמדת לגבו, כאשר פניו מופנים לתוך המסוק. לאחר נסיקה לגובה של כ-1,900 מטר, טכנאי היושב במסוק מדליק את מנועי הסילון, ורוסי נופל אחורנית ומתחיל בטיסתו החופשית. מפגן הטיסה של רוסי, שנערך בגובה של כ-



החד-מושבי מצויד במנוע חשמלי מתוצרת Yuneec, שמתקן בקדמת המנר המרכזי.

המשימה העיקרית העומדת לפניהם עכשיו היא לסייע לחטיבת **טכניפי מוטורס (תילרט)** (לשעבר) לשפר את השירות ללקוחות, לדאוג לאמינות של חלקי חילוף ולחפש שווקים חדשים למנועי הדיזל.

### ססנה 172 עם מנוע דיזל

חברת **Redbird Flight Simulators** הביאה לאושקוש מוטוס **ססנה 172** מושב המצויד במנוע טורבו-דיזל מדגם **סנטוריון 2.0** ובמערכות אוויוניקה מודרניות. המוטוס הקל, שמכונה **רד-הוק**, מיועד לשמש להדרכה ומתאפיין בעלות הפעלה נמוכה, מה גם שמחירו יהיה נמוך משמעותית מססנה **172** חדש.

**הסנטוריון 2.0** בעל ההספק של 135 כ"ס מחליף את מנוע הבוכנה הרגיל, שמפתח 160 כ"ס. מנוע הדיזל מפצה על ההפרש בהספקים בזכות מגדש טורבו ומדחף המסתובב במהירות קבועה, ויש לו יתרון בימים חמים ובהמראות משדות גבוהים.

**רדבירד** טוענת, כי בטיסה מטקסס לאוש-קוש צרך מנוע הדיזל כ-140 ליטר דלק סילוני, בעוד שהמנוע הרגיל צורך בטיסה כזאת כ-80 ליטר בנזין תעופתי. מדובר בחיסכון של כ-280 דולר בעלות הדלק. הפעלת צי של מוטוס **רד-הוק** בבית ספר לטיסה יכולה, לפיכך, להוזיל במידה ניכרת את עלויות התפעול. □

**2.0** עם הספק של 135 כ"ס, **הסנטוריון 2.0s** שמספק 155 כ"ס, ו**הסנטוריון 4.0** בעל ההספק של 350 כ"ס. במשך שנות פעילותה סיפקה החברה יותר מ-3,500 מנועים, שהותקנו ביותר מ-2,600 מוטוסים (ביניהם מוטוסים דו-מנועיים מסוג **דיאמונד DA42**) וצברו מעל 3.5 מיליון שעות טיסה.

למרות ההצלחה הטכנולוגית, נקלעה **תילרט** לקשיים כספיים ונאלצה להכריז על פשיטת רגל באפריל 2008. **תילרט** המשיכה לפעול מאז בניהולו של מפרק זמני תחת פיקוח בית המשפט הגרמני, ונעשו מאמצים ניכרים למצוא לה קונה ראוי. הרכישה על-ידי הסינים הצילה את **תילרט**, ונראה כי צפוי לה מעתה עתיד מבטיח בפעילותה המשותפת עם **קונטיננטל מוטורס** האמריקנית.

**קונטיננטל מוטורס** מוכרת כמובילה עולמית בפיתוח וייצור מנועי בוכנה למוטוסים. החברה האמריקנית מייצרת מנועים תעופתיים מאז 1929, ויש לה נתח שוק נכבד בעולם. החברה מציעה מספר דגמים של מנועי בוכנה, החל ב-**O200** בעל ההספק של 100 כ"ס המיועד למטוסי ספורט קלים, וכלה ב-**TSIO-550** בעל ההספק של 350 כ"ס. החברה פיתחה גם מנוע דיזל בן 200 כ"ס, המסומן **TD300**, שקיבל רישוי אזרחי בדצמבר 2012 ונכנס השנה לייצור סדרתי.

במסגרת עיתונאים באושקוש הכריז מנכ"ל קבוצת **קונטיננטל מוטורס**, רט רוס, כי

1,500 מטר מעל שדה התעופה, כלל טיסות אופקיות ותמרונים באוויר, אבל הקהל על הקרקע ראה רק נקודה לבנה הנעה בשמיים. לאחר כ-8 דקות, כאשר הדלק למנועי הסילון אזל, פרס רוס מצנח גדול וצנח אל הקרקע.

