

דוח חקירה בטיחותית

תיק תאונה קטלנית מס' 11-36

- המראה, חזרה מיידית לנחיתה והתרסקות -

תאריך	14.4.11
סוג כלי הטיס	צ'ירוקי 6
סימן רישום	4X-ANS
מקום האירוע	ש"ת חיפה

לצורכי בטיחות בלבד

דוח חקירה בטיחותית

תיק תאונה קטלנית מס' 11-36

תקציר האירוע

בהמראה, זמן קצר לאחר הניתוק של מטוס צ'ירוקי 6, ממסלול 16 בשדה התעופה חיפה, דיווחו הטייסים, כי הם חוזרים לנחיתה. המטוס נצפה בפנייה שמאלית רצופה, בגובה נמוך, במהירות נמוכה יחסית, לנחיתה על המסלול ההפוך – 34. לקראת השלמת הפנייה, תוך כדי הנמכה רצופה, נצפתה הרמת אף חריפה וירידה – המטוס פגע באמירי עצים גבוהים, בבסיס "הטכני", התרסק ועלה בלהבות. שלושת הטייסים וחניך הטיס, שהיה עימם נהרגו בפגיעה. כוחות הצלה וכיבוי מהבסיס ומחוצה לו הוזעקו לאתר התאונה.



אתר התאונה

תוכן עניינים

עמוד	נושא
4	1. מידע עובדתי
4	1.1 היסטוריה של הטיסה
7	1.2 הטייסים
8	1.3 המטוס
9	1.4 מזג האוויר
9	1.5 החברה
10	1.6 שדה התעופה חיפה
11	1.7 אתר התאונה
14	1.8 התחום הטכני
21	1.9 תמליל ערוץ המגדל ותמליל אווירה
23	1.10 החקירה
26	2. ניתוח
26	2.1 פענוח הקלטות המגדל
31	2.2 אבני יסוד לניתוח מסלול הטיסה
35	2.3 התחום הטכני
39	2.4 ביצועי המטוס בטיסת תחקיר ובסימולטור
45	2.5 התחום התפעולי
50	2.6 חקירת הגורם האנושי
52	2.7 סקר יישומי
53	3. מסקנות
56	4. המלצות

1. מידע עובדתי

1.1 היסטוריה של הטיסה

ההיסטוריה של הטיסה חולקה לשלבים עיקריים ופורטה על-פי סדר כרונולוגי של התרחשות האירועים, בציון זמן מקומי. פרטים מזהים מפורשים לא צוינו, אלא מהותם צוינה, בסוגריים.

1.1.1 רקע

הטיסה תוכננה, ככל הידוע, ע"י הטייס, יום יומיים לפני שבוצעה בתאום עם המדריך והטייס השני (נוסע א'). הטיסה יועדה לצבירת שעות טיסה של שני הטייסים שהוסמכו על המטוס, מספר שבועות קודם לכן, על מנת לעמוד בתנאי פוליסת הביטוח אשר חייבה ביצוען של 10 – 15 שעות טיסה במטוס (על-פי ניסיון הטייס), כדי שזו תוחל על כל אחד מהם כטייס מפקד במטוס.

הערה: הטיסה תואמה יחד עם חניך הטיס של אותו המדריך, על מטוס צסנה, שביקש כהכנה לטיסה מסכמת בהרצליה להצטרף לטיסת הניווט לשדה תימן. הטיסה תוכננה כך, שכל אחד מהטייסים יבצע קטע טיסה, בנתיב חיפה – שדה תימן – חיפה, כשהמדריך של החברה, אשר הסמיך אותם על המטוס, משמש עבורם חונך. הנפשות בטיסה היו:

החונך - מדריך טיסה – במושב קדמי ימני.

הטייס - טייס ראשון לנתיב חיפה – שדה תימן – במושב קדמי שמאלי.

נוסע א' - טייס שני לנתיב שדה תימן – חיפה – במושב אמצעי.

נוסע ב' - חניך טיס של החונך, במטוס צסנה 172. הצטרף כדי ללמוד את הנתיב לשדה תימן – במושב אמצעי.

ביום שקדם לתאונה ביצע החונך 5 - 6 סבבים להטסת ילדים (בני 10 - 12 שנים) בתשלום, במסגרת חוג אסטרופיזיקה, לטיסת התרשמות בת 20 דקות בשמי חיפה – עכו, בין השעות 12:00 ל- 14:00. במקביל לצירוקי טסו באותה משימה גם שתי צסנות. במהלך הסבבים לא אירעו אירועים חריגים והמטוס היה שמיש ותיקין.

בגמר המשימה, בסביבות השעה 15:30, הכין החונך את המטוס לניווט של יום המחרת ויחד עם המכונאי בדקו, ניקזו ותדלקו את המטוס ב- 67 ליטרים נוספים.

הערה: בפועל תכננו שניים אחרים להצטרף לטיסה, אך כל אחד מסיבותיו ויתר על כך.

1.1.2 הכנת הטיסה

בבוקר התאונה, הגיע הטייס למבצעים של החברה והגיש לרש"ת/מודיעין טיס, בסביבות השעה 08:00 – 08:10, תוכנית טיסה פנים-ארצית, בה צוין: "מטוס - PA-32, רישום - ANS, שם הטייס ומספר רישונו, המראה - 08:45, בנתיב: **חיפה – שדה תימן (11:00) – חיפה**, נחיתה אחרונה - 12:00, זמן דלק - 4 שעות, אנשי צוות ונוסעים - 1+3, סוג טיסה - פרטי". בנוסף, השאיר במבצעים טופס משקל ואיזון, לטיסה הספציפית, בו צוין: "טייס מפקד - **שם החונד**, משקל להמראה - 3,053 (**ליברות**) כאשר המקסימום המותר הוא - 3,400 ליברות". **הערה:** עפ"י חלוקת המשקלים, בוצעה ההמראה בלב מעטפת הביצועים של המטוס. כחלק מהכנת הטיסה, השאיר הטייס במבצעים של החברה "טופס שיגור טיסה פנים-ארצי", חתום, תחת פרטיו האישיים ובו הצהיר או אימת: תעודה רפואית – "**בתוקף**". מבחן רמה – "**בתוקף**". שתי המראות/נחיתות ב – 60 יום שקדמו, בחברה – "**בוצע**". **הוגשה תכנית טיסה.** "**בוצע משקל ואיזון והמטוס נמצא במגבלות....**". "**נבדק מזג אוויר ונמצא מתאים לטיסה....**". בנוסף, הטייס מילא שורה ביומן ההרשאה של החברה ובה צוין: "תאריך הטיסה - 14.4, סימן המטוס - ANS, הטייס/מדריך - (**שם הטייס** + **מספר רישון**), שם החניך/טייס משנה - (**שמות שלושת האחרים**) סוג הטיסה – **פרטי**, יעד הטיסה – **תימן**" ולבסוף – **חתימת הטייס**.

1.1.3 הסעה והתיישרות

החונד והנוסע ב' הגיעו למבצעים של החברה בשעה 08:30 לערך ואילו נוסע א', עקב סיבות אישיות הגיע לשדה, סמוך לטיסה. נוסע א' לא עבר דרך משרדי החברה, אלא חצה את הטרמינל והגיע ישירות למטוס. דקות ספורות לאחר השעה 09:00, זמן מקומי, עלה המטוס על מסלול 34 והסיע צפונה לתחילת ההמראה על מסלול 16. הטייס ישב במושב הקדמי השמאלי ומימינו ישב החונד. שני הנוסעים (הטייס השני וחניך הטיס) ישבו בשני המושבים האמצעיים. אף לא אחד ישב בשני המושבים האחוריים. באישור ההסעה, ציין הפקח, כי יש להתמתין לפני מסלול 16 והוסיף, כי הלחץ 30.04. בהמשך עדכן כי הרוח 150/10 - הטייס חזר על אישור הפקח להתיישר, בציינו את הפרטים: רוח 150/10, טיסה ישירה לשדה תימן, בנתיבים.

תוך כדי ההתיישרות, התקיימה חליפת דברים, בשמות פרטיים, בין החונך לבין הפקח, ביחס לבקשת החונך לקבל מאוחר יותר, פרטי המראה ונחיתה של שני מטוסים אחרים, יום קודם לכן – לשלב זה אין השלכה על הטיסה. מייד אחר-כך קיבל הטייס אישור להמריא לנקודת "מחלף דרום" בגובה 1,000 רגל, תוך ציון על תנועה נגדית בגובה 1,500 רגל. הטייס חזר על מרשה ההמראה וציון, כי יעקוף את בתי הזיקוק, קרי המראה "ארוכה" ולא "קצרה".

1.1.4 הטיסה

בשעה 09:10 לערך, מספר שניות לאחר שקיבל אישור, הטייס החל בריצת ההמראה, ככל הנראה מאזור ה"זברה". המטוס ניתק מהמסלול באזור קו הטרמינל האזרחי (APRON A) ונצפה כמבצע המראה שטוחה (לאיסוף מהירות). באותו זמן, ראש המשמרת (הרמ"ש) עלה למגדל.

לאחר 50 שניות ממתן האישור להמריא נשמע החונך מדווח "אנחנו חוזרים לנחיתה" ולשאלת הפקח אם "קרה משהו?", השיב החונך ב – "רות" ומעבר לכך לא הוחלפו דברים נוספים בקשר, עד לתאונה. המטוס נצפה ע"י הפקחים ואחרים, בפנייה שמאלית ארוכה ומתמשכת, בשיעור הטיה של 45 מעלות ויותר ואחר כך מאוזן, עם אף מעט נמוך. תוך זמן קצר ביותר הבין ראש המשמרת במגדל, כי הטייס מנסה לחזור לנחיתה, על המסלול ההפוך ממנו המריא, קרי 34 והוא הנחה את הפקח להפעיל חזרה את הרמזור (רמזור לויסות תנועת הרכבים החוצים את המסלול בחלק הדרומי שלו).

הערה: בשלב הזה לא העלה הפקח על דעתו כי כוונת הטייסים לשוב לנחיתה. עדויות עדי הראיה לקטע הטיסתי של המטוס, משלב הניתוק ועד לתאונה, אינן אחידות ולעיתים אף סותרות – ניכרת התופעה האנושית, להסביר ואפילו שלא במודע את מה שאירע ומתוך כך נאמרו דברים שברור כי לא התרחשו, כפי שנאמר, אם בכלל. יחד עם זאת, חזרו מספר תיאורים שחיזקו את הסתברותם של מקטעים בשרשרת האירוע, כמו:

☒ רעש מוזר/גמגום/השתעלות קצרה של המנוע, זמן קצר לאחר שהמטוס ניתק.

☒ ביצועה של פנייה שמאלית רצופה, עם נדנודי כנפיים לקראת סופה.

☒ הרמת אף חריפה, לפני מעבר הגדר, ושקיעה, עם אף וכנף שמאל מטה, אל העצים. כך או כך, שניות מספר אחר-כך, פגע המטוס באמירי עצים, כ – 260 מטרים מזרחית לחלק הדרומי של המסלול, התרסק ועלה באש.

במגדל הוכרז מצב חרום 3, הופעל מיידית הפעמון, הוזעקו לאתר ההתרסקות כוחות האבטחה, משטרה, מד"א ומנהלים ממפקדת הבסיס ומהנהלת השדה. המפקדים והמנהלים חשו מיידית לאתר וניהלו את הזירה, כולל באמצעות חפ"ק שהוקם במקום. פעולות הכיבוי וההצלה תועדו בצילום. הרמשל"ט (חיל האוויר) הזניק ביוזמתו מסוק חיפוש והצלה, מבסיס רמת דוד, אך זה שוחרר זמן קצר אחר-כך כשהתברר שאין ניצולים.

1.2 הטייסים

1.2.1 הטייס

בן 57, נשוי + 1.
משקל 106 ק"ג.
16.03.2010 - קיבל הגדר פרטי.
04.05.2010 - עבר הסבה למטוס C172.
23.03.2011 - עבר הסבה למטוס PA-32-260.
צבר כ- 6 שעות על מטוס 4X-ANS.
צבר כ- 175 שעות טיסה.
תוקף תעודה רפואית, עד 20.05.2012.

1.2.2 החונך (המדריך)

בן 64, נשוי + 2.
משקל 87 ק"ג.
19.06.1983 - קיבל הגדר A.
08.08.1983 - עבר הסבה למטוס C172.
בעל הגדר מסחרי - חד מנועי, רב מנועי + מכשירים.
08.08.1983 - בעל הגדר הדרכה.
צבר כ- 8,665 שעות טיסה, מהן כ- 500 שעות על מטוס מדגם PA-32-260.
20.05.1988 - היה מעורב בתקרית "כמעט שנפגע" – לא שמר גובה, דיווח על נקודת דיווח בלי שהיה בנקודה, אי הפעלת טרנספונדר.
17.07.1989 - קיבל הגדר מדריך.
עפ"י רישומי החברה מ-1997 ועד למועד התאונה, צבר 3,896 שעות הדרכה.
26.03.2000 וועדה רפואית - עיוורון צבעים חלקי והגבלה למטוסים (B + A).
בעל רישיון ALTP אמריקאי.
04.06.2010 - עבר מבחן רמה במכשירים.
14.07.2010 - עבר מבחן רמה GROUP B – מטוס PA-32-300R.
21.07.2010 - עבר מבחן רמה GROUP B – מטוס C401B.
תוקף מבחן בקיאות באנגלית – 20.05.2011.
תעודה רפואית בתוקף, עד 30.06.2011.

נוסע ב' –

בן 58, נשוי + 3.
משקל 64 ק"ג.

נוסע א' –

בן 38, נשוי + 2.
משקל 83 ק"ג.

1.3 המטוס

- 1.3.1 המטוס מסוג פייפר PA-32-260 (צ'ירוקי).
1.3.2 שנת ייצור 1965, נושא מספר סידורי 32-281.
1.3.3 המטוס רשום ברשות התעופה האזרחית בתעודה מספר 683, מתאריך 12 במרס 1991, על שם "כנפי פז תעופה ותיירות בע"מ".
1.3.4 המטוס תוחזק במכון בדק מאושר והוצאה לו תעודת כושר טיסה אחרונה בתוקף עד לתאריך 7 בנובמבר 2011.
1.3.5 במטוס מותקן מנוע LYCOMING, מדגם O-540-E4B5 ופרופלור HARTZELL מסוג HC-C2YK, בעל פסיעה משתנה.
1.3.6 למטוס בוצעה ביקורת תקופתית אחרונה, סוג 50 שעות, בתאריך 21.12.2010, בשעות גוף 10: 7285.
הערה: מביצוע ביקורת זו ועד לטיסה הנוכחית, צבר המטוס 48.8 שעות (נותרו 1.2 שעות לביקורת סוג 100 שעות).
1.3.7 בסקירת הניירת הטכנית של המטוס לא נמצא רישום של תקלה מהותית בעברו שניתן לייחסה לתאונה.
1.3.8 כני נסע קבועים (לא מתקפלים).
1.3.9 במטוס שישה מושבים, והתקן למושב שביעי.



המטוס נושא התאונה

1.4 מזג האוויר

- 1.4.1 מזג אוויר – נאה.
- 1.4.2 QNH – 1017 מליבר.
- 1.4.3 רוח - מכיוון 139 בעוצמה של 8 קשרים.
- 1.4.4 משבים - עד 12 קשרים.
- 1.4.5 טמפרטורה חיצונית - 17.7 מעלות.
- 1.4.6 לחות יחסית - 42%.

1.5 החברה ("כנפי פז" תעופה ותיירות בע"מ)

- 1.5.1 החברה הוקמה באפריל 1987 כבי"ס לטיסה והשכרת מטוסים. בסיס האם נקבע בהרצליה ובסיס ההפעלה בשדה התעופה חיפה.
- 1.5.2 באפריל 2000 נרכשה החברה, על מטוסיה, ע"י מי שמשמש בה, עד היום, כמנכ"ל החברה. אחד משני הבעלים הראשונים של החברה משמש, כמנהל המבצעים של החברה.
- 1.5.3 המטוסים הפעילים בחברה :
 - שני מטוסי צסנה 152.
 - שני מטוסי צסנה 172.
 - מטוס אצטק 23 – PA.
 - מטוס צ'רוקי 6 (32 – PA) - נמחה בתאונה.
- 1.5.4 בחברה רשומים גם כמה מטוסים שאינם פעילים :
 - צסנה 152.
 - צסנה 172.
 - צסנה 401.
 - מוני M 20.
 - בוננזה BE35.
- 1.5.5 החברה מבצעת בממוצע 2,000 – 1,800 שעות טיסה בשנה.
- 1.5.6 מכון הבדק של החברה הוא "אחזקות 2000" הממוקם בשדה התעופה הרצליה. בחיפה מצויה "סככת טיפולים" המופעלת ע"י אחראי תחזוקה, עובד החברה ונושא רישיון טכבכ"ט וכן טכנאי מטוסים המבצעים אחזקה קלה במטוסי החברה כשלוחה של מכון הבדק בהרצליה. בשגרה מבוצעות ביקורות 50 שעות (ביקורת 1) בחיפה ואילו ביקורות 100 שעות (ביקורת 2) נעשות בהרצליה או ע"י מכונאי מוסמך של מכון הבדק, בחיפה.
- 1.5.7 מטוסי החברה וביניהם נשוא התאונה, מבוטחים צד ג', כולל טייסים ונוסעים.

