

# דוח חקירה בטיחותית סופי (דוח בדיקה)

תיק תקרית מס' 125-18

- התקלפות צמיג גלגל ראשי בהמראה -

3.12.2018

בתאריך

הוקר 800

כלי הטיס

4X-CUZ

סימן רישום

נתב"ג

מקום האירוע

לצורכי בטיחות בלבד

## הדין ביחס החקירה הבטיחותית ותוצריה

(מחוק הטיס, התשע"א-2011 ומנספח 13 לאמנת התעופה)

**חקירה בטיחותית** - חקירה של אירוע בטיחותי לפי פרק זה היא הליך הכולל איסוף מידע וניתוחו, הסקת מסקנות, לרבות קביעת הסיבות לאירוע הבטיחותי או הגורמים שתרמו להתרחשותו, ומתן המלצות הנוגעות לעניין לצורך שיפור בטיחות התעופה, ככל שלדעת החוקר הראשי יש בכך צורך. (סעיף 104 לחוק).

**מטרת חקירה בטיחותית** - מטרתה הבלעדית של חקירה בטיחותית היא מניעת אירועים בטיחותיים, ואין תכליתה ייחוס אחריות אזרחית, פלילית או משמעתית לאירועים כאמור. (סעיף 105 לחוק).

**תפקידי החוקר הראשי** - החוקר הראשי יהיה ממונה על ביצוע חקירות בטיחותיות לפי הוראות פרק זה. במילוי תפקידיו יפעל החוקר הראשי בהתאם להוראות נספח 13 לאמנה, ככל שהן ישימות בישראל, למעט הוראות כאמור שלגביהן הודיע המנהל לארגון התעופה הבין-לאומי, לפי הוראות סעיף 4(ב) לחוק רשות התעופה האזרחית, כי ישראל פועלת באופן שונה. (סעיף 108 לחוק).

**אי-תלות** - בביצוע חקירה בטיחותית לפי פרק זה אין מרות על החוקר הראשי ועל ממלא מקומו, זולת מרותו של הדין; הוראות סעיף זה יחולו גם על חוקר שהוסמך לפי סעיף 115, בכפוף להוראות סעיף קטן (ג) של הסעיף האמור. (סעיף 109 לחוק).

**פרסום הדוח הסופי** - החוקר הראשי יפרסם את הדוח הסופי באתר האינטרנט של משרד החוקר הראשי וכן יעמיד את הדוח לעיון הציבור, ללא תשלום, במשרד התחבורה והבטיחות בדרכים, ובלבד שלא יפרסם את הדוח או חלק ממנו ולא יעמידו לעיון הציבור כאמור, אם יש בכך כדי לפגוע בבטיחות המדינה או ביחסי החוץ שלה. (סעיף 119 לחוק).

**המלצות החוקר הראשי** - המנהל וכל מי שהחוקר הראשי כלל לגביו המלצות בדוח הסופי יבחן את ההמלצות כאמור הנוגעות אליו, יחליט באשר ליישומן ויודיע על החלטתו המנומקת בכתב לחוקר הראשי; המנהל יעביר את החלטתו המנומקת כאמור גם לשר. (סעיף 122 לחוק).

**אי-קבילות הדוח הסופי** - הדוח הסופי לא יתקבל כראיה במשפט, למעט בערר לפי סעיף 39, בעתירה מנהלית או בערעור מנהלי על החלטות לפי חוק זה, לפי חוק בתי משפט לעניינים מנהליים, התש"ס-2000, ולא ישמש בהליך שנוקט מעביד כלפי עובדו. (סעיף 124 לחוק).

**חיסיון ואי-קבילות של חומר חקירה בטיחותית** - חומר חקירה בטיחותית לא יימסר ולא יתקבל כראיה במשפט ולא ישמש בהליך משמעותי, בהליך מנהלי או בהליך שנוקט מעביד כלפי עובדו. (סעיף 123 לחוק).

- ☒ "Also, discuss and analyze any issue that came to light during the investigation which was identified as a safety deficiency, although such issue may not have contributed to the accidents".
- ☒ The investigation may also reveal other hazards of deficiencies within the aviation system not directly connected with the causes of the accident".
- ☒ "When drafting the Final Report, the writer should not assume that everyone who reads the report is familiar with the technical detail".
- ☒ "The writer's responsibility is to present the reader with a word picture of the accident and the investigation. The writer should assume that the reader is intelligent but uninformed and will analyze the facts presented in order to test the conclusion of the Final Report".
- ☒ "If the Final Report must delve into complicated areas such as aerodynamics, metallurgy, and the operation of aircraft systems, the subject should be explained in a way that it is easy to understand".

(ICAO / ANNEX 13 / DOC. 9756 / PART I & IV)

**הדוח הועבר לפרסום עפ"י סעיף 119 לחוק הטיס, התשע"א – 2011.**

## דוח חקירה בטיחותית סופי (דוח בדיקה)

### תיק תקרית מס' 18-125

#### תקציר האירוע

ביום שני, בתאריך 3.12.2018, סביב השעה 12:45, מטוס מסוג הוקר 800 עם שלושה טייסים, דיילת ושלושה נוסעים, המריא מנתב"ג לטביליסי שבגאורגיה. מיד לאחר ההמראה, לחץ השמן במנוע שמאל ירד באופן משמעותי והטייסים החליטו לחזור לנחיתה. בבדיקת המנוע נמצא מכסה מכל השמן פתוח ותלוי על שרשרת האבטחה. סביב השעה 14:20, לאחר הוספת שמן ובדיקת המנוע ולאחר שהתקבל אישור מהחוקר הראשי, המטוס המריא שנית ליעדו.

במהלך ההמראה, המערכת לגילוי עצמים זרים על המסלול בנתב"ג, זיהתה חמישה גופים זרים שנפלו מהמטוס ונמצאו בהמשך, כחלקי צמיג שנאספו ע"י אנשי מרכז המבצעים של השדה.

המגדל דיווח לצוות המטוס על הממצאים, והטייס החליט לחזור לנחיתה בנתב"ג, שם הוכרז "חירום 2". לאחר שביצע יעף מול ומעל המגדל וקיבל אישור, המטוס נחת בהצלחה, סביב השעה 16:10, על מסלול 30.

בבדיקת המטוס, גלגל מספר 2, פנימי בכך הנסע הראשי השמאלי, נמצא עם צמיג פגוע, ללא לחץ אוויר.