### מטוס חשמלי מוצע לרכישה

בתערוכות קודמות באירופה ובארה"ב הוצגו אבות-טיפוס של מוטוסים ניסיוניים ששילבו הנעה חשמלית, אבל עד כה לא הוצע מטוס קל או זעיר בעל הנעה חשמלית שניתן לרכישה לכל דורש. את המחסום הזה חצתה חברת **גרין-ווינג אינטרנשיונל** באושקוש השנה, עם ה-**eSpyder** החד-מושבי.

**גרין-ווינג אינטרנשיונל**, זרוע השיווק והשירות האמריקנית של חברת **Yuneec** הסינית שפיתחה את אמצעי ההנעה החשמלי, הכריזה באושקוש על קבלת הזמנות מלקוחות אמריקנים לקיטים לבנייה עצמית של ה-**eSpyder** במחיר של 39,990 דולר. אספקת הקיטים האלה תחל ברבע הרביעי של 2013. במקביל, מציעה החברה מוטוס **eSpyder** בנויים ללקוחות אירופיים במחיר של 34,990 אירו, זאת לאחר שהמוטוס קיבל רישוי גרמני בתודש פברואר השנה.

ה-**eSpyder** משלב תצורה מוכחת של מטוס זעיר עם מערכת הנעה חשמלית מתוצרת **Yuneec**, שמפתחת הספק של 24 קילו-וואט (32 כ"ס). המנוע החשמלי שמוזן ממצבר ליתיום מאפשר טיסה במשך שעה אחת, עם רזרווה לכ-30 דקות נוספות. את המצבר ניתן לחזור ולטעון בתוך שעתיים עד שלוש. טיסתו של ה-**eSpyder** שקטה לחלוטין, כפי שהודגם במפגני הטיסה באושקוש.

ה-**eSpyder** מתאפיין במשקל ריק של 186 ק"ג, ובמשקל המראה אופייני של 280 ק"ג. מהירותו המרבית 110 ק"מ/ש, ומהירות השיט החסכונית היא 60 ק"מ/ש. נדרשים לו רק כ-100 מטר להמראה או לנחיתה, והוא נוסק בשיעור של 115 מטר/דקה.

החברה מפתחת כיום מוטוס חשמלי דו-מושבי מסומן **e430**, אשר נמצא בניסויי טיסה בקליפורניה. מוטוס זה, במשקל המראה מרבי של 470 ק"ג, מצויד במנוע חשמלי בעל ההספק של 48 קילו-וואט, ומגיע למהירות מרבית של 160 ק"מ/ש. החברה מקווה להשלים את פיתוחו בשנה הבאה.

### יצרניות מנועים לבעלות סינית

תעשיית המוטוסים הסינית משיכה לרכוש חברות מערביות כדי לנצל את הידע והטכנו-לוגיות שלהן לקידום התעשייה בסין. לאחר שרכשה באפריל 2011 את יצרנית המנועים האמריקנית **קונטיננטל מוטורס**, הודיעה הזרוע הבינלאומית (**AVIC International**) של תעשיית התעופה הממשלתית בסין ב-23 ביולי על רכישת חברת **תילרט** הגרמנית, שמייצרת מנועי דיזל למוטוסים. **תילרט** תמשיך לייצר את מנועיה בגרמניה תחת השם החדש **Technify Motors**, ותפעל כחטיבה של **קונטיננטל מוטורס**.

**תילרט** הייתה אחת החלוצות בפיתוח מנועי דיזל מודרניים למוטוסים קלים, כאשר החלה להציע בשנת 2001 את המנוע **סנטוריון 1.7**. מאז פיתחה החברה ומייצרת את **הסנטוריון**

**רד-הוק** הוא מוטוס **ססנה 172** משופץ ומושב, המצויד במנוע טורבו-דיזל מסוג **סנטוריון 2.0**.



# קרקס אווירי



טייס האווירובטיקה המפורסם שון טאקר מדהים את קהל הצופים באושקוש זה שנים בביצועי "הריקוד האווירי" שלו. טאקר מטיס כיום מטוס דו-כנפי אווירובטי יחיד מסוגו, שתוכנן ובנה עבורו במיוחד בשנת 2010. המטוס, שנקרא צ'לנג'ר III, מצויד במנוע לייקומינג ממשפחת AEIO-540, שהותאם להשגת ביצועים מיטביים בתמרוני אווירובטיקה. ההספק הרצוף שלו 260 כ"ס, אך המנוע מסוגל להפיק יותר מ-400 כ"ס לזמנים קצרים. עם מנוע כה חזק במטוס כה קל, יכול טאקר לעצור באוויר בנסיקה ולהיתלות על המנוע. הצלחנו לצלם את טאקר באחד מתרגיליו הידועים: חיתוך סרט הקשור בין שני עמודים אנכיים קרובים באמצעות הכנף, בטיסה נמוכה מעל המסלול.