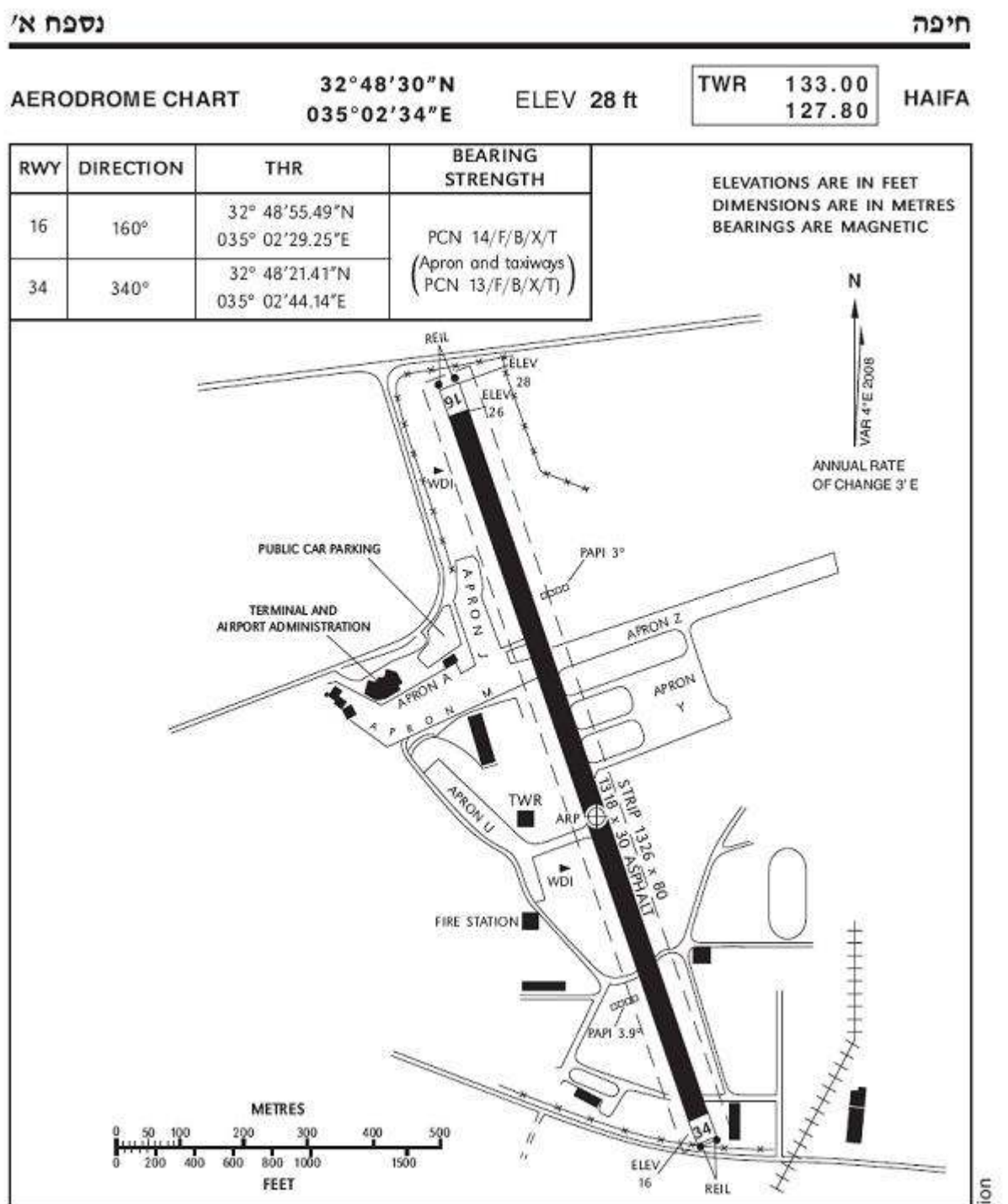
1.6 שדה התעופה חיפה

שדה התעופה חיפה נמצא במתחם הבסיס הצבאי ("הטכני") של חיל האוויר.

בשדה מסלול אספלט אחד 16/34, באורך 1,318 מטרים וברוחב 30 מטרים.

בחלק הדרומי של המסלול קיים מעבר חצייה המשמש למעבר כלי רכב בין שני חלקי הבסיס המזרחי והמערבי.

הטרמינל האזרחי מצוי ממערב למסלול.



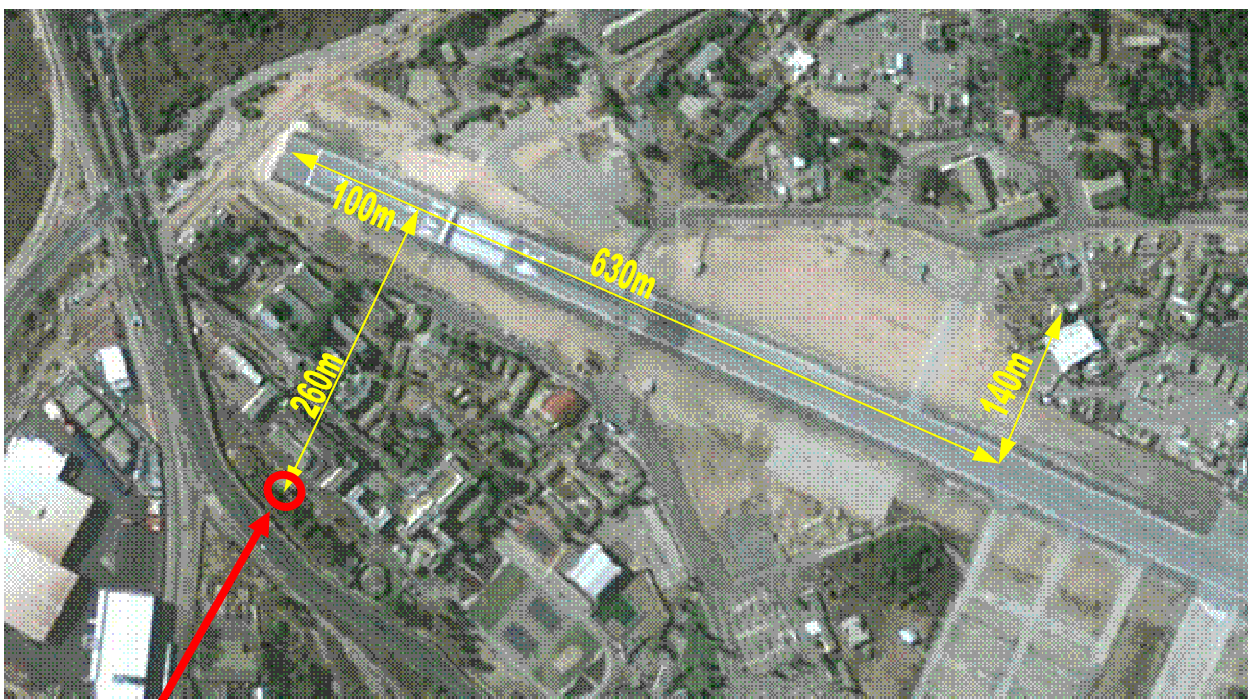
דפית השדה

1.7 אתר התאונה

אתר התאונה נמצא בתוך הבסיס סמוך לחומה המזרחית שלו. בסביבת האתר חורשת אקליפטוסים קטנה ומדרום לה נמצאות כיתות לימוד. במועד התאונה החניכים היו בחופשת פסח ולכן הכיתות היו ריקות. המטוס פגע במספר עצים גבוהים והתרסק. כל המרכב של הגוף המרכזי עלה בלהבות ונשרף כליל יחד עם רוב לוח המכשירים ומושב המטוס, וכן ידיות ההפעלה בתא הטייס. בהעדר חלק הארי של הכנפיים, לא ניתן היה לקבוע את מצב המאזנות. המדפים היו עדיין במצב המראה – 10° מטה. התבוננות על זנב המטוס, מצביעה, כי הגה הגובה במצב מעלה, היינו, סביר שמוט ההיגוי נמשך לאחור, קודם הפגיעה בעצים.

הפרופלור נמצא מחוץ למנוע, כאשר להב אחד מכופף ולהב שני מיושר (פחות או יותר) אולם שבור בקצהו. המנוע שנתלש מהגוף כתוצאה מהמכה נמצא כארבעה מטרים מערבית לגוף המטוס, כשהוא הפוך, ולידו מכלול גלגל החרטום ושברי הכנף שפגעה ראשונה בעץ.

באתר התאונה נאספו פריטים אישיים רבים ובכללם: מצלמות, טלפונים, ארנקים, מפתחות שונים, תיקי מפות, מפות, משקפיים, וכובע. הפריטים הוחזרו למשפחות.



נקודת
ההתרסקות

אזור התאונה - מרחקים

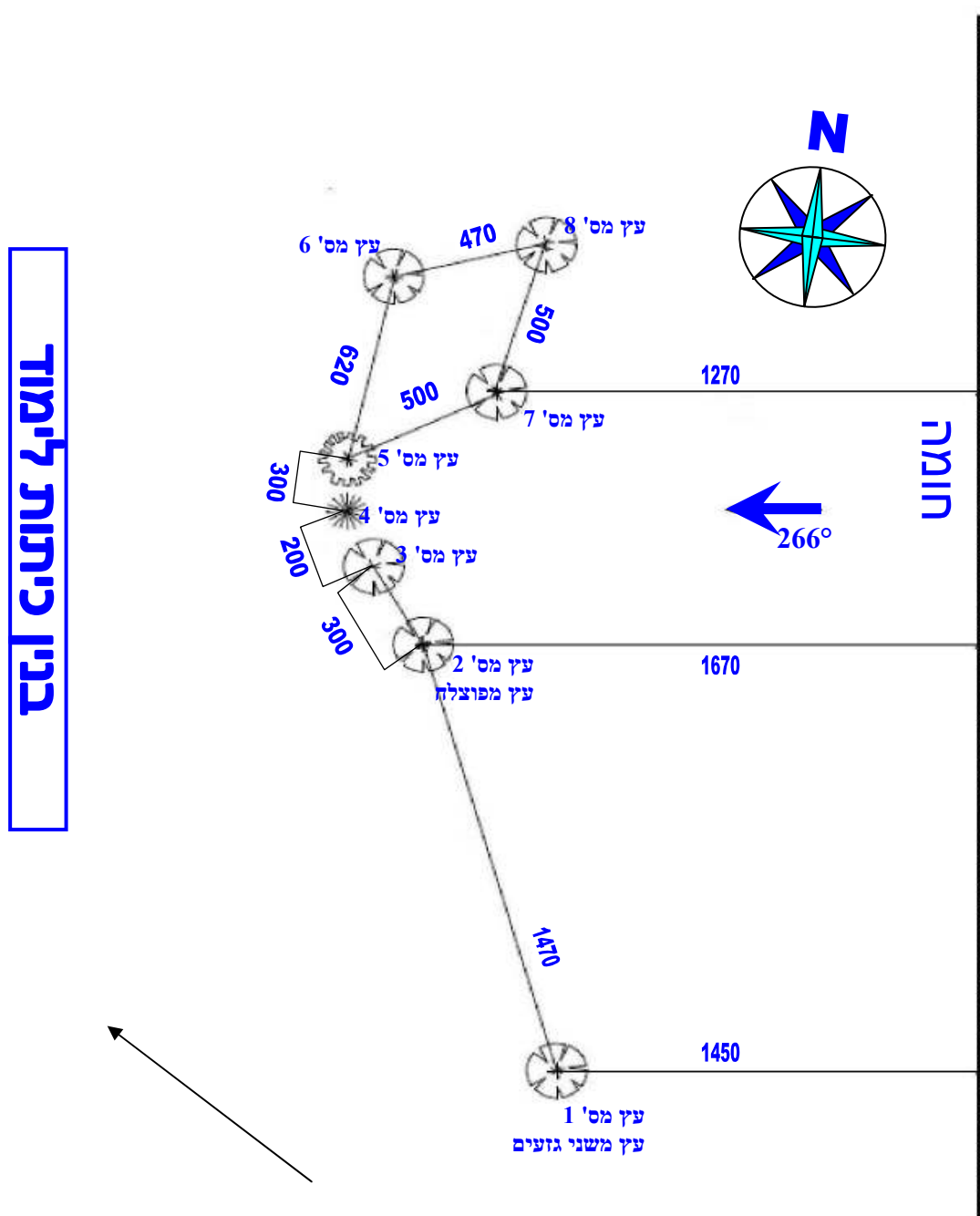
בהתבוננות על נתיב הטיסה האחרון, נראה, כי המטוס פגע עם כנף שמאל תוך הנמכתו, בעץ אקליפטוס וכתוצאה מכך סבסב המטוס בצורה חריפה שמאלה, תוך פגיעה בעצים נוספים. הפגיעה העיקרית הייתה בעץ השני ועיקר המטוס נפל בין העץ השני לבין העץ השלישי.

זנב המטוס נתלש מהגוף. גוף המטוס פגע בעץ נוסף בטרם נפל אל הקרקע, אנכית, כשחרטומו כלפי מטה. מקום הנפילה, כ – 9 מטר מזרחית לכיתות לימוד. המטוס נעצר בקרקע, בכוון 16 – 34 לערך והחל לבעור.

הערה: מיקום העצים וגובהם אינו חורג ממגבלות הבנייה סביב מסלול כדוגמתו.

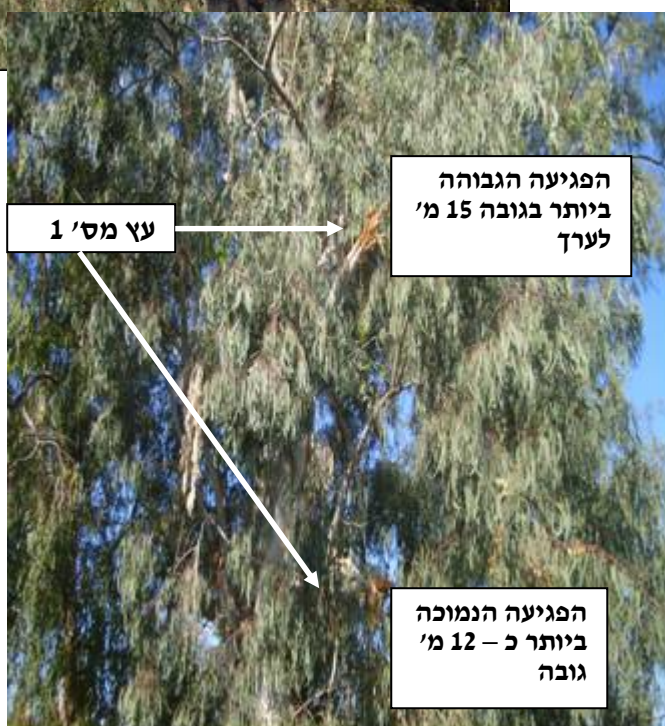
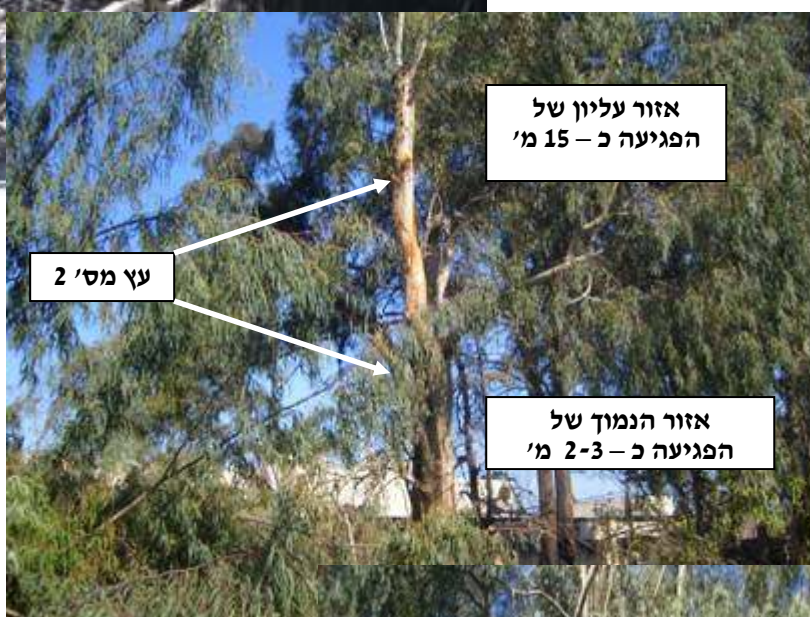
תרשים הפגיעה בעצים

מידות בסנטימטרים

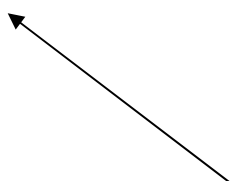




**סימני הפגיעה
והשריפה בעצים**



כיוון טיסה 317



1.8 התחום הטכני

1.8.1 המנוע

המנוע הועבר למכון בדק מתאים שם פורק לגורמיו. להלן הממצאים:

- 1.8.1.1 לא נמצא כל ליקוי שיכול היה לגרום לעצירה מכאנית של המנוע באוויר – כל המכלולים הסובבים נמצאו ללא ליקוי הנראה בעין.
- 1.8.1.2 לא נמצא כל ליקוי בצילינדרים, בבוכנות ובטבעותיהן. גם הפיח שעל ראשי הבוכנות הצביע על פעולה תקינה.
- 1.8.1.3 נבדק מרווח כל השסתומים במנוע ולא נמצא כל ממצא שיכול להעיד על היתפסות שסתום זה או אחר, במהלך הטיסה שקדמה לתאונה.
- 1.8.1.4 לא ניתן להתייחס לאביזרי המנוע שהותכו בשריפה ובכללם משאבת הדלק, המגנטו וכל ידיות ההפעלה שבתא הטייס.
- 1.8.1.5 לא נמצא כל ליקוי במצב המצתים.
- 1.8.1.6 מצב הפרופלור מצביע, כי במהלך הפגיעה בעצים ובקרקע הוא עוות בצורה חמורה בציר הסבסוב שלו.
- 1.8.1.7 עפ"י הוראות היצרן ניתן לבדוק אינדיקציה לעצירת פתע של המנוע, באמצעות התבוננות על פין (DOWEL) שנמצא בהמשך לגל הארכובה, אם נמצא בו עיוות כלשהו, הדבר מצביע על עצירת פתע שארעה לכל המכלולים הסובבים של המנוע. הפין נבדק ולא נמצאה בו כל שחיקה/מעיקה.

1.8.2 סעפת וצנרת הפליטה

הפריט החשוד העיקרי, שנמצא באתר התאונה, הינו צינור פליטה שהופרד ממקום חיבורו לדוד.

החלקים החשודים הועברו למעבדה של מכון לחקר הכשל במכללת רופין, לבדיקות מטלורגיות, כימיות, ובחינה באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני סורק.

במעבדה בוצעו הבדיקות הבאות:

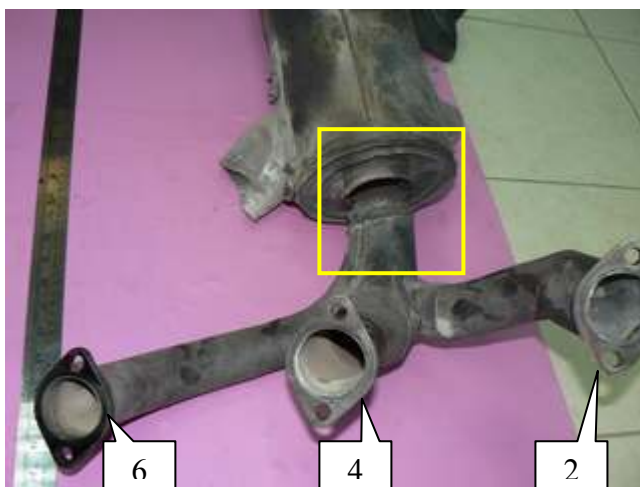
- ☒ בחינה חזותית של סעפת הפליטה.
- ☒ מדידת מידות רלוונטיות לחקירה.
- ☒ בחינת אזורי הניתוק באמצעות סטריאוסקופ אופטי.
- ☒ פירוק מכלולים וניסור דוד הפליטה.
- ☒ זיהוי כימי של רכיבים שונים באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני סורק.