האירוע דווח מידית לחוקר הראשי ע"י הקברניט והוא פתח בחקירת נסיבות התקרית.



המטוס נשוא התקרית

## 1. מידע עובדתי

### 1.1 ההיסטוריה של האירוע

#### הטיסה הראשונה

ביום שני, בתאריך 3.12.2018, בשעות הבוקר המאוחרות, צוות מטוס HAWKER, הכולל קברניט, קצין ראשון, טייס משקיף ודיילת, ושלושה נוסעים, הגיעו לטיסה מסחרית לטביליסי שבגאורגיה.

הצוות הכין את המטוס לטיסה והטכנאים ביצעו את הבדיקות.

בבדיקת לחץ האוויר בגלגלים, נמצאו לחצים תקינים: 135psi בארבעת הגלגלים הראשיים ו - 100 psi בשני גלגלי כן הנסע הקדמי. בבדיקת מפלס השמן במנועים, הצביעה על חוסר שמן והטכנאים הוסיפו חצי ליטר שמן בכל מנוע ולאחר מכן חתמו על הניירת ושיחררו את המטוס לטיסה.

לאחר ההתנעה ובדיקת המנועים, הצוות הסיע למסלול 26 ובשעה 12:44 המטוס התיישר והמריא. סביב 10 דקות לאחר המראה, מחוג מחוון לחץ שמן, של מנוע שמאל, החל לרצד ולאחר כשתי דקות נוספות החל "לזחול" לכיוון הטווח הצהוב והאדום. הקברניט החליט לחזור לנחיתה בנתב"ג ודיווח על אופי התקלה. בעת שהמטוס היה בתהליך יירוט ה - LOCALIZER למסלול 12, לחץ השמן ירד לערך שסביב PSI 30. הקרוב לתחום האדום, והקברניט כיבה את מנוע שמאל והכריז חירום.

בשעה 12:55 בוצעה נחיתה זהירה, שטוחה וחלקה על מסלול 12, כאשר הבלימה בוצעה באמצעות "רברסים" (שניהם עובדים בעזרת מצבר לחץ גם כאשר מנוע/מנועים לא פועלים) ו - LIFT DUMP (\*), ללא שימוש בבלמים. לקראת סוף המסלול, הקברניט פתח מנוע להמשך הסעה, פינה ב - L והסיע אחרי רכב ה - FOLLOW ME לעמדת החנייה. הודעה ראשונית נשלחה למפקחי החברה והחוקר הראשי דווח טלפונית.

בבדיקת ראייה חיצונית, הצוות הבחין בסימני שמן על מנוע שמאל ולאחר פתיחת מכסה המנוע, נמצא שכל החלק התחתון של ה - COWLING מוצף בשמן, מכל השמן היה פתוח ומכסה המכל תלוי על שרשרת האבטחה. בבדיקת מפלס השמן במנוע, נמצא חוסר משמעותי בכמות השמן אשר גרמה לירידת לחץ השמן במנוע - מפקח החברה והחוקר הראשי עודכנו בממצאים.

LIFT DUMP (\*) – שיטה הקיימת במטוסים דוגמת הוקר ופרמייר, שמגדילה משמעותית את יכולת הבלימה על ידי הגדלת זוויות מעצורי האוויר והמדפים, מעבר למצבם המקסימלי בזמן טיסה.

הצוות פתח תקלה בספר המטוס, בה צוין שמכסה השמן לא היה במקומו, הוסיף 4.5 ליטר שמן וסגר את מכסה המכל.

בבדיקת המנוע, שבוצעה בהמשך, לא זוהתה נזילת שמן ולחץ שמן נמצא תקין. החוקר הראשי עודכן בממצאים ובפעולות המתקנות שבוצעו והוא שחרר את המטוס מצרכי חקירה.

## הטיסה השנייה

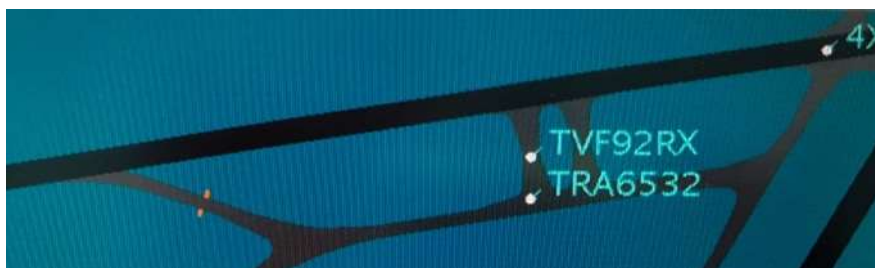
בשעה 14:20, לאחר שעה ועשרים וחמש דקות ממועד הנחיתה הראשונה, המטוס המריא על מסלול 26 לטיסה השנייה (טיסת האירוע). בעת שהמטוס היה סביב 850 מטר מתחילת המסלול, מערכת Xsight, לגילוי עצמים זרים על המסלול, זיהתה מספר גופים זרים שהתפזרו על המסלול. רכב התיאום שנשלח למקום מצא ואסף חלקי צמיג שהתפרקו מהמטוס שהמריא. יצוין, עפ"יכי לתחושת צוות המטוס, ההמראה הייתה רגילה, כולל קיפול גלגלים סטנדרטי.

לאחר כרבע שעה טיסה, הבקר ביקש מצוות המטוס ליצור קשר עם מגדל נתב"ג, שדיווח להם על חמישה חלקי צמיג שנמצאו על המסלול לאחר המראתם. לשאלת הקברניט, הפקח ענה שחלקי הצמיג שנמצאו הם בגודל כף יד ומתאימים למטוס קטן. הקברניט החליט לחזור לנחיתה וביקש אישור להנמיך ולבצע המתנה ע"מ לשרוף דלק. בתום 40 דקות המתנה, בנקודה PIKOG, המטוס חזר לנחיתה ולבקשת הקברניט, הוא עבר מול ומעל המגדל, לבדיקה ויזואלית של הגלגלים ע"י הפקחים.