אחד המופעים המשעשעים ביותר בקרקס האווירי באושקוש הוא של גרג קונץ' וחבורת אלבמה בויס. גרג משחק תפקיד של חוואי מבוגר, שמבקש לקחת שיעור טיסה על פייפר J3C קאב עתיק. תוך כדי ויכוח עם החבורה, הוא נכנס למטוס בגנבה וממריא. גרג מציג באוויר מופע מבדר של מי שכביכול אינו יודע לטוס, עולה ויורד וכמעט מתרסק לקרקע, אך ממשיך לטוס. אלבמה בויס יורים לעבר המטוס ברובה, ורודפים אחריו על המסלול עם הטנדר הלבן. בסופו של דבר נוחת הקאב על גבי הטנדר הנוסע, ובסיום המופע הוא ממריא ממנו חזרה – ביצוע מרשים של גרג קונץ'.



# קרקס אווירי

למעלה ומשמאל: גרג שלטון מטיס את הסופר סטירמן שלו, כשעל הכנפיים מפגינה כישורים אקרובטיים נועזים אשלי בטלס. המטוס הוא במקורו סטירמן N2S-3 משנת יצור 1943, ששירת בחיל הים האמריקני. מותקן בו מנוע בן 450 כ"ס.

למטה: ג'ין סוסי מטיס את ה-Showcat שלו במופע אווירובטי, שבו מכבדת טרזה סטוקס בהליכה ובאקרובטיקה על הכנפיים.

המטוס הוא במקורו גרומן G-164A סופר אג'קט משנת יצור 1972, שהוסב ממטוס ריסוס למטוס אווירובטי, עם מנוע בן 450 כ"ס.



# מוזיאון חיל האוויר השוויצרי בדיבנדורף

ראויים לציון במיוחד המטוסים מתוצרת שוויצריה, שכוללים את מטוסי האימון **פילאטוס P2-06**, אב-הטיפוס של **הפילאטוס P3-02** ואב-הטיפוס של **הפילאטוס PC-7**. מוצגים גם אבות-טיפוס נדירים של שני מטוסי סילון ניסיוניים: **N-20 Aiguillon** שפותח בין 1948 ל-1952, ו-**P-16 Mk III** משנת 1960. שדה התעופה של דיבנדורף עדיין פעיל, ומהווה בסיס למטוסי **יונקרס Ju-52** עתיקים. חברת התעופה **JU-AIR** מציעה טיסות תיור או טיסות שכר במטוסים היסטוריים אלה מתקופת מלחמת העולם השנייה, שהופעלו בחיל האוויר השוויצרי עד 1981. המטוסים, שנשמרים במצב מצוי, מותאמים להטסת 17 נוסעים. פרטים על המוזיאון ניתן למצוא באתר: [www.airforcecenter.ch](http://www.airforcecenter.ch)



ושנות ה-20; **מסרשמיט Bf-109E-3** ו-**P-51D מוסטנג** ממלחמת העולם השנייה; מטוסי הקרב הסילוניים הראשונים מדגמי **דה-הוילנד ומפייר, דה-הוילנד ונוס והוקר האנטר**; ועד למיראז' **III** משנות ה-60. כמו-כן מוצגים מטוסי אימון, מטוסי סיור ומטוסי תובלה קלים.

באפריל 2011 ביקרנו במוזיאון השוויצרי לתעופה צבאית, הנמצא בשדה תעופה צבאי לשעבר בעיירה דיבנדורף ליד ציריך. באולמות גדולים בתוך מבנה סגור מוצגים בצורה מרווחת 34 מטוסים, שלושה מסוקים, שני כטב"מים ומספר מערכות להגנה אווירית (טילים ותותחים נגד מטוסים). המטוסים מייצגים את ההיסטוריה של התעופה הצבאית בשוויצריה, החל משנת 1914 ועד לעידן הסילון העל-קולי. חלק מן המטוסים מראשית ימי התעופה הצבאית הינם דגמים משוחזרים, אך כל השאר הם מטוסים מקוריים שהופעלו בחיל האוויר השוויצרי, או אבות-טיפוס ניסיוניים שיוצרו בשוויצריה. האוסף כולל מטוסי קרב מכל התקופות, דוגמת: **הנרייט HD-1**, **פוקר D-VII** ו**ניפורט N-28 C-1** מתקופת מלחמת העולם הראשונה