הפרדת הצינור מהדוד, כפי שתועדה באתר התאונה

1.8.2.1 ממצאי הבדיקה

- ☒ סעפת הפליטה שנתקבלה נמצאה מנותקת לשני חלקים : חלק אחד מכיל את הדוד וסעפת של הצילינדרים 1-3-5, כשהיא משולבת בו, וחלק שני הינו סעפת הפליטה של צילינדרים 2-4-6. הניתוק ארע בחיבור סעפת של הצילינדרים 2-4-6 לדוד.
- ☒ בצינור הפליטה היוצא מצילינדר מספר 2 (בסעפת 2-4-6), אותרה מעיכה בקצהו, בצד המנוע, באורך של 11 ס"מ וכן קרע באורך 35 מ"מ, סמוך לריתוך של אוגן קצה הצינור.
- ☒ בצינור הפליטה היוצא מצילינדר מספר 6 אותר סדק באורך של 30 מ"מ, סמוך לריתוך אוגן קצה הצינור.



מיקום אזור הנתק



החצים מורים על הקטע שנשאר מהצינור המחורר

- ☒ במבט לתוך הדוד נמצא חלל נפחי שאינו מכיל את המחיצות להשקטת הגזים, למעט מקטע קצר שלהן אשר בולט מקצה הדוד כ – 30 מ"מ, בצד סעפת 1-3-5, ובתוכו משתלבת הסעפת. על מקטע זה נמצא חבק המהודק לקצה הצינור באמצעות ברגים ופין קיבוע.
- ☒ בצד סעפת 2-4-6 שנתלשה, נמצא מרותך לקצה הסעפת, תותב שאורכו משתנה בין 15 ל – 19 מ"מ ושוליו משוננים ודקים. מבט לתוך התותב מגלה הרכבה "חובבנית" של התותב לקצה הסעפת, כך שחלק מהתותב בתוך הסעפת וחלק עוטף את הסעפת. במבט לאורך הפתח, בדוד שלתוכו השתלבה הסעפת, מובחן תותב נוסף מותקן בתוך הדוד, שקצותיו מופשלים ומשוננים.

1.8.2.2 סיכום חקירת המעבדה לחקר הכשל

- ☒ החומר ממנו עשויים הדוד וסעפת הפליטה, זוהה כפלדה בלתי מחלידה מסוג AISI304, או דומה לה.
- ☒ לא זוהתה נוכחות שבר בבדיקה המיקרוסקופית של תפר הריתוך ההיקפי שניתק מהדוד, אלא, פני ריתוך מעוגלים. הבדיקה המטלוגרפית חשפה נוכחות של זחל ריתוך, במגמה המצביעה על כך, כי החיבור בין סעפת הפליטה לדוד **בוצע באמצעות ריתוך ולא באמצעות חביקה בין חלקים**.
- ☒ בבדיקת מבנה קצה הסעפת נמצא, כי בוצעה הטלחה מכאנית שבמסגרתה רותך צינור אל קצה הסעפת. אופן ההטלחה מתבטא בכך שהצינור לא הוכנס לתוך הסעפת כנדרש ואף לא הורכב על גביה, **אלא הוצמד בהטיה ורותך סביב**.
- ☒ העדר מופע שבר באזור ניתוק הסעפת מהדוד, מלמד על כך, כי בטרם פגע המטוס בעצים, מקטע סעפת הפליטה היוצא מצילינדרים 2-4-6, **היה שלוף ממקום תושבתו שבדוד**.
- ☒ הפגיעה המכאנית שאותרה בצינור הפליטה היוצא מצילינדר מספר 2. משויכת להליך ההתרסקות ואינה מהווה גורם לשליפת צינור הסעפת מתוך הדוד.
- ☒ מסקירת דודי פליטה אחרים במנועי ליקומינג, נצפה מבנה אופייני הכולל בתוך הדוד צינור מתכת מחורר, או מחיצות, שתפקידם לקלוט את הגזים מסעפת הפליטה ולפזרם דרך נקבי פיזור/מחיצות להשתקת הקול. צינור זה בולט משני צידי הדוד ואל קצותיו משתלבת סעפת הפליטה, המהודקת באמצעות חבק מתכתי. בסקירה החזותית לא נמצא הצינור בתוך הדוד, **אלא רק שרידיו כשהם מפוררים**. זאת ועוד, בהעדר הצינור אשר חובק את הסעפות, בוצע "שיפוץ" של הדוד שהתבטא בריתוך תותבים על מנת "לתפוס" את הסעפות במקומן ולייצר בכך מצב של מערכת תקינה, לכאורה.
- ☒ בחינת רכיבי הצינור המקורי שנותרו בתוך הדוד, מלמדת על תופעות חמצון אגרסיביות שפגעו בחומר ושגרמו לסידוקו ולהתפוררותו לאורך השנים. זיהוי כימי של משקעים שנצפו בתוך הצנרת, מלמד על הרכב אופייני של עופרת-ברום-חמצן המשוך לתוצרי הבעירה של המנוע. זיהוי זה מאמת את הידוע על אופי הדלק ששימש במנוע, כדלק עתיר עופרת (LL100) המכיל תוספים מסוג lead tetra ethyl, המשפרים את מספר האוקטן וה-ethylene bromide שנועד להרחיק את העופרת מהמנוע.

עם זאת, התוספים על בסיס ברום עשויים להפוך בתנאי תפעול לא אופטימאליים של המנוע, כמו טמפרטורה נמוכה, למוצקים ונוזלים חומציים על בסיס ברום. נוכחותם של גזים כאלו במנוע מתבטאת בנוזקי חמצון אגרסיביים, כמו אלו שנצפו בצינורות ובתותבים שבדוד. תופעת ההתפוררות של הצינור הפנימי שבדוד, מוכרת במכוני הבדק, כפי שעלה בחקירה, ולמרות זאת, לא היה ידוע עד למועד התאונה, במכון הבדק שטיפל במטוס, כי היצרן היה ער לאפשרות החמצון וההתפוררות, **עד כי קבע לדוד אורך חיים מוגדר להחלפתו.**

☒ בסיום הבדיקות צוינו על ידי המעבדה הממצאים הבאים :

- אחת משתי הסעפות שמתחברות לדוד במערכת צינור הפליטה, הייתה מנותקת בטרם התאונה.
- בדוד הסעפת בוצעו (במועד שאינו ידוע) עבודות תיקון שאינן שגרתיות, מתוך כוונה להשמיש את הפריט, חרף מצבו, שהיה פסול לשימוש.
- צינור הפליטה והדוד שהיו מנותקים זה מזה, היו מחוברים בעבר ביניהם באמצעות ריתוך, שבוצע במסגרת התיקון שהוזכר לעיל.

1.8.2.3 אחזקת מערכת הפליטה

1.8.2.3.1 לאור ממצאי חקירת המעבדה אודות הכשל שאותר במערכת הפליטה של המנוע, בחן צוות החקירה את נהלי האחזקה הרלוונטיים, תוך עיון בסקרי ספרות ובמאמרים שונים המתייחסים למערכת הנ"ל.

1.8.2.3.2 בבחינת כל ספרות האחזקה שהועמדה לרשות צוות החקירה ממכון הבדק, לא נמצא כל תיעוד אודות התיקון שבוצע בדוד מערכת הפליטה. בעדותו של המבקר הראשי של מכון הבדק שטיפל במטוס ציין המבקר :

☒ מאז כניסתו לתפקיד מזה כ – 12 שנים, **לא בוצע** כל תיקון במערכת הפליטה של המטוס המעורב בתאונה.

☒ עפ"י החוק, מכוני הבדק אמורים לשמור מסמכים המתעדים את האחזקה, למשך שבע שנים.

1.8.2.3.3 ותיקי החברה בה הופעל המטוס, יודעים לספר, בי בוצע תיקון לצינור הפליטה **לפני כ – 15 – 13 שנים.**

- 1.8.2.3.4 מחזור הבדיקות של המטוס נשוא החקירה, מבוסס על בקורת "קטנה" בכל 50 שעות ועל בקורת "גדולה", בכל 100 שעות. בנוסף לכך, יצרן המטוס קבע פרק בספרות האחזקה שכותרתו: "בדיקות מיוחדות", ובו פורטו בדיקות שיש לבצע בשעות גוף שונות החל מ – 200 ועד ל – 2,400 שעות. בדיקות אלה מתווספות לביקורת 100 שמבוצעות באופן קבוע לאחר שחולפות 100 שעות מאז הביקורת האחרונה. מאחר שהמטוס חונה דרך קבע הרחק ממכון הבדק, את הבדיקות היומיות ואת ביקורת 50 שעות, מבצע, מטעם מכון הבדק, טכנאי לבדק כלי טיס, הנושא את הרישיונות המתאימים, בשדה התעופה בו מתופעל המטוס, בעוד הביקורת הגדולות – 100 ואילך, מבוצעות במכון הבדק של המטוס בהרצליה.
- 1.8.2.3.5 בעיון במערך הביקורת (100), בסעיפים הקשורים לבדיקת מכלול סעפת הפליטה, נמצאו שני הסעיפים, כנ"ל:
- ☒ סעיף 34 – בדוק את סעפת צינורות הפליטה (STUCKS) היוצאת מהצילינדרים אל כיוון הדוד, למצב כללי ואת האטמים (הנמצאים בין הסעפת לבין פתחי הפליטה היוצאים מהמנוע).
- ☒ סעיף 35 – בדוק את מערכת הפליטה באמצעות הוראות הבדיקה (EXHAUST SYSTEM INSPECTION), כאשר מופיע בסוגריים: ראה התהליך "בבדיקות המיוחדות".
- 1.8.2.3.6 צוות החקירה בחן את ההנחיות/הוראות המופיעות בפרק "בדיקות מיוחדות" (כנזכר לעיל), ולא מצא בהן כל אזכור לגבי הבדיקות שיש לבצע במערכת הפליטה. חרף המצב האמור, לא ניתנה על כך דעת מטעם אלה שמערך הביקורת הנדון מצוי אצלם מזה שנים, הכולל הכוונה לכאורה, לבצע בדיקות, תוך הפנייה למקור שאין בו כל מידע אודות הבדיקות הנדרשות.
- 1.8.2.3.7 צוות החקירה הבין, שסעיף 35 מכוון לביצוע סדרת בדיקות שפורסמו על ידי היצרן, ואכן לאחר עיון בספרות האחזקה, נמצא בעמוד 4E5 נוהל לבדיקת מערכת צינור הפליטה בכל 100 שעות פעולה. הנוהל מלווה באיורים.

1.8.2.3.8 על פי הנוהל, בכל 100 שעות טיסה, יש לבצע בדיקה מעמיקה של כל מכלול סעפת הפליטה כולל מעטה ההסתעפות לחימום תא הנוסעים.

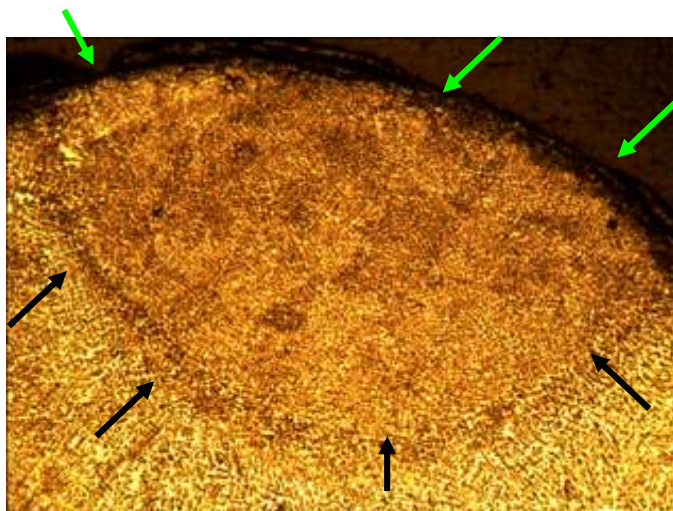
בנוהל מודגש, כי **האפשרות לכשל המערכת עולה עם השימוש**, מכאן הומלץ בנוהל, לבצע בדיקת המערכת לעיתים קרובות, ככל שגיל המערכת עולה. כך למשל הודגש, לדוגמא, שבדיקת המערכת לאחר 700 שעות פעולה, תהיה קריטית יותר מאשר בדיקתה לאחר 100 שעות פעולה.

בנוסף, הובהר, כי לפני החורף יש לבדוק את המערכת, אם יש כוונה להשתמש בחימום תא הנוסעים.

על פי הנוהל יש להתקין בכל מטוסי PA-32 **דוד עמעם חדש, בכל 1,000 שעות פעולה, או פחות.**

בהמשך הנוהל מצוין, כי לצורך בדיקת מחיצות העמעם, יש **להסיר את צינור הפליטה**. ועוד מצוין, כי הימצאות סדקים, עיוות, או קורוזיה עמוקה, הינם **סיבה להחלפת דוד העמעם**. מתוך האמור לעיל ניתן להקיש, שאסור לבצע תיקון באמצעות ריתוך לסדק שאותר בדוד.

הערה: צוות החקירה מצא, כי הוראות התחזוקה המפורטות לעיל, לא היו נהירות גם במכוני בדק נוספים.



תפר הריתוך כפי שאותר במעבדה (גבולו מצוין בחיצים שחורים), אשר חיבר את הסעפת עם הדוד. פני השבר מעוגלים (חיצים ירוקים) ומחומצנים כתוצאה מחשיפה ארוכה לחמצון לאחר התנתקות התפר. זהו סימן מובהק לכך שההתנתקות לא ארעה בעת טיסת התאונה.



עם הפרדת העמעם הוברר, שהמחיצות ההשתקה אינן קיימות

1.8.2.3.9 עפ"י הנוהל, אם אחד החלקים אינו נגיש לבדיקת ראייה, יש לבצע את אחת משתי הפעולות הבאות:

☒ בדיקת נזילות של הדוד והצינורות בלחץ של PSI 2, כשהרכיב טבול במים.

☒ ביצוע בדיקה קרקעית תוך שימוש בגלאי CO (פחמן חד-חמצני) בדרך הבאה: להציב את המטוס לתוך הרוח, לחמם את המנוע ולקדם את המצערת לסל"ד סטטי מלא כשפתחי החימום בתא פתוחים, ולדגום את האוויר היוצא מכל פתח יציאה. אם נמצא ריכוז CO העולה על 0.0005%, או אם מתקבלת קריאה "מסוכנת" במחווך שאינו מכויל באחוזים, יש להחליף את העמעם.

1.9 תמליל ערוץ המגדל ותמליל אווירה (בדקות ובשניות)

ערוץ	אווירה	מדווח	תוכן ההודעה
0: 00		ANS	להסיע אלפא נובמבר סיירה (הטייס)
0: 04		מגדל	אלפא נובמבר סיירה להסיע, להמתין לפני אחד שש, הלחץ שלוש אפס ארבע
0: 09		ANS	אחד שש, לחץ שלוש אפס ארבע, אלפא נובמבר סיירה
2: 49	0: 00	ANS	רשות להתיישר אנס... (אלפא נובמבר סיירה)
2: 52	0: 03	מגדל	אלפא נובמבר סיירה תתיישר, הלחץ שש, אחד חמש אפס, עשרה, זה יהיה לשדה תימן ישר?
3: 00		ANS	לתימן כן, בנתיבים
3: 03		מגדל	רות
3: 05		ANS	(שם הפקח), בוקר טוב, יש לכם סגירה בצהריים? (שינוי קול – מדריך)
3: 10		מגדל	נכון, בין אחת וחצי לשתיים וחצי
3: 13		ANS	אחת וחצי לשתיים וחצי, טוב, נשתדל להגיע קודם.
3: 23		ANS	עכשיו בקשה קטנה, זה לא דחוף לי אך אני צריך את זה, אתמול, אלפא ויקטור ויקטור וצארלי אקסריי קילו המריאו לשדה דב... אם אני יכול לקבל זמני המראה ונחיתה. זה לא דחוף לי עכשיו, אחרי שנגיע.
3: 37		מגדל	אני יכולה לחפש לך, יש את זה גם בהח... אצל המזכירה... אצל עדי
3: 42		ANS	אה, בסדר אם תחפשי אני אודה לך מאד
3: 45		מגדל	בסדר
3: 46		ANS	טוב
4: 12		מגדל	מה אותות הקריאה, (שם החונך)?
4: 14		ANS	אלפא ויקטור ויקטור וצארלי אקסריי קילו... הם המריאו לשדה דב בערב... אחרי הצהריים, משהו כזה
4: 30	1: 41	ANS	רשות לעזיבה, אלפא נובמבר סיירה (שינוי קול חוזר - הטייס)
4: 34	1: 46	מגדל	אלפא נובמבר סיירה אחד שש, רשאי להמריא בשמאלית אלף, למחלף דרום, נגדית אלף חמש מאות.
4: 40	1: 52	ANS	בשמאלית אלף, למחלף דרום, רשאי להמריא, עוקף את בתי הזיקוק אלפא נובמבר סיירה.
4: 46	1: 58	מגדל	(שני קליקים)
2: 28	2: 28	מטוס	מתחילים לשמוע את המנוע (מתקרב)
2: 32	2: 32	מטוס	שיא רעש המנוע
2: 37	2: 37	מטוס	דעיכת רעש המנוע (מתרחק)
5: 34	2: 47	ANS	נובמבר סיירה אנחנו חוזרים לנחיתה (שינוי קול חוזר - המדריך)
5: 38	2: 54	מגדל	קיבלתי, חוזרים לנחיתה, קרה משהו?
5: 41	2: 54	ANS	רות
2: 57	2: 57	רמ"ש	רמזור (בהדגשה)
2: 58	2: 58	פקח	הוא לא אמר לשלוש ארבע
3: 00	3: 00	רמ"ש	רמזור (בהדגשה מתגברת) תראה מה קורה
		פקח	מה הוא עושה?
3: 01	3: 01	מטוס	שומעים שוב את המנוע (מתקרב)
3: 03	3: 03		מפסיקים לשמוע את המטוס
3: 06	3: 06	רמ"ש	מצב חירום שלוש, מצב חירום שלוש (רואים את האירוע – מתחילה ההמולה)
3: 15	3: 15		הוא התרסק וכו'

* בצהוב – הקלטה של אווירה בלבד.