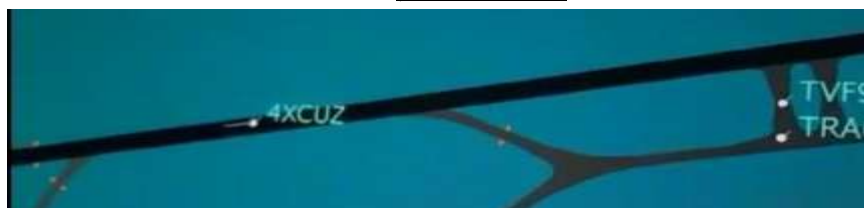
לאחר שהמגדל דיווח שבמשקפת לא נראה דבר חריג בגלגלי המטוס, הקברניט טיפס לגובה 4,000 רגל והצטרף להנמכת SOSOT, בראיה, לנחיתה על מסלול 30. הנחיתה בוצעה, בשעה 16:05, במהירות המינימלית האפשרית, ללא שימוש בבלמים. לתחושת הצוות, ריצת הנחיתה הייתה בתחילתה חלקה ולאחר מרחק שסביב מאה עד מאה וחמישים מטר מהנגיעה, הייתה הרגשה של ריצה על צמיג מקולף. לאחר הנחיתה בוטל מצב חירום 2 עליו הוכרז קודם לכן.

## הקלטת המכ"מ הקרקעי בנתב"ג ע"י מערכת A-smgcs

### תחילת ריצת ההמראה - למול קושרת E



אזור הניתוק



הקברניט עצר קרוב ל-R, פינה את המסלול בהסעה ולאחר בדיקת המטוס המשיך להסיע לרחבת ה-V. בבדיקה ראשונית של המטוס נמצא, כי שצמיג מס' 2 ניזוק, הדופן הפנימית שקעה לתוך הצמיג ולמעלה מחצי היקפו החיצוני, הצמיג מקולף.

בבדיקת מסלול 30 לאחר הנחיתה, נמצא חלק צמיג נוסף וקטן אשר התפרק בריצת הנחיתה והוא הועבר למרכז המבצעים של השדה.  
קברניט המטוס, המשמש גם כמנכ"ל המפעיל, דיווח לחוקר הראשי על האירוע וסוכם תחילה, כי יגיש "דוח מפעיל". בהמשך ולאור הממצאים הראשוניים ואירועים קודמים בשדה, החוקר החליט לבצע את בדיקת האירוע, בדגש להיבטים הטכניים.

## 1.2 המעורבים

### הקברניט

- גיל - 62.
- בעל רישיון טכבכ"ט עם הגדר על המטוס.
- ניסיון טיסה כולל - סביב 35,000 שעות טיסה.
- ניסיון על המטוס נשוא האירוע - סביב 7,000 שעות.
- מבחן רמה אחרון - 12.10.2018, בתוקף עד 12.10.2019.
- תעודה רפואית - בתוקף, מתאריך 7.10.2018.
- הגדרים - ALTP קבוצה א', ב, ג', ד', אווירון, חקלאי, מכשירים ואז"מ קבוצה א', מדריך ובוחן על כלי טיס.

### הקצין ראשון

- גיל - 37.
- בעל רישיון טכבכ"ט עם הגדר על המטוס.
- ניסיון טיסה כולל - סביב 3,100 שעות.
- ניסיון טיסה על המטוס נשוא האירוע – סביב 400 שעות.
- מבחן רמה אחרון - 7.12.2018, בתוקף עד 16.11.2019.
- הגדרים - ALTP קבוצה א', ב, ג', חד מנועי, דו מנועי, סילון ומכשירים.
- תעודה רפואית - בתוקף, עד תאריך 7.9.2019.

## 1.3 כלי הטיס

- סוג - Hawker 800XP.
- שנת יצור - 2001.
- שעות טיסה - 6,482.
- נחיתות - 4,689.
- בדיקת DI אחרונה - שתי בדיקות בוצעו ביום האירוע, אחת לפני כל טיסה.

## 1.4 נתוני מז"א

- ראות - טובה, מעל 10 ק"מ.
- רוח - מכיוון 250, בעוצמה של 10 קשרים.
- טמפרטורה - 23 מעלות צלזיוס.

## 1.5 כשל צמיגים אחרים בחברה

סמוך לאירוע הנחקר, מספר שבועות לפני האירוע ומספר שבועות לאחריו, אירעו שני כשלי צמיגים (Goodyear) במטוס שאפשר שמלמדים על בעיה משותפת. הצמיג שכשל באירוע היה חדש והוא עבר 15 נחיתות בלבד.

✓ בתאריך 14.11.2018 הוחלף צמיג בגלגל 2, קרי הצמיג נשוא האירוע הנחקר, עקב דליפת אוויר. הצמיג לא נחקר ולכן לא ידועה סיבת הדליפה.

✓ בתאריך 28.12.2018, המטוס נחת בנתב"ג לאחר טיסה מעמאן ואז התברר שצמיג גלגל מס' 2 פסול, עקב הופעת "בועה" בכתף המדרס - מצביע על תחילת הפרדה פנימית של השכבות.

מדובר בצמיג חדש שהיה מורכב על גלגל מס' 2, אשר עבר 10 נחיתות בלבד.



"בועה"



## 1.6 נתונים וממצאים ראשוניים של הגלגל שכשל

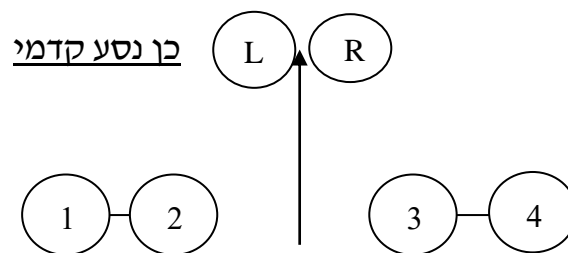


### הגלגל שכשל

בכך נסע ראשי שמאל, ניזוקו הצמיג ונתיכי האוגן של הגלגל הפנימי, גלגל מספר 2.

### ☒ הצמיג

- ✓ יצרן - GOODYEAR.
- ✓ מק"ט - 237K23-2.
- ✓ מספר סידורי - 60742453.
- ✓ מיקום במטוס - גלגל מספר 2.



### כך נסע שמאל

### כך נסע ימין

- ✓ סוג - Tubeless, בגודל 12-7.00 × 23 אינץ'.
- ✓ חוזק - שכבות הבד (PR-PLY Rating) של הצמיג 210 MPH-PR-12.
- ✓ מספר נחיתות - סה"כ 15 (34.8 שעות שימוש).