עד לשנה שעברה ניצב בפתח המוזיאון מטוס דה-הוילנד **DH-100 Mk 6** ומפייר (למעלה מימין). כיום מוצב שם מטוס נורת'רופ **F-5E טייגר II** שהוטס במסגרת הצוות האווירובטי של חיל האוויר השוויצרי (למטה). למעלה משמאל: דגם משוחזר של **בלריו XIb** דר-מושבי, ומעליו תלוי **ניפורט N-28 C-1**.





למעלה: אבטיפוס של מטוס הקרב הניסיוני P-16 Mk III, שהוטס בשנת 1960. מעליו תלוי מטוס לגרירת מטרת C-3605 שלם, שיוצר בשוויצריה בראשית שנות ה-70'. מאחור נראה מטוס הוקר האנטר F Mk 58. למטה: אבטיפוס של מטוס הקרב הניסיוני N-20 Aiguillon בעל ארבעה מנועי סילון, שפותח בין 1948 ל-1952.



שני מטוסי יונקס Jn-52 המופעלים על-ידי חברת JU-AIR בשדה התעופה בדיבנדורף.



## מוזיאונים בשוויצריה



למעלה: הכטב"ם רנג'ר פותח עבור השווייצרים על-ידי התעשייה האווירית לישראל ונכנס לשירות ב-1997. מאחוריו נראה אב-הטיפוס של הפילאטוס PC-7. למעלה משמאל: מטוס הקרב מוראן-סולנייה MS-506 C-1 שיוצר ברישיון בשוויצריה תחת הסימון D-3801 בשנת 1941 (תחתון); המטוס לגרירת מטרות C-3603-1 שלפ (אמצעי); המטוס הקל ביקר Bu-181B בסטמן (עליון). משמאל: מסרמיט Me-109 E-3 מתקופת מלחמת העולם השנייה.



נורד 1203 נורקרין שיוצר ב-1948. (שני מטוסים כאלה הופעלו באותה תקופה גם בחיל האוויר הישראלי).

למטה: טיל בריטי נגד מטוסים מדגם בריסטול BL-64 בלאדהאונד Mk II.

למטה משמאל: מטוס צילום מסוג דאסו מיראז' IIIS, שבו ניתן לראות את המצלמה בחרטום. מטוס זה כונה "מאטה הארי", על שמה של המרגלת המפורסמת.



# מוזיאון חיל האוויר השוויצרי בפאיירן

מוקדמת. למרות המספר המצומצם של כלי-הטיס, הביקור במוזיאון זה מעניין למדי – בעיקר בזכות האפשרות לראות בנפרד את המערכות ואת אמצעי החימוש, שאינם מוצגים במוזיאונים אחרים. מן המרפסת בקומה השנייה של בניין המוזיאון אפשר לראות את הפעילות האווירית בבסיס הצבאי הסמוך, שבו מוצגים מטוסי קרב מסוג F/A-18 הורנט ומסוקי תובלה.

פרטים על המוזיאון ודרכי הגישה אליו ניתן למצוא באתר: [www.clindailles.ch](http://www.clindailles.ch)



פצצות, מכלי דלק נתיקים ומצלמות. יש שם גם מדמה טיסה (סימולאטור) של המיראז' III, ושחזור חדר המבצעים של הבסיס בתקופה

ליד בסיס חיל האוויר השוויצרי בפאיירן (Payerne), הנמצא באמצע הדרך בין הערים לוזאן וברן, הוקם מוזיאון תעופה לשימור המורשת של כלי-הטיס שהופעלו בבסיס זה במשך השנים. במוזיאון הקטן יחסית, שמרכזו בתוך מבנה סגור שהוקם במיוחד למטה זו, מוצגים שבעה מטוסי קרב סילוניים מדגמי ומפייר, ונוס, האנטר ומיראז' III, ושני מסוקים – אלואט II ואלואט III.

ליד המטוסים מוצגים רכיבים, מערכות וחימושים שלהם, דוגמת מכשור תא הטייס, מנועים, כסאות מפלט, מאיץ רקטי (JATO), מכ"מים מוטסים, מארזי תותחים, טילים,



מטוס דה-הוילנד 6 DH-100 Mk ומפייר ומעליו מסוק SE-3130 אלואט II.