מסלול טיסת התאונה ממגדל הפיקוח



1.10 החקירה

1.10.1 החקירה הראשונית

התאונה ארעה ביום חמישי בבוקר, בשעה 09:10 לערך ודווחה מיידית לחוקר הראשי, ע"י מנהל השדה האזרחי, תוך מסירת פרטים ראשוניים חשובים. בתוך זמן קצר הגיעו גם דיווחים מהמשטרה, מד"א, חיל האוויר, מודיעין טיס ועוד. כיוון שהיה ברור מלכתחילה, כי מדובר בתאונה קטלנית, מורכבת וקשה, הפעיל החוקר הראשי את חדר המצב שלו ושלח חוקרים רבים "לכסות" את האירוע:

- ☒ שניים המתגוררים בחיפה נשלחו להגיע מיידית לאתר ולתעד.
- ☒ שלישי שהיה בהרצליה טס לצלם מהאוויר ולסייע בחקירה על הקרקע.
- ☒ מספר חוקרים שהיו פזורים באזור המרכז נשלחו ישירות לשדה.
- ☒ נציג "מכון הכשל" התבקש להגיע אף הוא לאתר התאונה.
- ☒ חוקר נוסף נשלח לאסוף את הניירת הטכנית של המטוס והמנוע.

במקביל קיים החוקר הראשי, מחדר המצב, קשר רצוף, הן עם החוקרים השונים והן עם גורמי מידע ודיווח, ובכללם: המשטרה, חיל האוויר, מפקדת הבסיס, הנהלת השדה, מד"א, המכון הפתולוגי, החברה ועוד. בנוסף, מעבר לעדכון הנהלת משרד התחבורה והדוברות, הסתייע החוקר הראשי בגורמי הביטחון והלוגיסטיקה של המשרד, למשימות האבטחה והשינוע.

בסיוע מנוף גדול, מנמל חיפה, שהוצב באתר התאונה לאחר תמרון רב, הועברו שברי המטוס, במשאית ייעודית, חלקם למכון הבדק לבדיקת המנוע, ויתרתם למשטח המטוסים בשירות המטאורולוגי בבית דגן. חלקים חשודים אחרים הועברו ישירות ל"מכון הכשל" לבחינות מטלורגיות שונות. בתיאום עם המשטרה ועם המכון הפתולוגי, הועברו הגופות למכון לרפואה משפטית באבו כביר, לשם נתיחה שלאחר המוות ולקחת דגימות הנחוצות לצורכי החקירה.

טכנאי החברה המפעילה את מצלמות האבטחה בשדה נקראו לאיתור אפשרי של הקלטות שתעדו את האירוע - כבר בשעות הלילה נשלחה הקלטה מסוימת, עם רץ מיוחד, לחוקר הראשי.

אופיו של אתר התאונה הצריך את החוקרים להמשיך את חקירתם באתר גם ביום המחרת, לשם ביצוע מדידות ותיעוד מדויק יותר של הסימנים והפגיעות, בקרקע ובצמחייה, המרחקים, הגבהים ואופייה של כל פגיעה.

בהמשך יום המחרת שוחח החוקר הראשי עם הרופאים המשפטיים שביצעו את הנתירות שלאחר המוות וקיבל מהם נתונים ראשוניים אודות הנתירות שבוצעו. במשותף נעשה ניתוח של המצב בו הוגדרו הממצאים הראשוניים שניתן היה להסיק מהן לקידום החקירה, כבר באותו השלב.

הערות:

☒ העדרו של רכב החפ"ק של משרד התחבורה, באתר, בשני ימי החקירה, הורגש שוב. צריך לעשות מאמץ לנייד את החפ"ק, לאתרי תאונה קשים, הן לצורך הגעה והן לצורך העבודה המתמשכת של החוקרים,

☒ צריך להיערך לתדרוך מקדים, היכן שאפשר, של החוקרים הפתולוגיים, על מנת להפנותם לבצע סוגי בדיקות, נוספות לאלה המבוצעות באופן רגיל, ואשר נדרשות לחקירה.

1.10.2 הרחבת החקירה

התאונה התרחשה כאמור ביום חמישי, ארבעה ימים לפני ליל הסדר, מועד שהצריך תאומים וסידורים, מעבר למה שנדרש, בדרך כלל, בתאונה רחבת היקף שכזו.

העובדה, כי הועלה חשד ראשוני בדבר תקלה במנוע, מלווה בהתלבטות רת"א אם יש לנקוט אמצעי בטיחות כל שהם, כמו קרקוע זמני של מטוסים, רק הוסיפה ללחץ, להתייחס לחשד זה, מוקדם ככל שניתן.

חיל האוויר, שתחקר את הצד הצבאי בשדה, כבר ביום התאונה, העביר פרטים חשובים מהתחקיר שביצע, אך יחד עם זאת, העברת הקלטות מגדל הפיקוח הייתה מאוחרת – הקלטת ערוץ המגדל הועברה לידי צוות החקירה, בחלוף שבוע ויותר לאחר התאונה, ואילו העברת הקלטת "אווירת המגדל", שהייתה קריטית יותר, נדחתה ביותר משבוע נוסף, קרי 18 ימים לאחר התאונה.

יצוין, כי המניעה להשתתפות החוקרים האזרחיים בחקירת עדי ראיה וממלאי תפקיד צבאיים, אפילו כמשקיפים, פוגמת באיכותה של החקירה האזרחית ופוגעת ביעילותה. למרות האמור, המידע שהועבר בסופו של דבר על ידי חיל האוויר היה חשוב וקריטי לניתוח התאונה.

1.10.3 קביעת תרחיש התאונה

לאחר שמרבית הנתונים נאספו, העלה צוות החקירה את התרחישים האפשריים, הן באשר לגורם ההתחלתי הקשור לחזרה המיידית לנחיתה, על המסלול ההפוך, והן באשר לאופן הביצוע של החזרה לנחיתה.

לחלק מן התרחישים יש, לכאורה, ראיות ו/או נסיבות תומכות וחלקם תיאורטי בלבד. כל אחד מהתרחישים נבחן לגבי מידת היתכנותו ובעיקר לגבי התאמתו להסביר, לכאורה, את המאפיינים העיקריים בפאזל האירוע. לאחר שנשללו מרבית התרחישים, נבחנו אותם תרחישים שהוגדרו כאפשריים, בטיסות סימולציה, במערכת הממוחשבת של חה"א/מבק"א ובטיסת תחקיר, ע"י טייס ניסוי וטייס שני שהוא גם מהנדס ניסוי (להלן: טייסי ניסוי), על מנת להעריך את ההסתברות של כל אחד מהתרחישים להוות גורם מסביר לתאונה.

לסיכום האמור, כללה החקירה בדיקה של תחומים רבים במקביל, תוך הצלבת הנתונים והשלמת פרטים ככל שנדרש. התחומים העיקריים בחקירה, היו:

- ☒ פענוח וניתוח של הקלטת מצלמת האבטחה של השדה.
 - ☒ חקירה מטלורגית של חלקי צינור הפליטה, במכון לחקר הכשל.
 - ☒ השלמת המדידות והניתוח של הממצאים באתר התאונה.
 - ☒ השלמת גביית העדויות מעדי הראיה הרבים.
 - ☒ פענוח וניתוח של תמלילי הקלטות מגדל הפיקוח.
 - ☒ בדיקה ולימוד של ביצועי המטוס הספציפי.
 - ☒ בדיקת הגורם האנושי של הטייס והחונך.
 - ☒ ניתוח הנתבי שבוצע, על-פי העדויות והממצאים.
 - ☒ בחינת מסלולי טיסה אפשריים בסימולאטור חה"א, והתובנות הנלוות לבחינה.
 - ☒ בדיקה ובחינה של תרחישים מסבירים, בטיסת תחקיר, על-ידי טייסי הניסוי.
 - ☒ איסוף נתונים כללי: מזג אוויר, חברה וכד'.
 - ☒ שחזור תרחיש התאונה.
- במקביל, מונה צוות חוקרים לבצע מחקר יישומי וייעודי לנושא נחיתות חרום ונחיתות אונס, בתעופה הכללית ובתעופה הזעירה, תוך השוואת התוצאות למחקרים דומים בעולם.

סיכום

מדובר בחקירה מורכבת ומסובכת שלא סיפקה מיידית כיוון חקירה וודאי, אלא כזו שהצריכה ביצוען של פעולות רבות ובמקביל, על מנת לאתר את התרחישים האפשריים. במהלכה, השתנו כיווני החקירה, מספר פעמים, עד שהחל "הפיצוח". ראוי לציין את הסיוע שניתן מטעם מפקדת הבסיס, מבק"א, הנהלת השדה, המשטרה, אגף לוגיסטיקה של משרד התחבורה והמעבדות לחקר הכשל הממוקמות במדרשת רופין, שמשרד החקור הראשי מסתייע בשרותיהן מזה שנים.

2. ניתוח

ניתוח חומר החקירה נעשה כעבודת "פאזל" המשלבת ניתוח של עובדות, נתונים, חישובים, ניסויים, שחזורים והקלטות, יחד עם היכרות המאפיינים של הפעילות בשדה התעופה חיפה והדינאמיקה שבין המעורבים, הן באופן כללי והן באופן פרטני. בעבודת "הפאזל" נשללו על הסף תרחישים שאין להם "בדל של ראיה" או סבירות מספקת להתרחשותם ונבחנו אותם התרחישים האפשריים, לפחות תיאורטית, למול התשתית העובדתית שאסף וליקט צוות החקירה. שיטה בדוקה לפתרון "הפאזל", מתבססת על איתור אותם "ממצאי ברזל" שכל תרחיש שייבחר, מחויב להסבירם. אם הממצא הוא "מסקנה של צוות החקירה באשר לעובדה, נתון, חישוב, שלב או ליקוי המצויים בשרשרת האירועים של התאונה", ממצא "ברזל" הוא כזה, שאין להתעלם ממנו וחובה להסבירו או לשלבו, באופן סביר, בשרשרת האירועים שסופה בתאונה. דוגמאות לממצאי "ברזל" באירוע הנחקר:

- ☒ מהירות המטוס בניתוק ומיקומו של המטוס בשלב הניתוק.
- ☒ רעש המנוע בהמראה ובשניות שקדמו לתאונה.
- ☒ ביצועי המטוס, בתצורה שהיה, בפנייה בגובה נמוך.
- ☒ ממצאי אתר התאונה לגבי אופי וכיוון הפגיעה.
- ☒ ממצאים טכניים עיקריים.

2.1 פענוח הקלטות המגדל

2.1.1 צוות החקירה קיבל מחיל האוויר את שתי ההקלטות הרלוונטיות לאירוע:

האחת (משך 6 דקות לערך) - ערוץ מגדל "נקי".

השנייה (משך 4 דקות לערך) - אווירת סוכת המגדל.

הקלטת השמע הראשונה נעשית באמצעות חיבור פיזי למכשיר הקשר של המגדל והיא מכילה את שידורי הפקחים והטייסים באופן הנקי והברור ביותר. ההקלטה מתחילה בבקשת הטייס להסיע ומסתיימת בדיווח האחרון מצד המטוס, נשוא התאונה.

הקלטת השמע השנייה נעשית באמצעות מיקרופון המוצב בחלל סוכת המגדל ובאמצעותו מוקלטים הרמקולים של ערוצי התקשורת הפועלים, שיחות הפקחים, בינם לבין עצמם ולבין אחרים, וכל רעש אחר הנשמע במגדל. ההקלטה מתחילה בבקשת הטייס להמריא ומסתיימת, זמן קצר לאחר ההתרסקות, שניות מספר לאחר הכרזת מצב חרום 3.

2.1.2 ההקלטה הנקייה של הערוץ, היא בדרך כלל איכותית וברורה יותר מזו של הקלטת האווירה. במקרה הנחקר הייתה הקלטת האווירה ברורה וחזקה מספיק. יתרה מכך, בזמן החופף של שתי ההקלטות, כל מה שנאמר בהקלטה הנקייה נקלט גם בהקלטת האווירה. הקלטת האווירה אינה כוללת את החלק הראשון, משלב בקשת הרשות להסיע ועד לבקשת הטייס להמריא. בשלב זה קיבל הטייס את מרשה ההסעה והשיב "רידבק" מלא.

2.1.3 לאחר כ – 3 דקות מבקשת ההסעה, ביקש הטייס להתיישר והפקח אישר לו זאת, תוך יידוע הטייס על נתוני הלחץ והרוח. בשלב זה, של התיישרות והמתנה להמראה, ניהל החונך, ביוזמתו, שיחה מנהלתית עם הפקח, שבמהותה ביקש לברר לגבי מועד הסגירה של השדה ופרטים לגבי שני מטוסים שהמריאו יום קודם לכן מחיפה לשדה דב. השיחה הייתה "חברית" ונינוחה, תוך שימוש הדדי בשמות פרטיים, כפי שכנראה מקובל בשדה קטן שבו "כולם מכירים את כולם". שיחה זו נמשכה עד לשלב הבקשה להמריא.

מיד לאחר שהחונך סיים את שיחתו עם הפקח, חזר הטייס לקשר (כפי שמצופה מטייס מפקד) וביקש רשות להמריא. הפקח מסר לו את מרשה ההמראה דרומה, על מסלול 16 והטייס החזיר "רידבק", תוך שציין, כי יעקוף את בתי הזיקוק – משמעות האמירה, כי בכוונתו לבצע "המראה ארוכה". המגדל אישר סופית את ההמראה בשני "קליקים".

הערה: המונחים המראה קצרה והמראה ארוכה שגורים בפי הטייסים והפקחים בשדה התעופה חיפה, כאשר המסלול בשימוש הוא 16.

המראה קצרה – משמעותה, פניה שמאלה מזרחה, זמן קצר אחרי ההמראה, עם מעבר קו "הלבניות", ומשם צפונה ואח"כ מערבה לנקודת "מחלף דרום".

המראה ארוכה – משמעותה, המשך דרומה, פנייה שמאלה מזרחה, לאחר מעבר קו "הלבניות", ומשם צפונה ואח"כ מערבה לנקודת "מחלף דרום".

הריצה החלה, בפועל, כ – 8 שניות לאחר מתן האישור להמריא ונמשכה כ – 61 שניות (01:15 דקות), בדיוק של שנייה עד שתיים (יובהר בהמשך הניתוח).

2.1.4 על מנת להקל על הבנת הפענוח של ההקלטות ובהמשך על ניתוח מסלול הטיסה, מוצג להלן לוח זמנים יחסי, משלב מתן אישור ההמראה בשני קליקים (זמן יחסי 00:00) ועד להכרזת חרום 3 (01:10 לערך).

הערה: בשלב זה של הניתוח, אין בעיקרון, התייחסות לתפקוד, או לכוונה של המדווחים/המעורבים, אלא בעיקר לניתוח לוח הזמנים כבסיס לניתוח מסלול הטיסה שביצעו הטייסים, מתחילת ריצת ההמראה ועד לתאונה.

2.1.5 זמנים ואירועים בטיסה (מתוך הצלבת פענוח שתי ההקלטות):

00:00 -	אישור המגדל להמראה בשני קליקים.
00:30 -	מתחיל להישמע מנוע המטוס בהתקרבו למגדל.
00:34 -	רעש המטוס הוא החזק ביותר (מיד בחליפה).
00:39 -	רעש המטוס דעך לגמרי, בהתרחקותו מהמגדל.
00:49 -	החונך מודיע: "נובמבר סיירה אנחנו חוזרים לנחיתה".
00:53 -	הפקח מאשר את קבלת ההודעה ושואל אם קרה משהו.
00:56 -	החונך "מפטיר" מילה כלשהי, כנראה "רות".
00:59 -	הרמ"ש שזמן קצר לפני כן נכנס למגדל, מנחה את הפקח לחסום חזרה את חציית הרכבים את המסלול: "רמזור!!!".
01:00 -	הפקח: "הוא לא אמר לשלוש ארבע".
01:02 -	לשאלתו, חוזר הרמ"ש על הנחייתו ביחס לרמזור ו"מוכיח" את הפקח באומרו: "אינך רואה מה קורה?".
00:53 -	הפקח שואל: "מה הוא עושה?".
01:03 - 01:05 -	המטוס נשמע שוב, חלש, אך עם קול מנוע סדיר ורצוף.
01:08 -	מתחילה ה"המולה" במגדל – פעמון, הכרזת חירום 3, טלפונים והזנקת כוחות פנימיים וחיצוניים.

2.1.6 מבלי להיכנס, בשלב זה, לחקירת הגורם האנושי ומבלי לנסות לבסס עדיין השערות, ניתן לציין, על-פי התמלול, ההקלטות והנורמות המקובלות בשדה התעופה חיפה ובחברה, את התובנות העיקריות הבאות:

2.1.6.1 הטייס אשר הכין את הטיסה, הגיש את תוכנית הטיסה ובדק את הנתונים המחויבים, הוא זה ששימש טייס מפקד בטיסת התאונה, ניהל את הקשר והטיס את המטוס. כל הפעולות הקשורות בטיסה נעשו על ידו, בין השאר: ההסעה, ההתיישרות וההמראה.

2.1.6.2 החונך, גם אם היה רשמית במעמד נוסע, שימש בפועל כמדריך ולו רק משום שנוכחותו נדרשה על מנת שהביטוח יהיה תקף. מעבר לעובדה, כי החונך הכין את המטוס יום קודם, לטיסה, כולל בדיקה, תדלוק וניקוז – ניתן להתרשם, כי הרגיש "חופשי" במטוס, התערב בקשר, בנושאים מנהלתיים (שהרי היה מדריכו של הטייס), אך לא התערב, לפחות חיצונית, בפעולותיו של הטייס. ראוי לזכור, שכל הטיסה תוכננה להתבצע על ידי הטייס שהוסמך, במינימום התערבות מצד המדריך.

2.1.6.3 כ – 30 שניות לאחר אישור ההמראה מתחיל להישמע קול המנוע של המטוס, בהקלטת האווירה של המגדל, למשך כ – 9 שניות. רעש המנוע נשמע תקין, סדיר, רציף ורגיל. במהירות מחושבת, ממוצעת, של 90 מיי"ש, החל להישמע המטוס כ – 200 מטר לפי קו המגדל ובמרחק דומה לאחר שעבר את קו המגדל, חלק ראשון נגד כיוון הרוח וחלק שני עם כיוון הרוח. מרחק הקליטה של הרעש, בשני החלקים, היה 250 – 300 מטרים, לערך, מסוכת המגדל.