✓ הנזק - מדרס הצמיג התקלף, דופן הצמיג נגזרה מהצמיג באזור הכתף, במלוא היקפה.



דופן הצמיג שנגזרה במלוא היקפה

#### ☒ האוגן

✓ יצרן - DUNLOP.

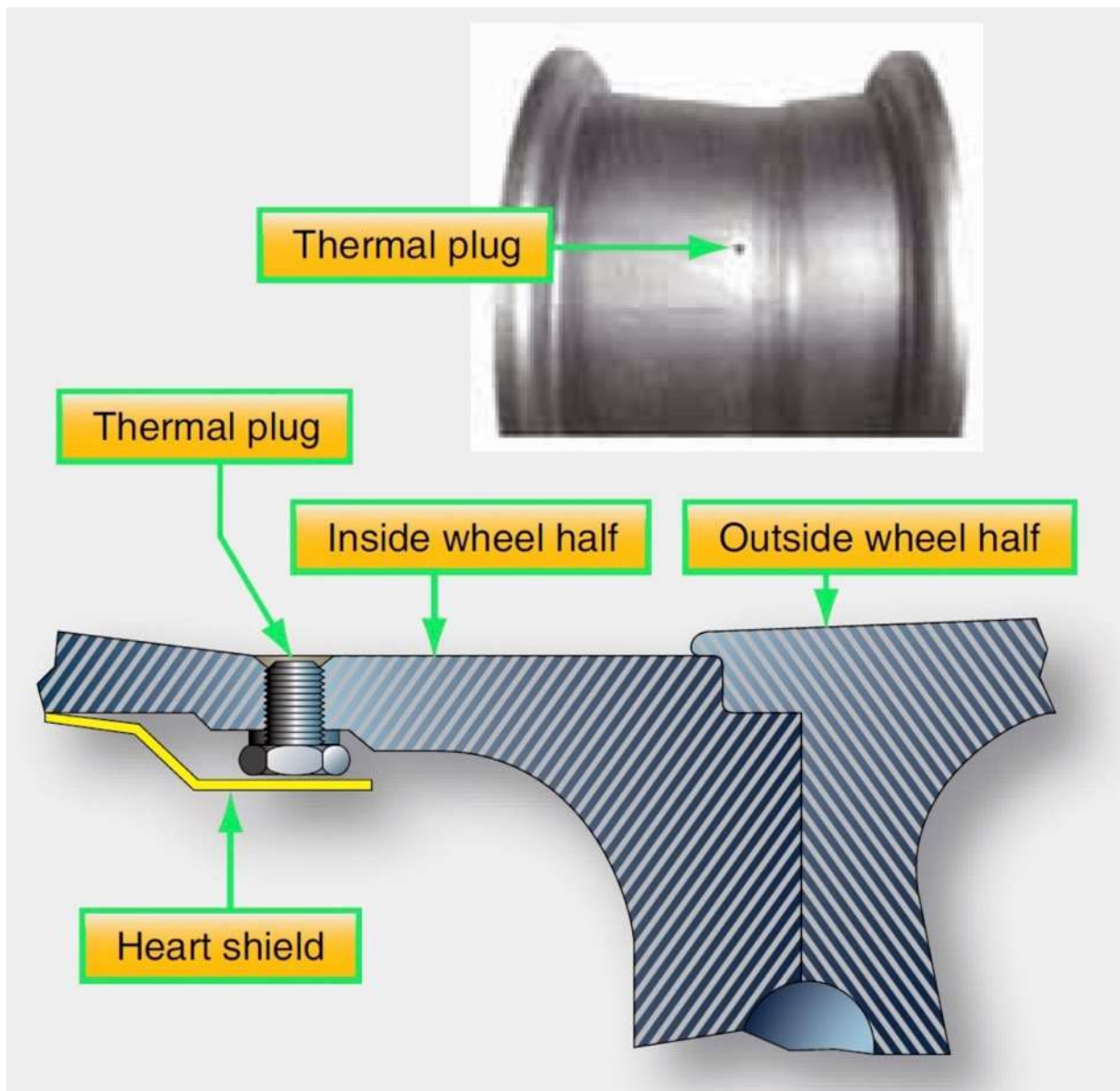
✓ נתיכים טרמיים

❖ בחצי האוגן הפנימי מורכבים שלושה נתיכים שבבסיסם אטם.

❖ לאחר פירוק האוגן נמצא כדלקמן:

- נתיך אחד הותך ולא נמצא. נתיך אחד הותך בחלקו.
- נתיך אחד נותר שלם, אך זה ממקומו.
- כתפי האוגן לא ניזוקו ונמצאו ללא סימני שפשוף.

נתיכים טרמיים לצמיגים ללא פנימית במטוסים, Tubeless, נועדו למנוע פיצוץ אלים של צמיג, עקב הגעה לטמפרטורות גבוהות וערכי לחץ גבוהים. בדרך כלל 3-4 נתיכים טרמיים מותקנים באוגן הפנימי, ומונעים התפוצצות הצמיגים בעיקר עקב בלמים חמים. הנתיכים מתוכננים לשחרר לחלוטין את הלחץ ולמנוע פיצוץ צמיג, על ידי כך שהם ניתכים, בטמפרטורות של 177 עד 199 מעלות צלסיוס, בהתאם לדגם הנתיך.

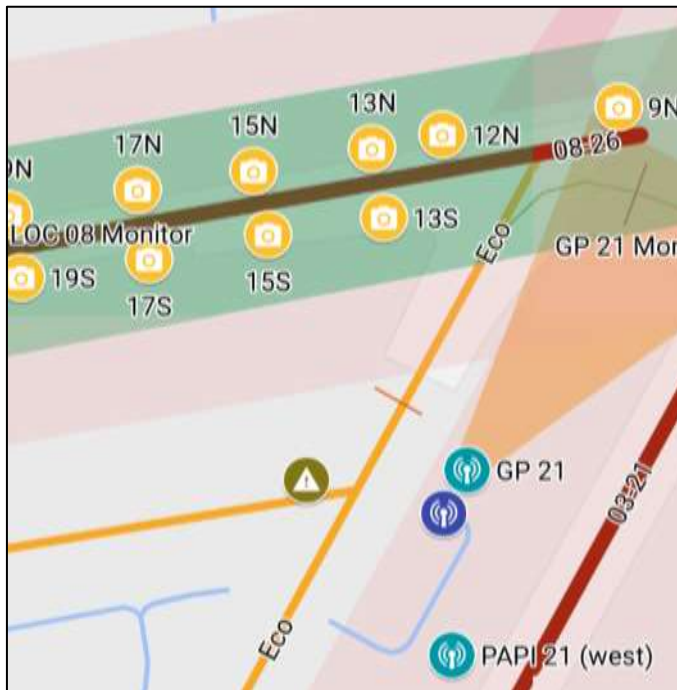


האוגן שנמצא ללא נזק או שפשוף לכתפיו

☒ כן הנסע והמעצור - נבדקו ונמצאו תקינים ללא נזק.