מטוסי ומפייר דר-מושבי, מיראז' III, הוקר האנטר ומיראז' III.



מאמן טיסה (סימולאטור) של מטוס הקרב העל-קולי מיראז' III.



שחזור חדר המבצעים בבסיס, בתקופה שלפני עידן המחשבים.

בחזית מבנה המוזיאון ניצב ומפייר שמספרו J-1156. מטוסי סילון אלה יוצרו ברישיון בשווייצריה והופעלו בחיל האוויר השוויצרי מ-1951 עד 1990.



# הכנס הבינלאומי להתעייפות ושלמות המבנה של כלי-טיס התקיים ביוני בירושלים

ביומיים הראשונים של הכנס מעבירה כל מדינה סקירה לאומית על העבודות שנעשו בה בשנתיים האחרונות. בשלושת הימים האחרונים מתקיים סימפוזיון, שבו מוצגים מאמרים ופוסטרים על-ידי חוקרים מהאקדמיה, ממכוני מחקר ופיתוח ומהתעשייה. בכנס הנוכחי הוצגו 72 מאמרים, אשר התחלקו לשתי קבוצות: 36 הרצאות במליאה, ו-36 מאמרים במתכונת של פוסטרים התלויים על לוחות, כאשר מחבריהם זמינים להסברים ומענה על שאלות.



יו"ר הוועדה המארגנת של הכנס, אברהם ברוט.

## הסקירות הלאומיות

הסקירה הלאומית של נציג ארה"ב, שהייתה הגדולה ביותר (כ-250 עמודים), הקיפה כ-100 נושאים שהוגשו על-ידי 57 מעבדות ממשלתיות, אוניברסיטאות ויצרני מטוסים. הנושאים כללו שיטות מתקדמות לביקורת אלה-הרס, ניטור של שלמות המבנה, אימות מצב ביקורת המבנה באמצעות פירוק המבנה לחלקיו, עומסים והשפעות הסיביה. כמו-כן הוצגו תוכניות ניסויי התעייפות של מטוסים שלמים, דוגמת מטוס הקרב החמקן F-35, המטוס לסיור ימי P-8A פוסידון, ומטוס הנוסעים החדש בואינג 787.

נושאים נוספים כללו את הטיפול במבנים מחומרים מרוכבים ובסיסי המידע שלהם, מחקרי השפעת קורוזיה, סטנדרטיזציה של תכונות חומרים מתכתיים, תחזיות וניתוח סיכונים, מחקרים בנושא התפתחות בורזמנית של אזורים מרובי סדקים נרחבים, ועיבוד פחים בשיטת הלם המשטח באמצעות לייזר. נסקרו גם שיטות נוספות לשיפור אורך חיי המבנה, טכנולוגיות תיקון נזקי מבנה על-ידי טלאי מודבק, והטיפול במבנים היברידיים מתקדמים הכוללים שילוב מתכות עם חומרים מרוכבים. הסקירה הגרמנית כללה 31 נושאים, שהוגשו על-ידי 11 יצרני מטוסים, מכוני מחקר, אוניברסיטאות וגם רשויות התעופה האזרחית. בסקירה תוארו ניסויי ההתעייפות של מטוסים שלמים של תאגיד איירבאס, ביניהם ה-A380 הענקי (ניסוי שהסתיים), ה-A350 החדש (בהכנה), ומטוס התובלה הצבאי A400M. כמו-כן הוצגו ניסויי כנייהנסע של המסוק AW189 ומטוס הנוסעים A350. הסקירה

2000 היה אברהם ברוט, שעד לפרישתו לגמלאות עמד שנים רבות בראש מחלקת התעייפות עמד שנים רבות בראש מחלקת התעייפות בתע"א, ומועסק בה עד היום כיועץ חיצוני. עם תום הכנס האחרון, התמנה נציג לאומי ישראלי חדש – ד"ר יובל פריד, המנהל הנוכחי של מחלקת התעייפות בתע"א.

בכנסים של ICAF לא מתמקדים רק במה שהוגדר כהתעייפות מבנים קלאסית, אלא דנים במכלול הנושאים הקרובים: אנליזת התעייפות וגידול סדקים, תיקוני מבנה, שיטות הצדקה לסיבולת נזק (Damage Tolerance), מודלים של אלמנט-סופי, חומרים חדשים, חומרים מרוכבים והיברידיים, ניטור בריאות המבנה, רישוי לפי התקנות האמריקניות והאירופיות, פיתוח ספקטרומים, מעקב נזק בשיטות מבצעיות, מדידות נתונים בטיסה, ניסויי התעייפות (מחלקים קטנים ועד מטוס שלם), שיטות ביקורת אלה-הרס, ניהול אחזקה של ציי מטוסים, ניתוח תאונות מטוסים, טיפולים במטוסים מזדקנים, הגדלת אורך חיים, ניתוח סיכונים, השפעת תנאי סביבה ומניעת קורוזיה.