2.1.6.4 הדיווח על החזרה לנחיתה, היה מצד החונך, בלשון רבים: "אנחנו חוזרים". קולו של החונך נשמע שקט, בוטח ושקול, מבלי שהופגן בו, לפחות לא כלפי חוץ, לחץ חריג.

כמענה לשאלת הפקח אם קרה משהו, השיב החונך בקצרה "רות?", באופן שמצביע אולי על בניית לחץ. הדיווח של החזרה נעשתה כ – 15 שניות לאחר שהמטוס חלף את קו המגדל, כשהמטוס עדיין מעל למסלול, מעל סופו.

2.1.6.5 ראש המשמרת של הפקחים עלה לסוכה זמן קצר מאוד לפני התאונה. הוא ראה ושמע את ההמראה ותשומת ליבו הוסטה למטוס, ברגע שהתקבל הדיווח על החזרה לנחיתה. בתוך 10 שניות, מרגע שהחל החונך בהודעה על החזרה לנחיתה כבר הנחה הרמ"ש את הפקח בעמדה להפעיל את הרמזור. מאופי הדברים ומקצב הדברים ניתן להסיק:

☒ זמן מה לאחר ההמראה הפעיל הפקח את הרמזור והדליק אור ירוק המאפשר חצייה של כלי רכב את המסלול.

☒ בתוך 10 שניות מתחילת ההודעה של החונך כבר הבין הרמ"ש, כי המטוס אינו פונה ומטפס לתחילת "עם הרוח" למסלול 16, אלא ממשיך בגובה נמוך, בפנייה הדוקה, לנחיתה על מסלול 34. כיוון שכך, הנחה מיידית את הפקח להפעיל חזרה את הרמזור.

☒ הפקח עדין לא הבין את הנעשה ולכן שאל "אבל הוא לא אמר 34", עד כי הרמ"ש חזר על הנחייתו, תוך נימת תוכחה כלשהי: "אינך רואה מה הוא עושה?".

הביטחון של הרמ"ש, מעבר לניסיונו במגדל ובמאפיינים של הטיסה, מלמד שהמטוס עבר, בפועל, כברת דרך משמעותית מתוך הפנייה (בדיעבד - 205 מעלות, לכל היותר), כזו שממנה הסיק הרמ"ש כי הוא מבצע Tear Drop למסלול ההפוך.

2.1.6.6 בעבור 36 שניות מחליפת המטוס את קו המגדל ו – 21 שניות מתחילת ההודעה על החזרה לנחיתה, החל המגדל, בפועל, בביצוע פעולות החרום, המתחייבות בעקבות תאונה קשה.

נתון זה, קודם שנבדקו ביצועי המטוס, מחזק את האפשרות, כי הדיווח על החזרה לפנייה נעשה, בפועל, בסמוך מאד לתחילת הפנייה שמאלה.

העובדה, כי החונך היה זה שדיווח לראשונה על החזרה לנחיתה, אפשר שנובעת מ"הנחייה" מצידו שבוצעה מידית ע"י הטייס ואפשר שמעידה על האפשרות, שהוא "התנדב"/"הזדרז" לסייע לטייס שהחל כבר בפנייה שמאלה, כנראה מבלי שהתפנה/הצליח, קודם לכן, לדווח על כך למגדל.

נימת קולו של החונך, בשלב הראשוני של הפנייה, יש בה כדי להעיד שלא היה מדובר בלחץ חריג ומוגזם, או כזה שעלול להתפרש כמשתק או כמצביע על חוסר שליטה.

2.1.7 בשניות האחרונות לפני הפגיעה בעצים נשמע רעש המנוע שנית בהתקרבו אל המגדל. למרות שהרעש היה חלש, ניתן להתרשם, כי היה רציף, סדיר וללא הפרעה או גמגום.

יחד עם זאת, מאחר שהמרחק של המטוס מהמגדל, אותה עת, היה גדול פי שלושה ויותר, מהמרחק המכסימלי בזמן חליפת המטוס את המגדל, בהמראה, ניתן להסיק כי הרעש של המנוע, בפועל, היה חזק בהרבה מזה שהיה בעת החליפה של המגדל.

יודגש, כי אמירה זו נתמכת במספר עדויות אמינות של עדי ראיה ושמיעה שהעידו בפני צוות החקירה, כי נשמע קול מנוע רצוף וחזק.

2.1.8 בתוך שניות בודדות הפעיל צוות הפקחים במגדל את הפעמון, הזניק את צוות הכיבוי, הכריז על מצב חירום 3, הזעיק את כוחות האבטחה, המשטרה והרפואה, כולל קריאת ממלאי התפקיד הבכירים. האווירה הנשמעת בהקלטת המגדל, אותה העת, הייתה של לחץ חיובי, המעיד על תכליתיות ועל פעולות לפי רשימת תיוג ייעודית, מוכנה מראש.

2.2 אבני היסוד (ממצאי ברזל) לניתוח מסלול הטיסה

2.2.1 משקל ואיזון

הטייס השאיר במבצעים של החברה, קודם היציאה לטיסה, טופס משקל ואיזון, לפיו המשקל הכולל של המטוס בהמראה היה 3,053 ליברות כשהמכסימום המותר, על-פי היצרן, הוא 3,400 ליברות – נמצאה טעות בלתי משמעותית בחישוב שביצע הטייס.

כל מהותה של הטעות בחישוב המשקל, מתבטא בעובדה, כי הטייס חישב את משקל האנשים במטוס, על פי מה שהיה מקובל בתעופה, קרי 75 ק"ג לאדם (סה"כ לארבעה – 660 ליברות). בפועל, היה משקל ארבעת האנשים 340 ק"ג ועם לבוש סטנדרטי כ- 350 ק"ג (770 ליברות) - תוספת של 110 ליברות לערך. משמעות החישוב, כי משקל המטוס בפועל היה לפחות 3,150 ליברות – עדיין "עמוק" בתחום המותר.

הערה: במרבית החישובים התבסס צוות החקירה על משקל מטוס כולל, של 3,100 ליברות.

בשורה התחתונה – משקל המטוס ואיזונו נמצאו בטיסה בתוך המעטפת המותרת והם לא היו גורם, או סיבה תורמת, לתאונה.

2.2.2 מהירות המטוס בניתוק ומיקומו בעת הניתוק

כפי שצוין במידע העובדתי, נקלט המטוס על-ידי מצלמת אבטחה המצויה על גג הטרמינל האזרחי כשזו מכוונת מעט צפונה מצומת מסלול ההסעה עם מסלול ההמראה.

בפענוח הקלטת המצלמה, נצפה המטוס בקטע קצר מתוך ריצת ההמראה, שאורכו 137.5 מטרים לערך. לקראת סוף אותו הקטע, סמוך מאוד לצומת, ניתן להבחין בניתוק של המטוס. שלב הניתוק, כפי שניתן להתרשם מהצילום היה שטוח ומתון, יחסית.

ממוצע של מדידה חוזרת ונשנית של "מעבר" המטוס את קטע הצילום (מצד שמאל של המסך לצד ימין) היה 3.63 שניות לאותו קטע.

מתוך כך, הייתה המהירות המחושבת, הממוצעת באותו שלב של הניתוק כ- 85 מיי"ש (73 קשר לערך).

החישוב מחזק את גרסתם של טייסים, המנוסים בהמראות עם המטוס נשוא התאונה, בחיפה, לפיה, אזור הניתוק, בהמראה מתחילת הזברה, כפי שבדרך כלל נהוג, נמצא בצומת עם מסלול ההסעה הצולב. גם מהירות הניתוק מתאימה להנחיית היצרן, למשוך קלות במוט ההיגוי, במהירות 65 – 70 מיי"ש, תוך איסוף מהירות לשם הניתוק.

מרחק הצומת, לקראתה ניתק המטוס - 420 מטרים מתחילת הזברה, "סוגר את התמונה" ומעיד, כי המטוס היה בריצת ההמראה עם מנוע בכוח מלא וביצועי המטוס היו תואמים את הביצועים המצופים ממטוס תקין.

2.2.3 כיוון הטיסה בפגיעה בעצים

המטוס פגע במהלך התרסקותו בשמונה עצים לפחות. את העץ הראשון חלף תוך פגיעה, עם קצה כנף שמאל, באמיריו, בגובה שבין 12 מטרים ל – 15 מטרים ואת עיקר מכת הנגיפה ספג העץ השני, שהיה מרוחק ממנו 14.7 מטרים, בגובה שבין 3 מטרים ל – 15 מטרים.

המטוס פגע בעץ השני, בעיקר עם שורש כנף ימין ואולי עם קצה להב אחד של הפרופלור, אשר נשבר. המטוס פגע בגזע המפוצל של העץ (בצורת V) והפריד אותו בעוצמה רבה. כתוצאה מהמכה החזקה ניתק המנוע קדימה, תוך שבירת חיבור התושבת שלו. עיקר השברים נפלו ובערו באזור העצים השני והשלישי. חלקים אחרים של המטוס פגעו בחמישה עצים נוספים.

אופי הפגיעה של המטוס, תחילה עם קצה כנף שמאל בעץ הראשון ומיד אחר כך עם כנף ימין, בעץ השני, מלמד, פרט לעובדה שהמטוס היה בהטיה שמאלית ובשיעור מתון של ירידת אף, כי כיוון הפגיעה היה 317, בדיוק של מעלה אחת עד שתי מעלות.

מיקום נקודת הפגיעה, הגובה הנמוך, יחד עם כיוון המטוס בפגיעה בעצים, יש בהם כדי להעיד, כי הטייסים תכננו ותמרנו, כמעט בכול מחיר, להגיע לנגיעה באזור שבין שליש למחצית מסלול 34.

2.2.4 רדיוס הפנייה

כל עדויות עדי הראיה באשר להמראה, הצביעו על כך שהמטוס אסף גובה, מעל ציר המסלול, קודם שהחל בפנייה שמאלה. אין עדות לפנייה כל שהיא ימינה, קודם הפנייה שמאלה.

ההמראה הייתה בכיוון 160, בעוד שמיקום הפגיעה הראשונה בעצים היה 260 מטרים מקו ציר מסלול 16, בכיוון טיסה 317, קרי: 203 מעלות פנייה.

על מנת "לדרוס" את נקודת הפגיעה, בכיוון כללי 315 (נתיב מתכנס – מעט יותר מ – 180 מעלות) ובתוך 21 שניות מהודעת החזרה, או 36 שניות מחליפת קו המגדל, נדרש המטוס לבצע פנייה הדוקה, במהירות נמוכה, יחסית, ברדיוס הגדול במעט ממחצית הקוטר, קרי: רדיוס ממוצע של 140 – 150 מטרים.

כול רדיוס, הגדול משמעותית מ – 150 מטרים, "אינו מתיישב" עם אחד או יותר מהפרמטרים: משך הזמן הקצר של הפנייה, מיקום הפגיעה הראשונה, או כיוון הפגיעה בעצים.

2.2.5 משך הפנייה בפועל

נקודת ההתייחסות לשחזור מסלול הטיסה בתאונה, היא חליפת המטוס את קו המגדל בזמן שהמריא. מאחר שהמגדל קרוב למסלול, כ – 140 מטרים, רעש מנוע המטוס נשמע ברור וחזק, עד כי ניתן לקבוע את זמן החליפה, בדיוק של שנייה בודדת.

אשר על כן המועדים הרלוונטיים, עפ"י הקלטת האווירה, הם:

34: 00 – חליפת המטוס בהמראה

49: 00 – תחילת הדיווח על החזרה לנחיתה

59: 00 – הנחיית הרמ"ש להפעיל חזרה את הרמזור

05: 01 – גמר רעש מנוע המטוס בהתקרבו לאתר התאונה

08: 01 – תחילת התגובה של המגדל לתאונה.

על מנת לתזמן את מועד התאונה להקלטת האווירה, יש להתחשב במספר נתונים/משתנים כדלקמן:

מרחק נקודת ההתרסקות מהמגדל – 640 מטרים.

מהירות הקול הסטנדרטית, בתנאים דומים – 344 מ"ש/שנייה.

בחישוב פשוט ניתן לקבוע, כי משך הזמן שרעש המנוע הגיע ונקלט במגדל, בשלב שקדם להתרסקות, הוא שתי שניות, לפחות.

בהתחשב בעובדה, כי קשה מהמגדל להעריך במדויק את המיקום של מטוס באוויר, כל שכן את מיקומו היחסי מעל לעצמים קרקעיים (במקרה הנחקר – אמירי העצים), ניתן לקבוע, כי "ההבנה" הסופית כי ארעה תאונה הייתה מיד לאחר שהמטוס פגע בעצים והתלקח.

אם בהקלטת האווירה נשמע המטוס עד 05: 01 (יחסית למתן האישור להמריא) אזי בתזמון מחושב, בין מועד "יציאת" הקול לבין מועד הקלטתו במגדל, נכון לקבוע את מועד גמר רעש המנוע (שבריר שנייה לפני הפגיעה בעצים) ב – 03: 01 עד 04: 01. מסקנה זו מבהירה את מהלך האירועים לפיו, בתוך פרק זמן קצר של 4 - 5 שניות, ממועד הפגיעה הראשונית בעצים והופעת "פטריית העשן" הגיב המגדל, כפי שמתחייב ממצב החרום.

פועל יוצא של תזמון מועד הפגיעה בעצים, מוביל ללוח הזמנים הבא, יחסית למועד חליפת המטוס את קו המגדל בהמראה (34: 00).

15 שניות – תחילת הדיווח על החזרה לנחיתה (49: 00)

25 שניות – "רמזור" – הרמ"ש קולט את התמונה (59: 00)

30 שניות – סיום שמיעת רעש המנוע בהתחשב במהירות הקול

34 שניות – תחילת פעולות החרום מצד המגדל (09: 01)

בשלב זה של הניתוח ניתן לציין שני משכי זמן בסיסיים :
 תחילת הדיווח על החזרה לנחיתה – 15 שניות מחליפת קו המגדל בהמראה.
 משך הפנייה, עד לפגיעה בעצים – 14 - 15 שניות נוספות, מתחילת הדיווח.

על מנת לקבוע במדויק את משך הפניה בפועל, נותר לחשב את מועד תחילת הפניה בפועל, יחסית למועד תחילת הדיווח על החזרה לנחיתה.
 נקודת הפגיעה, נמצאת מזרחית למסלול, 100 מטר צפונית לקו סוף מסלול 16.
 קו זה מרוחק כ – 530 מטרים מקו המגדל. כדי שהמטוס יגיע לנקודת הפגיעה, בכיוון 317, מעט שמאלה מכיוון 340, אמור היה המטוס לחלוף, מעט קודם לכן, אזור המרוחק כ – 280 – 300 מטרים, מזרחית לקו סוף מסלול 16 ($530 + 100 = 630$ מטרים מקו המגדל).

ההמראה המומלצת, כפי שננקטה כנראה ע"י הטייס, כוללת, לאחר הניתוק, האצה, בטיפוס מתון, ל – 105 מיי"ש (91 קשרים לערך – 45.5 מ"ש/שנייה). במהירות 90 קשר עובר המטוס 675 מטרים (מעט יותר מיתרת המסלול מקו המגדל). כיוון שהמהירות הממוצעת, בשלב זה, נמוכה במעט מ – 105 מיי"ש, אפשר שהדיווח על החזרה לנחיתה הקדים את תחילת הפנייה בפועל, בשנייה עד שתיים – המשמעות : **משך הפנייה, בפועל, היה כ - 14 שניות.**



2.3 התחום הטכני

החלטת הטייס לשוב לנחיתה, פחות מ – 30 שניות אחרי שניתק המטוס מהמסלול, מצביעה, לכאורה, על בעיה כל שהיא שאותרה במטוס, שבעטייה הוחלט לשוב לנחיתה מיידית. כפי שעולה מהתקשורת שבין הטייס למגדל. הטייס לא ענה לשאלת הפקח באשר לסיבת החלטתו לשוב לנחיתה. אם היה עושה זאת, היה הדבר עשוי להקל על צוות החקירה, מותנה בדיוק האבחון של הטייס.

כול הסימנים העידו על כך שהמנוע לא כבה עד לפגיעה שהסתיימה בהתרסקות, ברם, על סמך העדויות ניתן להבין כי המנוע לא פעל "חלק" ולפעולתו נלוו: רעש חריג, או השתעלויות, או גמגום. למתבונן (שומע) מבחוץ אין אפשרות לקבוע אם שינוי רעש המנוע קשור לתקלה כל שהיא במטוס, או שהוא נובע מהפחתה יזומה של כוח המנוע על ידי הטייס, מסיבה כל שהיא.

בהעדר כיוון מוגדר, בתחילה, ולאור העובדה כי מרכיבים רבים במנוע ובמנופי הבקרה שבתא הטייס נאכלו באש שאחזה במטוס, בחן צוות החקירה אפשרויות רבות לתקלה, שנשללו, בפועל, בשל שתי עובדות עיקריות:

א. בדיקה תיאורטית ומעשית של ביצועי המטוס בפנייה הדוקה הצביעה על כך, כי על מנת לבצע את הפנייה שביצע המטוס, היה נדרש כוח מנוע כמעט מלא.

ב. המנוע נשמע ברציפות מתחילת ההמראה ועד שפגע בעצים, אם כי ישנן עדויות על שינויים ברעש בשלב שקדם לפנייה.

2.3.1 תקלה במערכת הדלק

2.3.1.1 נשללה בעיה באיכות הדלק של המטוס. מקור התדלוק נבדק ונמצא נקי. כמו כן, מטוסים אחרים שתודלקו מאותו מקור לא דיווחו על תקלה כל שהיא.

2.3.1.2 נשללה אפשרות של הימצאות מים בדלק – תוצאה מאי ניקוז או מניקוז שאינו מספק. הימצאות מים בדלק גורמת לזיוף או לגמגום זמני בפעולת המנוע, הנעלמים לאחר מספר שניות. אם כמות המים רבה מידי אזי יכבה המנוע, תופעה שלא ארעה.

2.3.1.3 נשללה אפשרות של הצבת בוחר הדלק במיקום לא נכון, או בהימצאותו במצב סגור. בשתי האפשרויות הנ"ל, ניסיון העבר מלמד, שבפרק זמן שבין עשרים שניות לדקה אחת ייכבה המנוע כליל, בשל שאיבת כל כמות הדלק שנמצאת בין בוחר הדלק ובין הקרבוראטור. זאת ועוד, במקרה של תקלה כנ"ל, לא יספיק הדלק הנותר בקו, לביצוע, התנעה, הסעה, בדיקות מנוע והמראה כאשר בורר הדלק סגור.