## 1.7 ממצאי מערכת XSIGHT

מערכת FODETECT של חברת XSIGHT SYSTEMS לאיתור עצמים זרים, מותקנת במסלול 08/26 בנתב"ג, שהוא מסלול ההמראות הראשי, והיא מתריעה על נוכחות ציפורים ועצמים זרים. מערכת FODETECT היא אוטומטית ומזהה, מגלה ומתריעה, מפני עצמים זרים המונחים על המסלולים בנמל התעופה. חיישנים אלקטרוניים – אופטיים וציוד מכ"ם, מותקנים לאורך המסלולים במרחק של 50 מטר אחד מהשני, סורקים ללא הרף את המסלולים לכל אורכם ותוך 60 שניות מגלים כל עצם זר, אפילו ברגים קטנים, מגודל מינימלי ומעלה. כל יחידת גילוי סורקת קטע של המסלול, ללא הרף, כשהיא משתמשת בציוד מכ"ם, סנסורים וטכנולוגיה לעיבוד תמונה. כאשר מתגלים על המסלול בעלי חיים או עצמים זרים, נשלחת התראה אודיו-ויזואלית למפעיל בחדר הבקרה, המראה לו צילום וידאו של העצם ומסמנת את מיקומו המדויק וזהותו של העצם. כדי לא להעסיק את מרכז השליטה בנתב"ג בהתראות שווא רבות, נקבע גודל מינימלי של חפץ, המתאים לדרישות FAA, בגינו מתקבלת התראה, גודל מינימלי זה נקרא "סף איום הייחוס". בעת ההמראה השנייה בתקרית הנחקרת, התקבלו חמש התראות על חפצים זרים על מסלול 26, בגודל של  $55 \text{ CM}^2$  רדאר ושל



110-130 dB כדלקמן:

✓ שלש התראות התקבלו

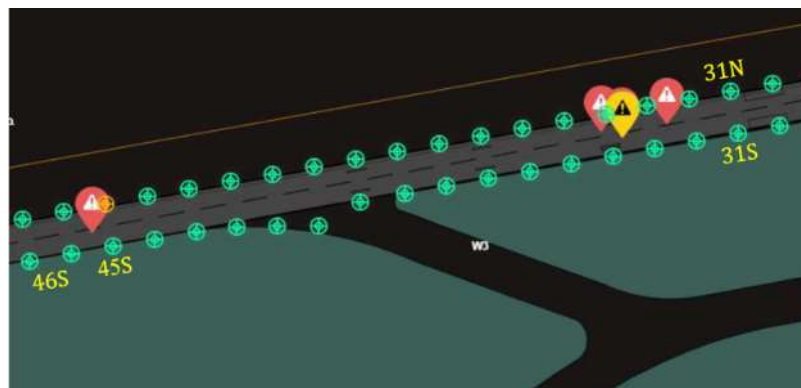
בשעה 14:20.

✓ שתי התראות התקבלו

בשעה 14:21.

חלקי הצמיג שהתגלו, נאספו מהמסלול בתוך חמש דקות ובשעה 14:36 נסגרה ההתראה האחרונה, לאחר איסוף החלק האחרון.

לא היו התראות נוספות, אשר עברו את סף איום הייחוס.



**התראת המערכת באירוע הנוכחי על עצמים זרים בתחום המצוין**

## 2. ניתוח

קדמה לתקרית הצמיג, נחיתת חירום של אותו המטוס, עקב ירידת לחץ שמן באחד המנועים, שהגורם לה נמצא מיד לאחר הנחיתה, כמכסה מכל השמן שהושאר פתוח. החוקר הראשי לא מצא קשר מהותי בין האירועים, ולא מצא לנכון לחקור את האירוע הראשון, והוא החליט לבדוק רק את האירוע השני, של נחיתת חירום עקב חשד שהתממש, להתפרקות אחד הצמיגים במהלך ההמראה.

צוות החקירה נעזר בשלב הראשון בנתונים הבאים:

✓ דיווח של אנשי צוות המטוס, על לחץ אוויר תקין שנבדק ונמצא בכל הצמיגים לפני שתי הטיסות.

✓ התפרקות צמיג מספר 2 שזוהתה ע"י מערכת Xsight בעת ההמראה לטיסה השנייה.

✓ ממצאי הנזק העיקרי לצמיג לאחר פריצת נתיך האוגן, שנמצאו לאחר הנחיתה.

נתונים אלו, הצביעו, בסבירות גבוהה, על כשל בגלגל / בצמיג, ולפיכך צוות החקירה החליט לא לעסוק בהיבט התפקודי של הצוות, אלא להתמקד בבדיקת הגורמים לכשלים בצמיג ובגלגל, בין השאר עקב ההשלכות שיש למצבי החירום המוכרזים באירועים אלו על תפקוד השדה. לצורך כך, הצמיג וחלקיו שנמצאו על המסלול, כולל האוגן, הועברו לבדיקות במעבדות, כדי לזהות ממצאים אפשריים שישפכו אור על גורמי הכשלים ומועדיהם.

### 2.1 סיבות אופייניות לכשל צמיגים

ניסיון העבר מלמד שכשל צמיג עלול להיגרם כתוצאה מגורמים שונים או משילוב של כמה גורמים, כדלקמן:

#### חוס גבוה של הצמיג

☒ לחץ אוויר נמוך מהנדרש, גורם להתחממות הגלגל - סיבה עיקרית.

☒ עומס (משקל) גבוה מהמתוכנן - נותן אותה תוצאה.

☒ הסעות ארוכות מאד ובחום - מחלישה את עמידות "הכתפיים".