## מאת אברהם ברוט ועמנואל בלאס

הכנס הדו-שנתי של הוועדה הבינ-לאומית להתעייפות אווירונאוטית ושלמות המבנה (ICAF) התקיים במלון ענבל בירושלים בין ה-3 ל-7 ביוני. השתתפו בו כ-100 אורחים שהגיעו מ-21 מדינות בעולם, וכ-50 אנשי מקצוע ישראליים העוסקים בנושא זה – באקדמיה, בתעשייה, בחיל האוויר וברשות התעופה האזרחית. זו הפעם השנייה שכנס בינלאומי חשוב זה נערך בישראל, 24 שנים לאחר קיומו של הכנס הקודם כאן.

הכנס נערך בחסות המקצועית של האגודה למדעי התעופה והחלל בישראל, שנציגיה עמנואל בלאס ודב סער כיהנו בוועדה המארגנת, שבראשה עמד נציג ישראל ב-ICAF וחבר האגודה – אברהם ברוט. בוועדת המאמרים של הכנס השתתפו נציגים מהאוניברסיטאות בישראל (הטכניון, תל-אביב, בן-גוריון), מהתעשייה האווירית לישראל (תע"א) ומחיל האוויר. הצד הארגוני של הכנס הופקד בידיה האמונות של חברת Paragon ישראל (דן כנסים).

את הכנס פתח פרופ' אנדרס בלום משוודיה, המכהן כמזכ"ל ICAF, אשר סקר בקצרה את ההתפתחויות בפיתוח כלי-טיס בשנתיים האחרונות. אחריו בירך יו"ר הוועדה המארגנת אברהם ברוט, שתיאר בפני האורחים מחו"ל את היקף הפעילות האווירונאוטית במדינת ישראל. אורח הכבוד במושב הפתיחה היה משה ארנס, מי שתרם רבות לפיתוח התעשייה האווירונאוטית בישראל בתפקידיו השונים כפורסור להנדסה אווירונאוטית בטכניון, כמנהל חטיבת ההנדסה בתע"א, וכשר הביטחון. ארנס תיאר בפני משתתפי הכנס את הישגיה של ישראל בחינוך דורות של מהנדסי אווירונאוטיקה וחלל, ואת הישגי התעשייה, שאחד משיאם היה פיתוח מטוס הקרב המתקדם לביא בשנות ה-80.

## הארגון הבינלאומי

ארגון ICAF נוסד בשנת 1951 על-ידי חוקר ההתעייפות ההולנדי ד"ר פרדריק פלאנטמה. מטרתו היא להיות פורום-על להעברת מידע בין חברי הארגון בנושאים הקשורים לכלל האספקטים של שלמות המבנה של כלי-טיס. ב-ICAF חברות 14 מדינות, הכוללות את אוסטרליה, איטליה, ארה"ב, בריטניה, גרמניה, הולנד, יפן, ישראל, פולין, פינלנד, צרפת, קנדה, שוודיה ושוויצריה. לאחרונה ביקשה גם סין להצטרף ל-ICAF.

כלל אחת מהמדינות החברות בארגון נציג לאומי. בהגיע תורה של מדינה חברה לארח את הכנס, נופלת עיקר המעמסה המקצועית על כתפיו של נציג זה. נציג ישראל לארגון מאז שנת

ניסויי התעייפות של הבואינג 787 המבוצע תחת כיפת השמיים במפעלי החברה באוורט, לשיפור ההדמיה.