2.3.1.4 נשללה אפשרות לכשל במשאבת הדלק - במקרה שלנו המטוס עם כנף תחתית, כך שכשל משאבה יגרום לכביית מנוע מיידית. על פי הוראות היצרן, בהמראה מופעלת גם משאבת דלק חשמלית שמופסקת עם סיום ההמראה. אם היה כשל במשאבה המכאנית, אזי סביר להניח, כי הטייס היה מבחין בכך והיה שב ומפעיל את המשאבה החשמלית להמשך תפקוד המנוע.

2.3.2 תקלה במנוע

2.3.2.1 כשל מכני

כל תקלה טכנית הקשורה בשבר כל שהוא שארע לאחד ממרכיבי המנוע, מתבטאת בעצירת המנוע, או בהמשך פעולתו, תוך גריסת החלק שנשבר או החלקים הסמוכים אליו. בנוסף לכך, שבבי המתכת שנגרסו נמהלים בתוך השמן שבעוקה, כך שניתן לזהות בקלות, הימצאות שבבים במערכת השמן. המנוע פורק לחלקיו ולא אותר כל כשל מכני הקשור בפעילות הצילינדרים, השסתומים, או כל מערכת שמונעת באמצעות גלגלי השיניים של חטיבת האביזרים במנוע – השמן נמצא נקי.

2.3.2.2 עצירת פתע

בנוסף לכך לא נמצאה כל ראייה המצביעה על עצירת פתע שארעה למנוע. אומנם הפרופלור נמצא כשהוא תלוש ממקום תושבתו בקדמת המנוע. לכאורה זהו מצב שיכול להתרחש בעצירת פתע של המנוע, ברם, בשל סמיכות מקום הימצאו של הפרופלור באתר התאונה, יחסית למיקום המנוע (מטרים ספורים) סביר מאוד להניח כי ההיתלשות ארעה לאחר שניתק המנוע ממקומו, אלמלא כן היה הפרופלור מועף באוויר למרחק רב מאוד (על סמך ניסיון העבר).

שתי עובדות מחזקות את הטענה הנ"ל: הראשונה. להב אחד של הפרופלור נמצא כמעט מיושר – הדבר אינו אפשרי אם מתרחשת עצירת פתע.

עובדה שנייה קשורה באינדיקציה המוטבעת על גבי ה – DOWEL שהינו פין מרכז הגלגל המרכזי של גל הארכובה. על פי הוראות היצרן, בכול חשד לעצירת פתע יש לבדוק את ה – DOWEL ואם נמצא בו פגם (היווצרות אובליות או מעיכה מקומית) הדבר מלמד על עצירת פתע ויש לנקוט את פעולות האחזקה המתאימות. בחקירת המנוע נשוא התאונה ה – DOWEL נמצא ללא נזק.

2.3.2.3 תקלות חשמל – כל מערכות החשמל כפולות ומגבות אחת את השנייה.

המנוע מספק בעצמו את החשמל הנדרש להפעלתו באמצעות ה"מגנטו" (מערכת כפולה) וגם אם תקרוס כל מערכת אספקת החשמל במטוס, המנוע ימשיך לספק כוח ואפשר יהיה להביא את המטוס בבטחה לנחיתה. פגיעות מסוימות במערכת עלולות לגרום לירידה בכוח אולם לא במידה שתפסיק את עבודת המנוע.

העובדה, כי המנוע המשיך לפעול סדיר ורציף כל משך הפנייה ולספק כוח מלא שוללת את האפשרות לתקלת חשמל שפגעה משמעותית בכח המנוע.

2.3.2.4 אש במנוע – לא גורמת לכבייה מיידית של המנוע, אולם מחייבת את

התערבות הטייס לכבותה ולניתוק מערכת הדלק מהמנוע. משמעות הדבר היא, שינוי מייד ברעש ונחיתה אונס.

צוות החקירה לא מצא ראיות לאש באוויר וגם לא נתקבלו עדויות מהימנות לגבי אפשרות כזו.

"התעקשות" הטייסים לחזור לנחיתה על המסלול ההפוך, מהרגע הראשון של התופעה הטכנית והעדר דיווח מפורש, שוללים כמעט לחלוטין אפשרות כזו, אם כי קשה לקבוע בעניין חד משמעית, מאחר שמרבית חלקי המטוס נאכלו בשריפה שלאחר ההתרסקות.

סיכום: מתוך האמור, לאור ממצאי החקירה לא ארע כל נזק מכני במנוע, מכל סוג, שיכול להוות גורם לתאונה.

2.3.3 תקלת פרופלור

2.3.3.1 כשל ה - CSU

תפקיד מערכת ה - CSU לשמור על סיבובים קבועים של הפרופלור. המערכת מופעלת בלחץ השמן של המנוע ובאמצעות קפיצים ומשקולות. המערכת שומרת על הסל"ד כפי שקבע הטייס בהפעלתו את ידית שינוי הפסיעה של הלהבים.

מאחר שהוכח בטיסת הבדיקה כי לא ניתן היה לבצע את רדיוס הפנייה כפי שבוצע ללא כוח מנוע, נשללת אפשרות לתקלת ה - CSU.

2.3.3.2 תקלת לחץ שמן

אובדן לחץ השמן של המנוע יגרום לשיבוש בפעולתה התקינה של מערכת ה - CSU. מאחר שמערכות אחרות הקשורות בלחץ השמן לא כשלו, אזי נשללת תקלה מעין זו.

על פי אופי פעולת המערכת, בהעדר לחץ שמן, עוברים הלהבים לפסיעה עדינה תוך עליית סל"ד המנוע. במצב שכזה, ניתן להטיס את המטוס.

2.3.4 ליקוי בצינור הפליטה

2.3.4.1 חרף ביצוע חקירה טכנית רחבת היקף, לא נמצא גורם טכני, שיכול

להסביר את החלטת הטייס לשוב לנחיתה מיידית. לאחר מיצוי כל האפשרויות, בהתבסס על ממצאי החקירה, נותר רק ממצא אחד, שאותר בסריקה הראשונית של אתר התאונה והוא – הפרדה של קטע צינור הפליטה ממכלול סעפת הפליטה.

על פי ממצאי המעבדה לחקר הכשל ולאחר בחינה מטלורגית של החלקים התברר, כי הקטע הופרד מהסעפת עוד לפני פגיעת המטוס בעצים, היינו: **הפרדת החלק ארעה באוויר**.

2.3.4.2 מערכת צינור הפליטה מכילה דוד המשמש כעמעם, מעין "משתיק

קול", שנועד להפחית את רעש הפליטה של הגזים בשיעור ניכר. בחקירה הוברר, כי המחיצות שמפחיתות את הרעש לא נמצאות בתוך הדוד וסימנים רבים מלמדים על כך כי הן נאכלו עם הזמן ורק שארית קצותיהן נותרה.

מאחר שהמחיצות נאכלו, לא היה ניתן לשלב את צינור הפליטה אל הדוד, ולפיכך, לפני למעלה מעשר שנים, רותכה היציאה מהסעפת עם הדוד. עם הזמן כשל הריתוך והסעפת הופרדה למעשה מהדוד, אם, כי נשארה במקומה.

2.3.4.3 בהעדר רעש חריג של מערכת הפליטה של המטוס בטיסות קודמות

ובמהלך ההמראה של טיסת התאונה, סביר מאוד להניח כי ההיפרדות של שני החלקים ארעה במהלך הטיפוס הראשוני, כאירוע מקדים לפנייה חזרה לנחיתה.

2.3.4.4 העדר המחיצות בתוך הדוד מחד גיסא וניתוק סעפת הפליטה מהדוד

מאידך גיסא, שני אלה יוצרים עלייה דרמטית ברעש היוצא מצינור הפליטה של המנוע. צוות החקירה משער כי ממצא זה היווה את הגורם שהתניע את תהליך התאונה, כדלהלן: לאחר ניתוק המטוס מהמסלול, ארעה ההפרדה המהותית בין סעפת הפליטה של צילינדרים 2-4-6 במקום חיבורה לדוד, כתוצאה מכך רעש המנוע היה חריג בצורה קיצונית. בהעדר שינוי חיווי כל שהוא בתא הטייס, הקשור לתופעה הנ"ל, ספק אם הטייס יכול היה לאבחן את מהות התקלה באופן מיידי ונראה שזו הייתה הסיבה מדוע לא השיב מיד לשאלת הפקח באשר לסיבת חזרתו לנחיתה, יחד עם הצורך להטיס את המטוס בתמרון חריף ונמוך, כפי שגם נעשה.

2.3.5.1 עפ"י ממצאי צוות החקירה ולאור עדותו של המבקר הראשי במכון הבדק שבו תוחזק המטוס, כל הבדיקות המופיעות בספרות האחזקה שיש לבצען במערכת הפליטה בביקורת 100, לא היו ידועות למכון הבדק.

2.3.5.2 בהנחה הכמעט וודאית, כי מערכת הפליטה שהייתה מורכבת במטוס בטיסת התאונה, הינה זו שהייתה מורכבת במטוס בעת שהגיע לארץ (21.3.91), אזי עפ"י ההוראות שלעיל, על פיהן אורך החיים המרבי לדוד העמעם הנו 1000 שעות טיסה, דוד העמעם היה צריך להיות מוחלף **לפחות ארבע פעמים**. (המטוס הגיע לארץ עם 3,611 שעות ועד למועד התאונה השלים מעל ל – 7,300 שעות טיסה).
הערה: גם במכוני בדק אחרים לא היה ידוע, כי לדוד אורך חיים מוגדר.

2.3.5.3 עפ"י המוזכר בספרות האחזקה, שסעיפיה הרלוונטיים תוארו לעיל, בפרק הדן באחזקת מערכת הפליטה, אסור היה לבצע כל תיקון בדוד, **משום שכל סדק פוסל את השימוש בו**.

2.3.5.4 בהעדר המידע במכון הבדק, לא נבדק מצב המחיצות בתוך הדוד כנדרש, אלמלא כן היה נגלה לעין באופן ברור, כי המחיצות נאכלו זה מזמן.

2.4 ביצועי המטוס בטיסת תחקיר ובשחזור בסימולאטור

מרכיב חשוב בהערכת התרחישים האפשריים לתאונה הנחקרת, הוא ניתוח של ביצועי המטוס, בפנייה הדוקה, בגובה נמוך וברדיוס קטן, על מנת להעריך, הן את כוח המנוע הנדרש לשם כך והן את המשמעות הנגזרות מהנתונים.

לצורך הערכה זו, לא הסתפק צוות החקירה בעדויות ובביצועים של המטוס, על-פי ספר היצרן, אלא שחזר זאת בסימולאטור ייעודי של חיל האוויר ובטיסת תחקיר, על-ידי טייסי ניסוי שבחנו את ביצועיו של מטוס מאותו הסוג, תוך תיקון זהיר לדגם הספציפי (כוח מנוע 300 כ"ס לעומת 260 כ"ס).

בכל סוגי החישובים (ספר טייס, סימולאטור ומטוס דומה), התברר, כי עם כוח מלא, המטוס מסוגל לבצע את הפנייה ההדוקה, באופן גבולי, אם נכנס לפנייה במהירות מתאימה. בכוח מנוע, מעט מופחת, 85 – 90 אחוזים, המטוס אינו יכול "להחזיק" את הפנייה, אלא תוך כדי אובדן גובה בשיעור של 500 – 600 רגל לדקה.

2.4.1 כללי

2.4.1.1 השחזור במערכת הממוחשבת הייעודית של חיל האוויר לסימולציה

תלת ממדית, המתאימה למרבית דגמי המטוסים בעולם, בוצעה על-ידי טייס-חוקר של מבק"א/חיל האוויר, על בסיס הנתונים והעובדות שהעביר לידיו החוקר הראשי. בשחזורי הטיסה בוצעו ריצות המראה, בנתונים שונים, למדידת מרחק וזמן הריצה, וכן בוצעו מתארי טיסה ופנייה שונים, למדידת רדיוסי פנייה, מהירויות ושיעורי הנמכה וטיפול, כל אלה בתמונת רקע קרקעית של שדה התעופה ונקודת ההתרסקות.

2.4.1.2 טיסת התחקיר תוכננה ע"י צוות החקירה יחד עם שני טייסי הניסוי

ובמסגרתה נבחנו ביצועי המטוס במצבי טיסה הקרובים למצבי הטיסה בהם ארע האירוע. התחומים שנבדקו:

הזדקרויות - עם ובלי כוח, בטיסה ישרה ואופקית ובפנייה.

ללא מדפים ועם מדפים במצב המראה (10°).

רדיוסי פנייה - פניות מיוצבות במספר מצבי מנוע ובזוויות הטיה שונות.

ביצועי גלישה - מצבי מנוע (סרק), פסיעה עדינה ופסיעה גסה), ללא מדפים ועם מדפים להמראה.

2.4.2 תוצאות השחזור בסימולאטור

2.4.2.1 תחילת ריצת ההמראה כ – 8 שניות לאחר קבלת האישור.

2.4.2.2 בהמראה עם כוח מלא ואחר-כך הפחתת כוח משמעותית – המטוס אינו מגיע לנקודת ההתרסקות עקב חוסר פוטנציאל, אינו מצליח לבצע את מלוא הפנייה לאחור ו"מתרסק" כ – 500 מטרים לפני נקודת ההתרסקות.

2.4.2.3 נדרש סחב של 85% לפחות כדי שהמטוס יוכל להגיע, בתמרון שבוצע, לנקודת ההתרסקות.

2.4.2.4 בסימולאטור נמצא כי דרושה מהירות ממוצעת 81 – 86 מיי"ש, כדי להגיע לנקודת ההתרסקות, לעיתים על "צפצפת" ההזדקרות.

2.4.2.5 במהירות 92 מיי"ש ואף יותר, עדיין שוקע המטוס בפנייה, באופן מתון אך בכל זאת משמעותי.

2.4.3 הזדקרויות

ההזדקרויות בוצעו בגובה 2,500 רגל בפניות שמאליות בלבד.

מס' יעף	מצב הטיסה בהזדקרות	מצב מדפים	מצב מנוע (סל"ד, P.M.)	מהירות לתחילת רעידות (מי"ש)	מהירות בהזדקרות (מי"ש)	אופי הזדקרות	הערות
1.	ישרה ואופקית	מעלה	23 - 2300	85	70	בהזדקרות - מטוס מוריד קלות את האף ונחלץ מההזדקרות, טייס ממשיך להחזיק סטיק אחורה והמטוס נכנס להזדקרות נוספת, התהליך חוזר עד שטיס משחרר סטיק קדימה.	(1)
2.	ישרה ואופקית	המראה	23 - 2300	78	70		
3.	פניה 30°	המראה	25 - 2500	80	65		(2)
4.	פניה 30°	המראה	23 - 2300	85	78		שומר גובה
5.	פניה 45°	המראה	25 - 2500	80	75-80		שומר גובה
6.	פניה 45°	המראה	23 - 2300	95	85		(3)
7.	פניה 45°	המראה	25 - 2500	95	85		(4)
8.	פניה 30°	המראה	21 - 2100	85	85		(5)

הערות:

(1) הפלת כנף קלה ומאוחרת, מטוס "מתפלל" ללא הזדקרות.

(2) הפלת כנף קלה ללא הזדקרות.

(3) מזדקר. איבוד גובה מועט. טלטול כנפיים קל.

(4) "התפללויות" מעט יותר גדולות בעילרוד, Wing-Rock קל מאד, מתייצב

במהירות 90 מי"ש עם שיעור שקיעה של 200 רגל לדקה.

(5) Wing-Rock קל, שיעור שקיעה של 500 רגל לדקה ללא הזדקרות חדה.

הבהרה

להשוואת כח מנוע בין נתוני מנוע מטוס הבדיקה למנוע המטוס באירוע נלקח:

☒ 25" MP, 2500 rpm = כוח אקוויוולנטי של מנוע מלא להמראה.

☒ 23" MP, 2300 rpm = כוח אקוויוולנטי של מנוע מלא לטיפוס.

☒ 21" MP, 2100 rpm = כוח אקוויוולנטי של מנוע מלא לשיוט.

2.4.4 מהירויות, רדיוסי פנייה והזדקרויות

2.4.4.1 על מנת לדייק בהערכה נבחרו המהירויות 85, 110 ו-125, 135

מי"ש, עבורן חושבו רדיוסי הפנייה, על-פי המהירות וזווית ההטיה

וכן נמדדו הרדיוסים על-פי המהירות וזמן הפנייה של 360 מעלות.

להלן תוצאות החישובים והמידות בפועל:

מהירות (מיי"ש)	זווית גלגול (מעלות)	זמן ל- 360° (שני) *	רדיוס פניה (במטרים)	
			מחושב לפי מהירות והטיה	מדוד לפי מהירות וזמן
135	30	68	643	653
125	45	36	318	320
110	60	22	142	172
85	50 (מירבית)	24	123	145

* מאחר שמשך הפנייה בפועל היה 14 שניות ל – 203 מעלות, אמור היה משך הפנייה לביצוע 360 מעלות להמשך כ – 25 שניות.

2.4.4.2 מאחר שהמטוס נשאר באירוע בתצורת המראה, קרי: מדפים – 10 מעלות, חושבה מהירות ההזדקרות בטיסה ישרה ואופקית עם 10 מעלות מדפים ונמצאה 68 מיי"ש. מהירות ההזדקרות בפנייה מותנית בזווית ההטיה.
להלן מהירויות ההזדקרות, להטיות שבטבלה הקודמת.

מהירות (מיי"ש)	זווית הטיה (מעלות)	רדיוס מדוד (מטרים)	מקדם מהירות ההזדקרות	מהירות ההזדקרות (מיי"ש)
135	30	653	1.074	73
125	45	320	1.188	80.8
110	60	172	1.412	96
85	50	145	1.247	84.8

2.4.4.3 מבין כל התוצאות, רק מהירויות סביב 85 מיי"ש, בזוויות ההטיה סביב 50 מעלות וברדיוסי פנייה של 130 - 150 מטרים, מתאימות לשאר העובדות והראיות.
אם מהירות ההזדקרות בטיסה ישרה ואופקית, עם 10 מעלות מדפים היא 68 מיי"ש, משמע שמהירות ההזדקרות בזווית הטיה של 50 מעלות עולה ל – 84.8 מיי"ש.
משמעות הצלבת החישובים והנתונים, כי בוודאות גבוהה מאוד בוצעה הפנייה חזרה, במהירות ממוצעת של 85 מיי"ש, בזווית הטיה של 50 מעלות לערך, קרוב מאוד למהירות ההזדקרות באותם הנתונים. תוצאה זו מחוזקת ונתמכת ממרב הראיות והנתונים.