☒ נזק מקומי בגלגל או ברצועות - נזק המערער את המסבך החזק.

#### חוסר התאמה בין שני גלגלים המצויים על אותו ציר

☒ הפרש לחץ אוויר גדול בין שני הגלגלים (מעל 10 psi).

☒ גילאי צמיגים שונה וכתוצאה מכך קטרים שונים.

☒ קוטר צמיגים שונה כתוצאה מסוג הצמיג ואופן הייצור, כמו: כמות גומי.

#### נזק מכני לצמיג

☒ פגיעות של עצמים זרים בגלגל.

☒ תקרים, חורים, חדירות וכדומה.

☒ אחסנה ארוכה בתנאים לא מתאימים.

### נזק פנימי (בשכבת הגומי הפנימית)

- ☒ טמפרטורה בזמן עצירה הינה גבוהה מאד ופוגעת קודם כל בתוך הגלגל.
- ☒ הפעלת כוחות בהובלה, בהרכבה ובאחזקה השוטפת.
- ☒ פגמים בייצור הגורמים להפרדת שכבות הצמיג - אופייני לצמיגים חדשים עד סביב 40 נחיתות ראשונות.

### סדקים באוגנים

- ☒ התעייפות חומר.
- ☒ טיפול טרמי לא נכון.
- ☒ שיתוך בין גבישי (קורוזיה).
- ☒ פגם בייצור (יציקה).
- ☒ פגם בנתיכים.

### כשל צמיג עקב לחץ אוויר נמוך

הוכח ללא צל של ספק, שהקפדה על לחץ צמיגים נכון, קריטית בתחזוקה של צמיגי מטוסים. ניסיון העבר מלמד, שלחץ אוויר חסר בצמיגים, היווה את גורם השורש לשרשרת האירועים שהובילה לתקריות ותאונות רבות. יודגש, כי הנחיית יצרן הצמיגים GOODYEAR, היא לבדוק לחץ אוויר בצמיגים בבדיקה יומית של המטוס. לפיכך הושקעה מחשבה רבה כיצד לוודא שלחץ הצמיגים, שעשוי לרדת בתחום המותר עד 5% ביממה, נכון לפני כל יציאה לטיסה.

פותח מד לחץ אוויר אמין, אשר מוברג אל האוגן ומשמש גם כשסתום ניפוח וגם כמד לחץ אוויר ומאפשר למכונאים ולטייסים, לקבל בבדיקה ויזואלית מיידית, נתון מדויק ואמין של לחץ האוויר בכל צמיג בבדיקת המטוס לפני כל טיסה.



### דוגמת מד לחץ אוויר קבוע המשמש כשסתום מילוי

יצוין, כי בדוחות רבים החוקר הראשי המליץ למפעילים להתקין מדי לחץ כאלה על כל גלגל על מנת להקל על קריאת לחצי האוויר בגלגלים, לפני כל טיסה. מפעילים שהתקינו מדי לחץ כאלה דיווחו על שיפור והפחתת שיעור ההופעה של התופעה.



## 2.2 בדיקת מעבדה של הצמיג שכשל והאוגן

### 2.2.1 בדיקת הצמיג

הצמיג וחלקיו נשלחו לבדיקת מעבדה בחברת "תגל" ולהלן הממצאים והמסקנות:

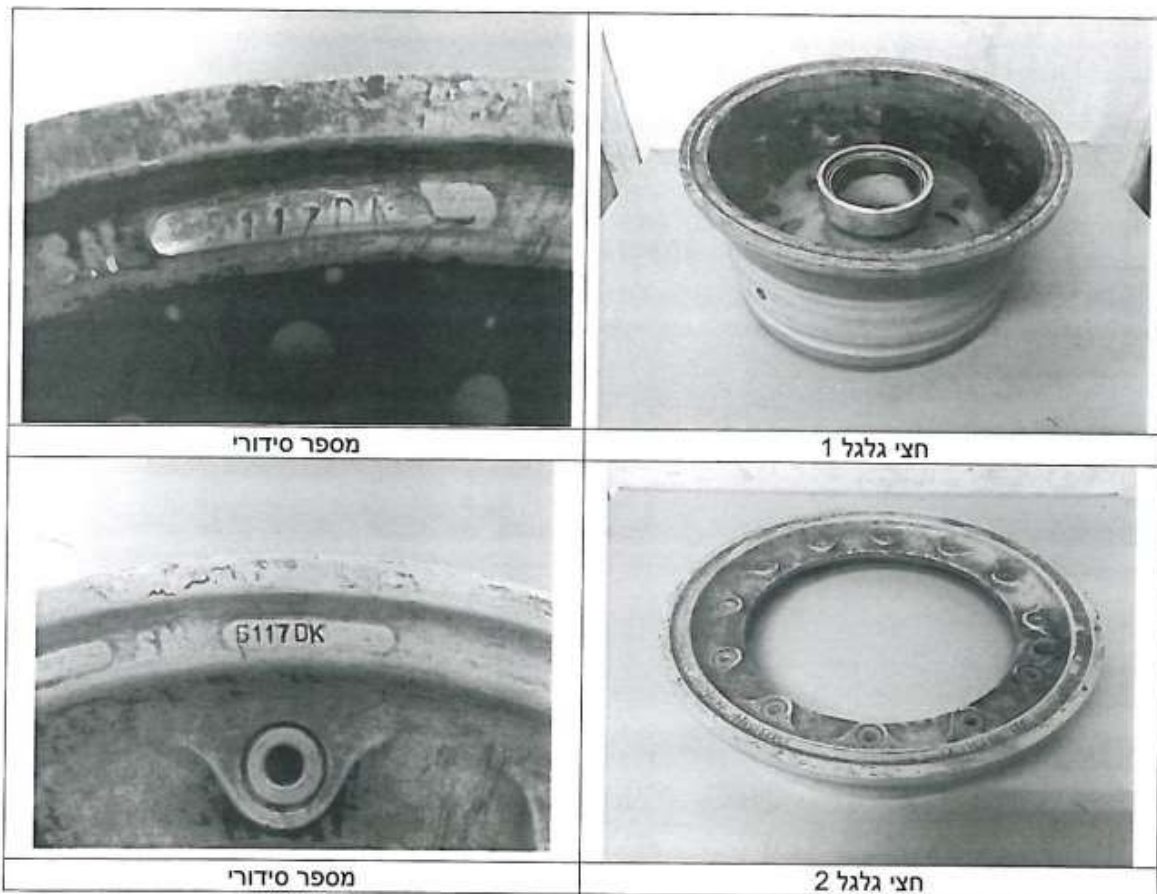
	
סימני חימום יתר בחלק הפנימי	דופן הצמיג הופרדה לחלוטין מגופו
	
חריצים משני צדי הבטנה הפנימית	סימני קימוט בהיקף הבטנה הפנימית
	
לא נמצאו סימנים לנזק מ-FOD	חלק מהמדרס ניתק וחשף הפרדות

### מסקנות המעבדה לגבי הצמיג

- ☒ זוהו סימני חימום יתר בהיקף החלק הפנימי של הצמיג וסימני הקימוט בבטנת הצמיג, המרמזים על לחץ אוויר נמוך מהנדרש בצמיג, דבר שגרם לריכוז מאמצים בכתפי הצמיג שהביא לחימום יתר בצמיג ולכישלונו.
- ☒ כתוצאה מאובדן לחץ אוויר קיצוני בצמיג ונחיתה עם צמיג ללא אוויר, חישוק הצמיג החל לחרוץ את הצמיג וכתוצאה מכך ניתקה דופן הצמיג.
- ☒ לא נמצאו סימנים לנזק מעצמים זרים (FOD).

### **2.2.2 בדיקת האוגן**

האוגן פורק ונשלח לבדיקות סדקים ומוליכות חשמלית בחברת "מורקס" ולהלן הממצאים והמסקנות:



### מסקנות המעבדה לגבי האוגן

- ☒ לא נמצאו סדקים באוגן.
- ☒ המוליכות החשמלית נמצאה תקינה, עד 39%, פחות מהמקסימום המותר, 40%.



## 2.3 תרחישים אפשריים

התרחישים העיקריים שנבדקו הם:

1. הפעלת הנתיכים הטרמיים לאחר הנחיתה הראשונה.
2. נזק לצמיג עקב גוף זר על המסלול.
3. כשל הצמיג עקב פגם בייצור.

### הדיון בתרחישים

#### תרחיש מספר 1

עפ"י תרחיש זה, כשל הצמיג בגלגל מספר 2, החל כבר לאחר הנחיתה הראשונה שבוצעה במשקל גבוה יחסית של 24,000 ליברות ומהירות נחיתה גבוהה יחסית של 126 קשרים. כתוצאה, הטמפרטורה בצמיג עלתה והגיעה לערך טמפרטורת ההיתוך של אחד הנתיכים שהתחיל להיפרץ ולשחרר אוויר באיטיות. לחץ האוויר המשיך לרדת גם לאחר שהצוות בדק את הלחץ בצמיג, במהלך ההכנות לטיסה השנייה, והמשיך לרדת בקצב איטי במהלך ההסעה וההמראה השנייה.

כתוצאה מכך, ההמראה השנייה בוצעה כאשר בצמיג לחץ אוויר נמוך מהנדרש, הטמפרטורה בצמיג עלתה, הנתיד נפרץ באופן מלא, לחץ האוויר השתחרר ומדרס הצמיג החל להתפרק.

הסבירות לתרחיש זה נמוכה מהסיבות הבאות:

- ✓ נתוני הנחיתה גבוהים אמנם יחסית מהרגיל, אך אינם חריגים מהמקסימום המותר ולא אמורים לגרום לעליית טמפרטורה קיצונית בצמיג.
- ✓ לחץ האוויר בצמיג, נבדק ע"י צוות המטוס, לפני ההמראה הראשונה ונמצא תקין.
- ✓ הנחיתה הראשונה הייתה נחיתה רכה וצוות המטוס לא הרגיש בעיה חריגה בגלגלים בעת הנגיעה ובמהלך ריצת הנחיתה וההסעה לחנייה.
- ✓ לחץ האוויר נבדק בחלון הזמן של שעה ועשרים, בין הנחיתה הראשונה לבין ההמראה השנייה ונמצא תקין.

#### תרחיש מספר 2

עפ"י תרחיש זה, כשל הצמיג אירע במהלך ריצת ההמראה לטיסה השנייה, כתוצאה מחדירת גוף זר (כמו אום או בורג שנפלו ממטוס אחר) שהיה על המסלול באותה העת. הסבירות לתרחיש זה נמוכה מאד מהסיבות הבאות:

- ✓ מערכת Xsight לא איתרה, על המסלול, אף גוף זר לפני המראת המטוס.
- ✓ בבדיקת הצמיג והמקטעים שנפרדו ממנו, הן ע"י צוות החקירה והן ע"י טכנאי המעבדה, לא נמצא גוף זר ואף לא זוהו סימני חדירה של גוף זר באיזה חלק או שכבה של הצמיג.

### תרחיש מספר 3 (התרחיש המסביר)

עפ"י תרחיש זה, הנזק לצמיג נגרם במהלך ההמראה והנחיתה של הטיסה השנייה, כאשר הנזק הראשוני, של התקלפות קטעי מדרס, ארע במהלך ההמראה והנזק העיקרי, שהסתיים בניתוק מוחלט של דופן הצמיג, ארע במהלך הנחיתה בתזמון, כדלקמן:

- ✓ בעת ריצת ההמראה, מדרס הצמיג, התקלף בחלק ניכר מהיקפו, עקב פגם בתהליך ייצור הצמיג, פגם שגרם להפרדת שכבות הגומי, מבלי שבסיס הצמיג נפגע.
- ✓ מאחר שהדבר קרה בסמוך לניתוק, כאשר למטוס כבר עם כוח עילוי משמעותי, הצוות לא הרגיש בתופעה חריגה, ניתק, קיפל גלגלים, ללא כל בעיה, והחל בטיסה ליעדו, עד שחזר לנחיתה לאחר שדווח ע"י המגדל על ממצאי מערכת Xsight.
- ✓ בעת הנחיתה, על צמיג עם מדרס שחלקו מקולף, החל הכשל העיקרי בצמיג בתזמון:
  - ❖ הצמיג התחמם לטמפרטורה גבוהה, כפי שמעידים ממצאי בדיקות המעבדה.
  - ❖ נתיך אחד נפרץ באופן מלא, כפי שמעידים הממצאים.
  - ❖ בצמיג נגרם אובדן לחץ אוויר קיצוני.
  - ❖ הצמיג שקע.
  - ❖ שולי צד האוגן הפנימי באו במגע עם דופן הצמיג וחרצו אותה עד לניתוקה המוחלט מהצמיג, במהירות נמוכה.