- בריג'יט בר-עמי ופרופ' זוהר יוסיבש מאוניברסיטת בן-גוריון הציגו מאמר בנושא קריטריון התחלת כשל במבנה תלת-ממדי אלסטי פריד.
- שמואל שנון ופרופ' זוהר יוסיבש מאוניברסיטת בן-גוריון הציגו מאמר המתאר את פונקציות עוצמת המאמצים עבור סדקים מעגליים בתוך אלסטי תלת-ממדי.
- אייל עמית ופרופ' דן גבעולי מהטכניון, יחד עם פרופ' אלי טורקל מאוניברסיטת תל-אביב, הציגו שיטה חדשנית לזיהוי סדקים תוך שימוש בשיטת היפוך הזמן.
- כרמל מטיאס ואקטרינה קצב מהתע"א הציגו מחקר על שימוש במודל השהייה מטיפוס Strip Yield לניבוי הגידול בנזקי התעייפות בהשפעת ספקטרום עומסים טיפוסים למטוס.
- פרופ' יוניגובסקי, א' גרינברג וא' מ' גוטמן מאוניברסיטת בן-גוריון הציגו מאמר העוסק בתופעת התעייפות תחת מאמצים גבוהים ומיעוט מחזורים של חומרים קלי משקל לשימושים תעופתיים.
- ד"ר יובל פריד וד"ר יעל בוימוביץ מהתע"א הציגו מאמר העוסק במתודולוגיה של האצת ניסויים עבור חומרים מרוכבים השרויים באווירה ימית.
- שלי קדם, מוטי בר-נון, בני גלם ונועם שמש מחיל האוויר הציגו מאמר העוסק בתיקון חירום של מנור לתדלוק אווירי.

**תערוכה מקצועית וסיוור בתעשייה**

בצמוד לכנס התקיימה במלון ענבל גם תערוכה מקצועית, בה נטלו חלק מספר חברות ישראליות וזרות, העוסקות בתחומים הנוגעים לכנס. בין המציגות נכללו חברת FTI מארה"ב, המובילה בתחום מניעת נזקי התעייפות על-ידי שימוש בתהליכים מיוחדים (עיבוד בקור); חברת nCode העוסקת בפיתוח תוכנות לאנליזות התעייפות ומכניקת השרב; חברת Vishay M-M, המובילה בתחומי אנליזת מאמצים ניסויית (מדידי עיבור ופוטור-אלסטיות); והתע"א שהציגה את יכולותיה בתחומי פיתוח וניסויי מבנים של כלי-טיס מחומרים מתכתיים, מרוכבים והיברידיים. למשתתפי הכנס נערך סיוור בתע"א, בו הוצגו להם קו הייצור של ה-G280, ניסוי התעייפות של המטוס השלם, וכתב-מים המיוצרים במפעל מלט. □

הוא אמור לצאת מהשירות. המתודולוגיה הזאת מחייבת את היצרן לקבוע נקודת התחלה לביקורות, להגדיר נקודות לבצוע שינויי/תיקוני מבנה, ולהחליט על מרווחי ביקורת מיוחדים באזורים הרגישים לתופעה.

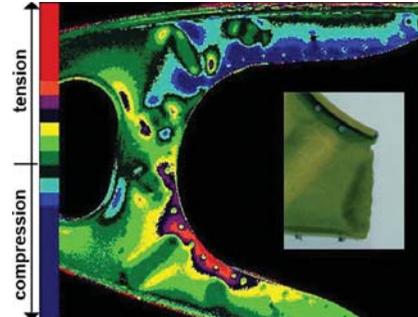
ניקולאס טורל מחברת איירבאס בטולוז הדגים איך חברת התמוודה עם בעיה זו במטוסי A300 ו-A320. השיטה כלה ביצוע ניסויי התעייפות מלאים על מכלולים של מטוסי A320 ו-A321. הניסויים הוכיחו את שלמות הדגמים מעבר לפי 3 מכמות הטיסות שנקבעו לגבול התוקף. ניסויים אלה הכתיבו אחר כך את קביעת מרווחי הביקורת ושינויי המבנה. אלברט וונג ממרכז ההנדסה והניסויים של משרד הביטחון האוסטרלי הציג שיטה ניסויית למדידת עיבורים/מאמצים, המבוססת על אנליזה תרמו-אלסטית. בעזרת טכנולוגיה זו מתקבלת הדמיה של שדה המאמצים השלם בחלק הנבדק – מעין מפה צבעונית של שדה המאמצים. השיטה מתבססת על צילום וחיפוש תת-אדום הרושם את שינויי הטמפרטורה הזעירים הנוצרים במבנה המועמס. בשיטה זו נעשה שימוש לאימות תוצאות מודלים של אלמנט סופי, וניתן לפתור בעזרתה גם את שדה המאמצים במגוון חלקים מתכתיים.

**הרצאות ישראליות**

בסימפוזיון הוצגו שמונה הרצאות של אנשי מקצוע ישראלים ממוסדות שונים:

- עידו קרל מהתע"א ופרופ' משה טור מאוניברסיטת תל-אביב הציגו מאמר מעניין העוסק בשימוש בטכנולוגיית מדידה עם סיבים אופטיים לבקרת שלמות המבנה של כטב"ם.