2.4.5 ביצועי גלישה

ביצועי הגלישה נבדקו בין הגבהים 3000 – 1500 רגל.
ביצועי הגלישה בוצעו במנוע בסרק.

שעור גלישה (ft/Min)	מדפים	פסיעה	מהירות (MPH)	מס' יעף
900	ללא	עדינה	100	1.
1100	המראה	עדינה	100	2.
700	ללא	גסה	100	3.
950	המראה	גסה	100	4.
600	ללא	עדינה	85	5.
700-650	המראה	עדינה	85	6.
600	ללא	גסה	85	7.
650-700	המראה	גסה	85	8.

בספר המטוס (מטוס עם מנוע 260) - מהירות מיטבית לגלישה – 100 מיי"ש.

2.4.5.1 בניסוי התקבל, שבמהירות 85 מיי"ש, שיעור השקיעה נע בין 150 ל- 300 רגל לדקה.

2.4.5.2 מהירות של 85 מיי"ש עדיפה גם להשגת טווח גלישה מרבי (היחס בין שיעור השקיעה למהירות).

2.4.5.3 השפעת הפסיעה ניכרת בעיקר במהירות הגבוהה, אך בתנאי הניסוי ההפרש לא היה משמעותי.

2.4.6 תוצאות טיסת התחקיר

2.4.6.1 המראה

למרות שלא בוצע נרמול למרחקי המראה ביום סטנדרטי, הרי שבמטוס עם משקל קל יותר מזה שהיה מעורב באירוע ועם תוספת של כוח, מרחק ההמראה שהוערך באירוע, קרוב למרחק ההמראה שהיה מתקבל לו נעשו כל הנרמולים - מהירות הניתוק של 85 מיי"ש, עם מרחק ריצה של כ- 280 מטר, בזמן של 15 שניות שהתקבלו וגם ההגעה למהירות של 105 מיי"ש בזמן 29 שניות, כפי שהתקבלה בניסוי, כל אלה תואמים את ההערכה שבוצעה עבור האירוע.

2.4.6.2 רדיוסי פניה

הרדיוסים, הן המחושבים והן אלו שחישובם התבסס על מדידת זמן ומהירות, מצביעים שהמטוס טס במהירות שבין 85 מיי"ש לכ – 100 מיי"ש. מהירות זו מסבירה את השקיעה (הקלה) שהתקבלה באירוע.

2.4.6.3 תכונות הטיסה של המטוס בהזדקרות

המטוס נמצא כקל להטסה, בעל תכונות טובות של הזדקרות, המתבטאות בכניסה יחסית קשה להזדקרות, עם התרעה של רעידות מוקדמות, ללא תופעות של הפלות כנף חריגות ו/או נטייה לאיבוד שליטה רוחבית וכניסה לסחרור.

2.4.6.4 מאחר שבהזדקרויות, עם כוח מנוע לטיפוס, המטוס שומר גובה, ובמנוע מעט מופחת הוא מפסיד גובה (שיעור שקיעה של כ – 500 רגל בדקה בנתוני מנוע לשהייה), הגובה שהמטוס איבד בפניה, יחד עם רדיוסי הפניה, מלמדים על כך שהמטוס היה בהזדקרות שהתבטאה בשקיעה מתונה עם כוח.

2.4.6.5 השפעת משאבת הדלק החשמלית על ההספק

מאחר שלא נמצאה כל השפעה (לא נפילת סל"ד ולא ירידת לחץ סעפת), נראה סביר, שהיה שלב של סגירת מנוע ומיד פתיחתו מחדש. ברור שהתמרון שבוצע באירוע לא יכול היה להתבצע ללא כוח.

2.4.7 סיכום בדיקת ביצועי המטוס

הסיכום מבוסס על התובנות הברורות שהתקבלו, במקביל לניתוח התיאורטי של ספר היצרן, החקירה בשדה ובאתר התאונה, השחזור במאמן הייעודי להמחשה גרפית ובטיסת התחקיר לבדיקת הביצועים בפועל. למרות השונות המסוימת, בין הבדיקות, ניתן להתרשם, כי למרב התוצאות רמת מתאם גבוהה המצביעה על התרחיש שארע. להלן התוצאות:

2.4.7.1 ביצועי המטוס בהמראה, בניתוק ובהאצה, תואמים מטוס רגיל, עם כוח מלא, בהמראה "שטוחה".

2.4.7.2 במהלך הטיפוס, בגובה 200 רגל ובמהירות 105 מיי"ש, לערך, החל המטוס בביצוע פניה שמאלית מרבית, שהתייצבה במהירות 85 מיי"ש ובזווית הטיה (גלגול) של 50 מעלות.

הערה: אפשר שהייתה הפחתת כח רגעית בשנייה שקדמה לפנייה שמאלה.

- 2.4.7.3 תוך כדי הפנייה ההדוקה ולאחר שהמטוס איבד ממהירותו, החל המטוס לאבד גובה באופן מתון, בשיעור של 500 רגל לדקה, לערך.
- 2.4.7.4 לקראת מעבר 180 מעלות, החלה ככל הנראה תופעה של נדנודי כנפיים עקב הזדקרות קצות הכנפיים.
- 2.4.7.5 ביצועי המטוס בפנייה תואמים מטוס עם כוח מנוע מלא או כמעט מלא. לנוכח תכונות ההטסה של המטוס ניתן לקבוע, באופן חד משמעי, כי בכל שלב של האירוע, עד להזדקרות הסופית, היה ביכולת הטייסים להקטין את שיעור ההטיה ("ליישר כנפיים") ולהיחלץ.
- הערה:** בשחזור הטיסה בסימולאטור, לאחר ש"הונמכו" העצים בהם פגע המטוס, נמצא, כי ניתן היה להשלים את התמרון לכדי נחיתה ונגיעה מעבר למחצית אורך המסלול.

2.5 התחום התפעולי

- 2.5.1 בחקירה הוכח באופן חד משמעי, כי לא התרחש אובדן מלא או חלקי של כוח המנוע, ולפיכך, בסבירות גבוהה מאוד שהפנייה ההדוקה, חזרה למסלול ההפוך, הייתה עם כוח מלא, בכל מהלכה. על בסיס קביעה זו נשללו תרחישים תפעוליים שאפשר היה להעלותם כמסבירים את התאונה, כמו:
- 2.5.1.1 שינוי מהיר של מצב המדפים – המטוס נשאר עם מצב מדפים המותאמים להמראה.
- 2.5.1.2 טעות בניהול הדלק וסגירת ברז דלק אקראית או הצבת הבורר שלא במגרעת הנכונה.
- 2.5.1.3 הפסקת פעולת המגנטו, לאחר הניתוק, במקום כיבוי משאבת ההגבר.
- הערה:** בשלב זה של הניתוח, ההתייחסות היא לשני הטייסים כאחד, מבלי לקבוע את חלקו של הטייס, יחסית לזה של החונך.
- 2.5.2 אפשר היה להעלות תרחישים הקשורים באובדן כושר התפקוד של הטייס או באובדן התמצאות מרחבית, אך העובדה, כי בשני המושבים הקדמיים ישבו שני טייסים מוסמכים, המכירים את השדה וסביבתו, יחד עם תנאי מזג האוויר הטובים ששררו, בשלב כה מוקדם של הטיסה, כל אלה שוללים את הסבירות שהאירועים הנ"ל היוו גורם לתאונה. גם האפשרות לאובדן תפקוד עקב חדירת גזים רעילים מסעפת הפליטה שנפרצה, אינה ריאלית בשל טווח הזמן הקצר, שחלף מהכשל ועד לתאונה.

2.5.3 בהעדר טעות תפעולית, מצד הטייסים, שפגעה בכושר ההטסה או בביצועים של המטוס, לא נותר אלא לקבוע, כי התאונה משויכת לרשימת התאונות שהסתיימו עקב חוסר שליטה, שנבע מתפעול לקוי ו/או משיקול דעת מוטעה. משמעות המסקנה, כי המטוס היה בר הטסה בכל אחד משלבי האירוע ורק טעות הטסה היא זו שגרמה, בסופו של תהליך, לתאונה הקשה. הפנייה ההדוקה בגובה נמוך ובמהירות נמוכה יחסית, על גבול ההזדקרות, יחד עם התמרון החריף למניעת הפגיעה באמירי העצים, מלמדת על "נחישות" מצד הטייסים, מבלי לקבוע, מי יזם את ההחלטה להגיע לנחיתה על המסלול ההפוך ולגעת לפני קו האמצע, ע"מ שיתרת המסלול תספיק לריצה הנחיתה. ראוי לציין, כי אלמלא העצים הגבוהים, סביר להניח, כי היה באפשרות הטייסים להשלים את הפנייה ולפנות ימינה, לנחיתה על מסלול 34, בעיקר מתוך כך שהמנוע פעל כשורה, סיפק את הכוח הנדרש להשלמת התמרון החריף, למעט נושא הרעש החריג שבקע מתוכו.

2.5.4 ניתוח ביצועי המטוס, כולל בטיסות השחזור והתחקיר, מצביע על ההסתברות הגבוהה, כי התאונה נגרמה כתוצאה מתפעול חריף של המטוס, בגובה נמוך ובמהירות נמוכה, כך שלא היה לטייסים את מרווח הביטחון המספיק להיחלץ, עת שהבחינו במגמת המטוס לפגוע באמירי העצים. מתוך כך ניתן לחלק את האירוע התאונתי לשלושה שלבים עיקריים:

הראשון - הכניסה לפנייה השמאלית ההדוקה.

השני - ביצוע הפנייה, בגובה נמוך ותוך איבוד גובה מתון.

השלישי - תמרון ההיחלצות שהסתיים בהזדקרות ובפגיעה בעצים.

בהעדר דיווחים או הקלטות מתוך תא הטייסים, קשה לקבוע באופן מדויק את כל המרכיבים, של כל אחד מהשלבים שצוינו לעיל. יחד עם זאת, אין במגבלה זו כדי לפגוע בהסתברותו של התרחיש, כמי שמסביר באופן מקצועי ומהימן את ההתנהלות והתופעות, עד לשלב התאונה עצמה.

2.5.5 הכניסה לפנייה השמאלית ההדוקה

מכל העדויות, הראיות והממצאים, ניתן לקבוע, כי ההמראה מתחילתה ועד להימצאות המטוס כמעט בסוף המסלול, הייתה רגילה, נורמטיבית ותואמת מטוס תקין ושמיש.

מאחר שהטייס – מפקד הוא שניהל את הקשר, הוא שישב משמאל, הוא שהגיש את תוכנית הטיסה ועבורו היא בוצעה, ניתן לקבוע, בסבירות גבוהה מאוד, שהוא זה שהטיס את המטוס בהמראה.

לקראת סוף המסלול, כשהמטוס בגובה 200 רגל לערך ובמהירות סביב 105 מי"ש, ארעה אותה תופעה טכנית חריגה שגרמה לטייסים להודיע על חזרה מיידית לנחיתה, תוך כדי תחילת פנייתם שמאלה.

סביר להניח, כי הטייסים לא יכלו לקבוע חד-משמעית את מהות התופעה הטכנית, שבעטייה נשמעו שינויים ברעש המנוע, האם מדובר ב"גמגום" מנוע, עקב בעיית מים או זיהום בדלק, אך כפי שהוסבר קודם לכן נראה, כי ההפרדה הפתאומית של צנרת הפליטה היא שיצרה רעש חזק מאוד שהפתיע את הטייסים ואולי גם הבהילה אותם.

לא מן הנמנע, כי התגובה הראשונית של המטיס כללה סגירה חלקית של הכוח ופתיחתו מיידית חזרה, ברם, בסופו של דבר, התוצאה הייתה: ההחלטה לחזור מיידית לנחיתה על המסלול ההפוך, כנראה מחשש לאובדן מלא של המנוע.

בשלב זה התערב החונך בקשר והוא שדיווח על ההחלטה לחזור לנחיתה. הועלתה האפשרות, כי הטייסים נקטו בתהליך "המראה קצרה", קרי פנייה שמאלה, לפני "הלבניות" של בתי הזיקוק, אך הדיווח לפני ההמראה על כוונתם לעקוף את בתי הזיקוק, יחד עם הנחישות לבצע פניית פרסה חזרה, בתנאי הטיסה שהיו, שוללים כיוון זה ומצביעים על ההחלטה שהתקבלה ע"י שני הטייסים.

הפחתה רגעית בכוח המנוע, יחד עם התמרון החריף שבוצע בכניסה לפנייה, הפחיתו מן הסתם את הפוטנציאל של המטוס באופן שהתבטא בירידת המהירות לכדי 90 מי"ש לערך.

התיאור האחרון אינו חד משמעי ואין בו כדי לפגוע בהמשך התרחשותם של שני השלבים הבאים.

2.5.6 ביצוע הפנייה בגובה נמוך ותוך איבוד גובה מתון

הפנייה של המטוס לאחר נצפתה ע"י עדי ראיה ושמיעה, הן מתוך הבסיס והן מהאזור שמעליו טס המטוס. עפ"י הצלבת התיאורים של העדים יחד עם ניתוח שלב זה, כולל בסימולאטור ובטיסת התחקור, ניתן לקבוע כי הפנייה הייתה מיוצבת, במהירות 85 – 90 מי"ש ותוך איבוד גובה מתון, המוערך על ידי צוות החקירה, כ – 500 – 600 רגל בדקה.

הפנייה החלה מראשיתה כשמאלית ולא היה שלב של פתיחה ימינה ואח"כ שמאלה. הפנייה התפרסה על פני כ – 205 מעלות והיא מתוארת כפנייה בגובה נמוך, במהירות נמוכה, בשיעור הטיה גדול ועם אף גבוה יחסית – תאור זה תואם את התוצאות שהתקבלו בטיסות השחזור והתחקיר. ביצוע כאמור, מחייב מיומנות ורמת הטסה טובה כפי שבאו לידי ביטוי בתאונה.

לקראת סוף הפנייה היו עדויות על נדנודי כנפיים קלים. ככל שניתן להסתמך על התיאור, ניתן להסבירו בהזדקרות קצות הכנפיים (Wing Rock), כפי ששוחזר בטיסות, בנתוני טיסה תואמים. התיאור הנ"ל מחזק את המסקנה כי הפנייה בוצעה, בפועל, בנתונים הקרובים מאוד להזדקרות בפנייה (מהירות 85 מיי"ש, זווית הטיה 50 מעלות).

חוסר המודעות לתופעת הזדקרות קצות הכנפיים, יחד עם האפשרות הסבירה להתראת הזדקרות מאוחרת (בין בשל מבנה המערכת ובין בשל האפשרות לויסות לקוי שלה), יש בהם כדי להסביר, במידה מסוימת, את המשך הפנייה הגבולית.

הערה: במטוס לא הייתה מותקנת צפצפת הזדקרות אלא רק נורית, בצד שמאל עליון של לוח המכשירים.

2.5.7 תמרון ההיחלצות שהסתיים בהזדקרות ופגיעה בעצים

התמרון הסופי של המטוס, כפי שנצפה ע"י עדי הראייה, התבטא בהרמת אף חריפה, נפילת האף לזווית מתונה ופגיעה באמירי העצים, תוך כדי הטיה שמאלית, חריפה יחסית.

קשה להיכנס לראשם של הטייסים ולקבוע עד כמה ראו את המכשול, מתי ראו ומה גרם להם להגיב כה מאוחר. בהתעלם ממגבלה זו, ניתן להתרשם מקצועית, כי "המשיכה מעלה", תוך כדי פנייה, הייתה ניסיון נואש ומאוחר להימנע מפגיעה בעצים - כתוצאה מכך איבדו הטייסים את השליטה במטוס (LOC).

מצד אחד עמדו הטייסים להשלים את הפנייה חזרה ולהפוך את ההטיה לימנית, לצורך נחיתה על מסלול 34 ומצד שני הם איבדו גובה, שהיה חיוני והכרחי עבורם, להשלמת הפנייה.

באיזון שבין שתי המגמות, ננקטה הפעולה האינסטינקטיבית המאוחרת למשיכה מרבית, כפי שהוטבע הדבר במצבו האחרון של הגה הגובה, באתר התאונה.

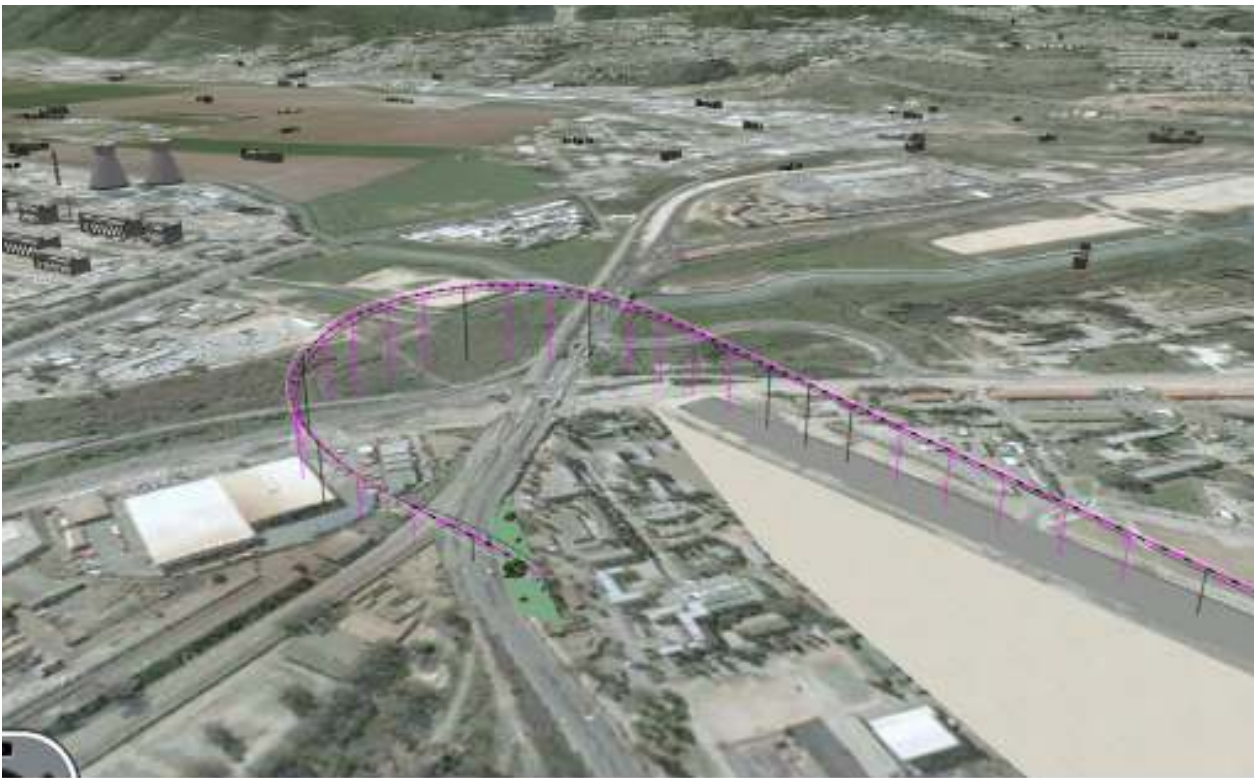
עפ"י ממצאי הנתיחה הפתולוגית היה זה החונך שאחז בהגאים, בשתי ידיו, בזמן ההתרסקות ולא הטייס. אין בכך כדי לקבוע באיזה שלב הוא נטל את ההגאים מהטייס, אך ניתן להסיק שאת התמרון האחרון, לפחות, הוא ביצע בפועל.