הסבירות לתרחיש זה גבוהה, ועל דעת צוות החקירה הוא התרחיש המסביר, מהטעמים הבאים:

- ✓ הצמיג שכשל הוא צמיג חדש שעבר 15 נחיתות בלבד.
  - ❖ ניסיון העבר בתקריות קודמות של כשל צמיגים, מצביע על כך שצמיג חדש עלול להיכשל עקב הפרד שכבות כתוצאה מפגמים בתהליך הייצור, בדרך כלל במהלך 40 הנחיתות הראשונות.
  - ❖ בדומה למקרים קודמים, כשל צמיג כתוצאה מהפרדת שכבות, קורה באופן פתאומי וללא כל אינדיקציה מוקדמת, בדומה לכשל הנוסף, בצמיג שהורכב בגלגל, לאחר האירוע.
  - ❖ לאחר ריצת המראה שסביב 850 מטר, מדרס הצמיג התקלף מהבסיס, באופן פתאומי, מבלי שזוהה גורם אפשרי לכך, כמו ריצה עם לחץ אוויר נמוך או חדירת גוף זר.
  - ❖ חלקי הצמיג שהתפרקו נמצא לקראת הניתוק, כאשר העומס על הצמיגים נמוך וגם אחרי הניתוק המשיכו ליפול חלקים שחלקם חסר ולא נמצא.
  - ❖ לא נמצאו נזקים באוגן.
  - ❖ בבדיקה ויזואלית שבוצעה במעבדה למקטע המדרס שהתקלף זוהו סימני הפרדה ברורים בין שכבות הצמיג.
- ✓ הטייסים לא הרגישו בהמראה בשום דבר חריג.
- ✓ גם בנחיתה, הטייסים לא הרגישו בשום דבר חריג, בנגיעה ובתחילת הריצה ורק בהמשך הריצה, כאשר לחץ האוויר, כנראה השתחרר לגמרי מהצמיג, הרגישו בבעיה באחד הגלגלים.

### 3. מסקנות

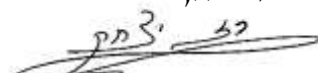
- 3.1 התאונה מסווגת ככשל טכני של צמיג גלגל מספר 2, אשר החל בהמראה לטיסה השנייה, כאשר חלק גדול מהיקף מדרסו התפרק, בסבירות גבוהה עקב הפרדות שכבות מפגם בתהליך הייצור, והסתיימה בנחיתה על צמיג עם מדרס שלם אך פגום, אשר גרמה להתחממות, פריצת נתיך, אבדן לחץ קיצוני וכשל סופי של הצמיג.
- 3.2 הצמיג היה חדש, ביצע מאז שהורכב, 15 נחיתות בלבד, ועל פי ניסיון העבר, היה עדיין בשלב "מחלות הילדות" בו עלול להיווצר כשל פתאומי עקב הפרדת שכבות כתוצאה מפגם בייצור.
- 3.3 הגלגלים והצמיגים, כולל לחץ האוויר, נבדקו, לפני ההמראה לטיסה הראשונה, לאחר הנחיתה ולפני ההמראה לטיסה השנייה, ונמצאו תקינים.
- 3.4 על המסלול או בצמיג ושייריו, לא נמצאו גופים זרים או סימני פגיעות של גופים זרים שיכלו לגרום להיפרדות המדרס.
- 3.5 הפרדת השכבות שזוהתה בבדיקות המעבדה, היא הגורם לכשל הראשוני של התפרקות הצמיג, בעת ההמראה השנייה, בעוד שסימני החימום שזוהו במעבדה הם תוצאות הכשל הסופי של הצמיג, שארע בעת הנחיתה השנייה.
- 3.6 עקב פריצת הנתיך, במהלך ריצת הנחיתה השנייה ובהסעה, לחץ האוויר בגלגל ירד ואוגן הגלגל חרץ וגזר את דופן הצמיג במלוא היקפו, מבלי שהאוגן עצמו נפגע.
- 3.7 צוות המטוס פעל בתכליתיות ובמקצועיות, הן במהלך האירוע של ירידת לחץ השמן בטיסה הראשונה והן מרגע שדווח ע"י המגדל על חלקי הצמיג שנמצאו על המסלול.
- 3.8 מערכת Xsight לגילוי עצמים זרים (FOD) על המסלול, הוכיחה פעם נוספת את חשיבותה, יעילותה ודיוקה בזמן אמת.

### 4. המלצות

אין.

החוקר הראשי לא מצא לנכון לפרסם המלצות ספציפיות בדוח זה פרט להמלצה חוזרת שכבר פורסמה בדוח מספר 15-33 (המלצה 4.2) - לשקול את השימוש בשסתום מילוי אוויר בגלגל, הכולל מד לחץ אינטגרלי, שיאפשר לטייסים ולצוותי הקרקע אמצעי ידידותי ואמין לבדיקה ויזואלית מהירה של לחץ האוויר בצמיגים, לצמצום תקריות ותאונות הנגרמות עקב לחץ אוויר נמוך בגלגלים.

ב ב ר כ ה,



עו"ד רז יצחק (רז'יק)  
החוקר הראשי

תאריך: 16.1.2019 סימוכין: 4000-0098-2018-0014085

#### החזרת חפצים שנתפסו במהלך חקירה בטיחותית

בהתאם לסעיף 114(ב)5 – (7) לחוק הטיס, התשע"א – 2011, החוקר הראשי יחזיר חפצים שנתפסו, למעט שברי כלי טיס, תוך 45 ימים ממועד פרסום דו"ח החקירה הסופי. החפצים יוחזרו לידי מי שמידיו נתפסו החפצים, או לידי בעליהם. שברי כלי טיס לא יוחזרו אלא לבקשת בעליו של כלי הטיס ועל חשבונו. בקשה להשבתם יש להגיש לחוקר הראשי, לא יאוחר מ- 45 ימים ממועד פרסום הדוח.  
אדם המעוניין, כי חפצים שנתפסו לא יוחזרו לידי בעליהם, רשאי להגיש בקשה מתאימה לבית משפט השלום, שבתחום שימוטו נתפס החפץ.