אנליזה ומדידת מאמצים על שפת התקפה (וונג).



ניסוי התעייפות שמבוצע במעבדות ניסויי קרקע בתע"א על מטוס המנהלים הסילוני G280.



כללה תיאור ניסויי התעייפות וסיבולת נזק של מבנה העשוי מהחומר ההיברידי Glare, ניסוי התעייפות אקוסטית (השפעת רעש על עמידות המבנה), פיתוחים של שיטות הבטחת ושיפור אורך חיי המבנה כולל שימוש בהלמי לייזר, והתפתחויות בתחום ניסויי אל-הרס.

נושא שעורר עניין רב היה השימוש במדפסת תלת-ממד לייצור חלקים תעופתיים, והתייחסות לתכונות ההתעייפות של החומרים שבשימוש. יש לציין, כי כיום מתבצע כבר ייצור סדרתי של מחברי טיטניום בגודל ביווני לשימושים תעופתיים בשיטה זו.

הסקירה הישראלית הוכנה במשותף על-ידי אברהם ברוט וד"ר יובל פריד, והוצגה במליאה על-ידי אברהם ברוט. נכללו בה 23 נושאים שהוגשו על-ידי התע"א, חיל האוויר, רפאל, הטכניון ואוניברסיטאות תל-אביב ובן-גוריון. בין הנושאים שהוצגו היה תיאור ניסוי התעייפות של מטוס המנהלים החדשי G280 מתוצרת התע"א, המתבצע בעצם הימים האלה וכבר סיים 1.5 מתוך שני אורכי החיים המתוכננים; הערכת גורמי חומרה של התעייפות F-16 מסדרת ייצור של בלוק 10; מעקב של רמת השמישות ואיתנות המבנה של זנב מטוסק מתיישן; והצגת שיטת גרירה חדשנית של מטוסים באמצעות הרכב הרובוטי Taxibot שפותח במפעל להב של התע"א (לשיטה הזאת יש השפעה והשלכות על העמידות בהתעייפות של כ"הנסע הקדמי, שיש להצדיק).

**עיקרי הסימפוזיון**

שלושת הימים האחרונים של הכנס הוקדשו, כאמור, להצגת 72 מאמרים, אשר פורסמו בשני כרכים עבי-כרס בני 1,100 עמודים.

היום הראשון של הסימפוזיון נפתח בהרצאה המרכזית לזכרו של ד"ר פרדריק פלאנטמה, המייסד של ICAF. הכבוד והזכות לשאת הרצאה זו ניתנים בדרך כלל למדען בכיר, בעל שם בתחום על מפעל חיים. הפעם נבחר ג'יימס ראד (Rudd) מארה"ב, אשר שירת שנים רבות במערך האחזקה של חיל האוויר האמריקני והיה אחראי לכשירות המבצעית בתחומי שלמות המבנה. ראד הרצה על בניית מודל דיגיטלי של מבנה המטוס והיסטוריית הטיסה שלו, כדי שניתן יהיה לנטר את מצב המבנה ולהבטיח את כשירות הטיסה שלו. מדובר בגישה מתקדמת של מעקב בזמן אמת אחרי נזקי המבנה והסדקים המתפתחים ברמת המטוס הבודד בצי המטוסים הצבאיים. השיטה כוללת בניית מודל דיגיטלי של המבנה, אליו מוזרמים כל אירועי הנזק הרלבנטיים מעברו. כתוצאה מכך מתקבל מודל הסתברותי המאפשר לתכנן ביעילות את תחזוקת המבנה על סמך מצבו הייחודי של כל מטוס, ולא כחלק מצי גדול עם מדיניות תחזוקה אחידה.

התופעה של קבלת אזורים מרובים של נזקי התעייפות ב-זמנית מהווה איום משמעותי על התופעה האזרחית. תופעה זו נדונה בשני מאמרים.

ד"ר פטריק ספאראן מרשות התעופה הפדראלית בארה"ב הציג את המתודולוגיה המומלצת על-ידי ה-FAA. היצרנים נדרשים כיום להוכיח ולאמת בניסויים שבמבנה המטוס יהיה חסין לתופעה זו עד למספר טיסות המוגדרות על-ידי היצרן כגבול התוקף. בהגיע המטוס למספר הטיסות שהוגדר כגבול התוקף,