כך או כך, התמרון החריף למשיכה מעלה תוך כדי פנייה, במהירות נמוכה ובגובה נמוך, הוא שהוציא את המטוס סופית ממעטפת הביצועים – המטוס הזדקר, הפיל אף ופגע בעצים.

2.5.8 התרחיש הסביר

בטיפול לאחר ההמראה, לקראת סוף המסלול, חוו הטייסים תופעה טכנית "מלחיצה" שאובחנה על-ידם, קרוב לוודאי כבעיית מנוע חמורה. כתוצאה מאבחנה "טבעית" זו, אך שגויה בפועל, הם פנו שמאלה באופן חריף, בנתוני פתיחה מגבלתיים, לחזרה לנחיתה על המסלול ההפוך, מבלי שנתנו דעתם על כך כי המנוע מספק את הכוח הנדרש. מנגד, אם אבחנו הטייסים תוך כדי הפנייה, כי לרשותם כוח מנוע כמעט מלא, הם שגו בכך שלא הפסיקו את הפנייה ההדוקה וטפסו לצלע "עם הרוח" של מסלול 16.

התמרון החריף להימנעות מפגיעה בעצים קבע את גורל הטיסה – הטייסים איבדו את השליטה במטוס (LOC – Loss Of Control) ופגעו בעצים.



המחשה של נתיב התאונה

כפי שצוין בתחילה, אפשר לקבוע, מצד אחד, כי הטייסים ביצעו פנייה הדוקה, בגובה נמוך ובמהירות נמוכה, באופן מיומן ומקצועי ורק התמרון הסופי הוא שהכריע את הכף לרעתם.

מצד שני, אפשר לראות את ביצוע הפנייה כטעות מתמשכת, שהכניסה את הטייסים לפנייה גבולית, מבלי שהם נקטו פעולה כל שהיא ליציאה מהמצב, מוקדם מכפי שבוצע בפועל.

אין בתרחיש האמור מעבר על חוקים ותקנות, אלא צרוף של נסיבות, תחושות והרבה חוסר מזל, בנקודה הקריטית של התמרון.

2.6 חקירת הגורם האנושי

2.6.1 הטיסה בוצעה, כאמור, על-ידי שני טייסים מוסמכים. הטייס במושב השמאלי, אשר גם זה שהטיס את המטוס, היה טייס שהוסמך בטיסה קודמת, על אותו הדגם, ומימינו ישב מדריכו, כמי ששימש חונך לטיסה האמורה.

למרות שהטיסה הוזמנה על-ידי הטייס והוגדרה על ידו כפרטית, ההתייחסות לטיסה, עוד קודם ביצועה, הייתה כאל טיסת הדרכה "המשכית", לצבירת מינימום השעות שנדרשו על-ידי המבטח. מבלי לקבוע עמדה בסוגיה זו, צפוי כי החונך ישמש בטיסה סמכות טבעית ומקצועית, ולו בשל היותו המדריך שהסמך את הטייס על המטוס הספציפי.

2.6.2 על רקע נתוני הפתיחה שתוארו, הגיעו לידי צוות החקירה, כבר למחרת התאונה, עדויות ואמירות מצד עמיתים, מדריכים ואחרים, בדבר האפשרות, כי הייתה איזושהי "מלחמה" בין הטייסים, על ההגאים, או לפחות אי הסכמה על פעולות החרום שיש לנקוט, הן בשלב ההחלטה על הפנייה חזרה והן בשלב ביצועה של הפנייה.

חיזוק, כביכול, לתרחיש מעין זה, קיבל ביטוי בתיאור שנתקבל אודות ההבדלים באופיים של שני הטייסים ובגישתם המקצועית לטיסה. בין "הראיות" להתרחשות זו, נקבו מחווי הדעה את חוסר הסבירות, כי החונך היה יוזם את החזרה לנחיתה, או פרשו את נדנודי הכנפיים, כפעולות מנוגדות של הטייסים על ההגאים.

2.6.3 תרחיש כזה, של חוסר הסכמה לגבי הטסת המטוס, בשלב קריטי של הטיסה, הוא בעייתי להוכחה, טעון רגשות ואין הוא יכול להישאר בבחינת "תלוי ועומד".

צוות החקירה בחן את הסוגיה מכיוונים שונים ולא מצא ולו ראיה קטנה ביותר לתרחיש שכזה. על מנת להמחיש את האמור ניתן לציין:

2.6.3.1 שני הטייסים "הסתדרו" ביניהם. הטיסה תוכננה והוכנה על-ידי שניהם והתחושה של הסיוע ההדדי, ניכרת בכל השלבים שקדמו לטיסה.

2.6.3.2 אופן ניהול קשר הרדיו ואופי ההתבטאויות שהוקלטו, ממחישים את "הנינוחות" של השניים ואת קבלת הסמכות של החונך בעיני הטייס-מפקד.

2.6.3.3 התערבותו של החונך בקשר, בזמן הטיפוס לאחר ההמראה והדיווח על חזרתם לנחיתה, מתפרש כשילוב של "סיוע" לטייס בהתמודדות עם המצב, תוך מתן הנחייה מקצועית, או הסכמה מצידו, לביצוע הפנייה חזרה לנחיתה.

2.6.3.4 הפנייה המיוצבת וההדוקה, בנתוני טיסה גבוליים, מעידה על ניסיון ומיומנות – לא נשמעו דיווחים נוספים מצד הטייסים ולא נצפו תופעות חיצוניות שניתן לפרשם כ"מלחמה" על ההגאים.

2.6.3.5 העובדה, כי בשלב מכת הנגיפה של ההתרסקות, אחז רק החונך בהגאים, בעוד שהטייס לא החזיק בהם כלל, מחזקת את ההערכה, כי בשלב מסוים ולפחות בתמרון האחרון, העביר הטייס את השליטה בהגאים לידי החונך.

מכל הסיבות האמורות שלל צוות החקירה, כמעט לחלוטין, תרחיש של "מלחמה" על ההגאים. עוד יצוין, כי בכדי לטעון על אפשרות כזו, חובה להתבסס על ראיות ונסיבות ברורות יותר.

2.6.4 בסיכומו של עניין, היה המטוס עם כוח מנוע ובר הטסה, אם כי הטסתו לוותה ברעש חזק. ביצוע הפנייה, בנתונים שבוצעה, היה מקצועי, על גבול מהירות ההזדקרות. ההחלטה לפנות חזרה לנחיתה על המסלול הייתה, לפחות בדיעבד, מוטעית ובניגוד לניסיון המוכח מאינספור אירועים דומים. התראת הזדקרות מאוחרת, אם בכלל, יחד עם תמרון חריף, המעיד על לחץ רגעי גבוה, גרמה להזדקרות המטוס ולפגיעתו בעצים.

2.6.5 קשה להסביר את "הקלות הבלתי נסבלת" שבה הופכת טיסה מנהלתית, נשלטת ופשוטה, תוך מספר שניות, לתאונה טרגית קשה ובמיוחד כשהיא משויכת לסוג התאונות המסתיימות באובדן שליטה במטוס (LOC).

היכולת של הטייסים לעבור באופן חריף וחד, מטיסה רגועה לטיסה של "חיים או מוות", מותנית בהחלטות מקדימות, יכולת אבחון, שיקול דעת, מיומנות וניסיון. גם הטייס הטוב ביותר, עלול בנסיבות מסוימות ובתנאים סובייקטיביים, רגעיים, לטעות בשיקול הדעת ולפעול באופן שנראה בלתי הגיוני או בלתי מתאים לאופיו ולהתנהלותו בשגרה.

בתחקור מספר תאונות מהשנים האחרונות, חוזרת התופעה של חזרה מיידית לנחיתה על המסלול ההפוך, לאחר ההמראה, כמעט בכל מחיר, עד כדי אובדן שליטה במטוס.

על מנת לצמצם נתח טעויות זה צריך לנקוט את פעולות ההדרכה ההולמות להגברת המיומנות והמודעות, ובכללן:

- ☒ תרגול מוגבר ומגוון של מצבי חרום באוויר.
- ☒ תרגול הזדקרויות בפנייה.
- ☒ תרגול הטסה בנתוני טיסה מגבוליים.
- ☒ הגדרה ופרסום של הנחיות מקדימות, לשלבי טיסה קריטיים.

2.7 סקר יישומי

התאונה הנחקרת אירעה בסמיכות מה לתאונה קטלנית אחרת, שאירעה למטוס צסנה 182 בתאריך 3.3.2011 באזור ראש פינה.

על רקע שתי התאונות הנ"ל, שגבו קורבנות רבות בנפש ועל רקע העובדה שבשני המקרים נאלצו או ניסו הטייסים לנחות במהירות האפשרית, לאחר כשל כל שהוא שאותר על ידם, החליט החוקר הראשי לבצע סקר יישומי אודות מאפיינים הקשורים לנחיתות אונס ולנחיתות חירום, בתעופה הכללית ובתעופה הזעירה. מתוך האירועים שנחקרו בנושא, בין השנים 2002 – 2011, נכללו 48 אירועים של נחיתת אונס ו- 13 אירועים של נחיתת חירום.

לצורך השוואת הנתונים, נבחר סקר שנערך ע"י ה-NTSB של ארה"ב, לפיו 25% מתאונות המטוסים הקלים משתייכות לקטגוריה של "נחיתות חרום".

הסקר האמריקאי, כמו שלנו, עשה הפרדה בין הגדרת נחיתת אונס, סוג של נחיתת חירום, לבין שאר נחיתות החירום, שהן מתוכננות לביצוע בשדה תעופה או מנחת.

מהשוואת התוצאות מתברר, כי יש מרכיבים רבים דומים שחוזרים על עצמם באופן שממחיש את מידת הצורך בהדרכה ובתרגול, לשם יצירת מיומנות ומודעות בנושא.

בשלב זה ניתן לציין את ההישרדות הכמעט מלאה של הטייסים והנוסעים בביצוע נחיתת אונס בשטח הפתוח, שמתלווה אליה בדרך כלל גם פגיעה מינימלית במטוס עצמו.

פועל יוצא מהמובהקות שבין ההישרדות בנחיתות אונס לבין מידת המסוכנות בהתעקשות על נחיתת חירום, מלמדת, כי בכל המקרים, ההחלטה לנחיתה בשטח, הייתה נכונה. צריך לזכור, כי יש לתכנן את נחיתת האונס ולהגיע לקרקע תוך שליטה במטוס.

בשל חשיבות הנושא, יפורסם בשבועות הקרובים, באופן נפרד, הסקר שבוצע ע"י משרד החוקר הראשי, על לקחיו והמלצותיו, כולל לקחי הסקר האמריקאי.

3. מסקנות

מסקנות מהאירוע הנחקר

- 3.1 **התאונה הקטלנית מסווגת כאישית צוות אוויר של שני הטייסים, החלה, בתקלה טכנית במערכת הפליטה של המנוע, המשיכה בביצוע פנייה הדוקה במהירות נמוכה ובגובה נמוך, מתוך כוונה לחזור לנחיתה על המסלול ההפוך, תוך כדי איבוד גובה מתון והסתיימה בהרמת אף חריפה למניעת פגיעה בעצים – כתוצאה מכך הזדקר המטוס, פגע באמירי העצים הגבוהים, התרסק והתלקח.**
- 3.2 **הטיסה בוצעה ע"י טייס – מפקד, שהוסמך על המטוס, בטיסה שקדמה לטיסת התאונה, והיא תוכננה כטיסה עם חונך/מדריך, לצבירת מינימום שעות טיסה, הנדרש מתנאי הפוליסה של החברה, כפי שקבע המבטח. מבחינה מעשית הייתה זו טיסת הדרכה – חונכות.**
- 3.3 **התקלה הטכנית שארעה בטיפוס, זמן קצר לאחר הניתוק, נגרמה מהפרדת צנרת הסעפת, באחת, מדוד סעפת הפליטה והיא התבטאה ברעש חזק שהשמיע המנוע.**
- 3.4 **הפרדת הצנרת נגרמה בשל פריצה של ריתוך שנעשה לאחר איתור סדקים, בדוד סעפת הפליטה, לפני למעלה מעשר שנים. על פי ספרות האחזקה, כל סדק שמאותר בדוד, מחייב את החלפתו.**
- 3.5 **מכון הבדק שטיפל במטוס, לא היה מודע לדרישות היצרן הקשורות לבדיקת סעפת הפליטה בביקורות השונות, ובכלל זה את קביעת היצרן באשר לאורך החיים המוגדר של הדוד. על פי ממצאי החקירה, מאז הגעת המטוס לארץ ועד למועד התאונה, צבר המטוס שעות טיסה, שחייבו את החלפת הדוד, לפחות ארבע פעמים!! במהלך החקירה הוברר, שמכוני בדק נוספים לא ידעו, כי לדוד אורך חיים מוגדר.**
- 3.6 **בסבירות גבוהה להניח, שהתגובה הראשונית, לרעש החזק שהפתיע את הטייסים, התבטא בסגירה חלקית של כוח המנוע ומייד לאחריה פתיחה מיידית חזרה של הכוח, לצורך ביצוע הפנייה לחזרה לנחיתה.**
- 3.7 **דיווח החונך בקשר על החזרה המיידית לנחיתה לווה, בסבירות גבוהה, בהנחיה לטייס לפנות חזרה, אם לא עשה כן קודם לכן, ובסיוע, מנטאלי ומעשי, בהתמודדות עם המשימה שנקרתה בפניהם.**

- 3.8 **הפנייה שמאלה חזרה בוצעה בסבירות גבוהה ע"י הטייס המפקד, בהיות המטוס מעל סוף המסלול, או במרחק קצר מאוד אחריו, במהירות נמוכה יחסית, שהתייצבה סביב 85 מיי"ש.**
- 3.9 **סביר להניח, כי החונך היה מעורב בהחלטה לפנות חזרה לנחיתה על המסלול ההפוך, מתוך כך שזיהה שעדיין יש כוח מנוע. עפ"י ניתוח הממצאים הפתולוגיים היה זה החונך שהטיס לבדו את המטוס בשלב מכת הנגיפה (Impact) - לא ניתן לקבוע במדויק מתי הועברה אליו השליטה במטוס.**
- 3.10 **ניתוח הממצאים הטכניים למול ביצועי המטוס, בפועל, בהמראה ובפנייה חזרה, למד על כך, כי המטוס היה עם כוח מלא, או כמעט מלא. הממצאים באתר התאונה מחזקים ותומכים מסקנה זו.**
- 3.11 **לא ניתן לשלול לחלוטין תרחישים טכניים או תפעוליים אחרים, קלושים ככל שיהיו, שהיו גורם לאירוע ובכללם: נוכחות מים/זיהום בדלק, התערבות בהגאים או היסוס בקבלת החלטה, הגם שאין ולו בדל ראייה לקיומם של תרחישים כאלה.**
- 3.12 **הקרבה בין צינור הדלק שמוביל לקרבוראטור לבין הפריצה שנוצרה בצנרת סעפת מערכת הפליטה, היוותה פוטנציאל לחימום צינור הדלק, עד כדי יצירת אדים בדלק ובהמשך, אפילו פריצה של הצינור מהחום, עם כל המשמעות הנלוות לכך. במקרה הנחקר, משך החשיפה היה קצר ולא נתגלו סימנים המעידים על פגיעה בצינור הדלק.**
- 3.13 **למרות שנשללה האפשרות לכשל טכני בתוך המנוע שגרם לתאונה, אפשרי שהיפרדות צנרת הסעפת של מערכת הפליטה "שיחררה", דרך המרווח שנוצר, אוויר חם, עם CO מלווה בריח שריפה לתא הטייסים, שגרם לתחושת לחץ אצל הטייסים להגיע לנחיתה, מיידית, כמעט בכל מחיר.**
- 3.14 **טעות ההטסה, במהותה, נבעה מהילחצות "מובנת" מהתופעה הטכנית החריגה, שגרמה לתפעול, אינסטינקטיבי וחרף, אשר הסתיים בהזדקרות ואובדן שליטה בגובה נמוך.**
- 3.15 **לא מן הנמנע שמערכת ההתרעה מפני הזדקרות (נורית הזדקרות) לא התריעה במועד, הן מעצם מבנה המערכת במטוס והן כתוצאה מהאפשרות לווסות לקוי של מערכת ההתרעה, כפי שהדבר קיבל ביטוי בטיסות השחזור והתחקיר.**
הערה: ספק אם מי מהטייסים הכיר את תופעת הזדקרות קצות הכנפיים Wing Rock, המופיעה לעיתים בסמוך להזדקרות במהירות נמוכה.

3.16 **אלמלא הפגיעה בעצים הגבוהים, ניתן היה להשלים את התמרון החרף לנחיתה**
על מסלול 34, תוך נגיעה באזור אמצעיתו ואילך. יחד עם זאת, מיקום העצים
וגובהם, אינו חורג ממגבלות הבנייה סביב מסלול נחיתה, כדוגמתו.

3.17 **התאונה הקטלנית מתווספת לשורת תאונות הנובעות מניסיונות כושלים ומיותרים**
לחזור לאחר ההמראה לנחיתה מיידית, על המסלול ההפוך, כמעט בכל מחיר.
התופעה של חזרה לנחיתה בתהליך Tear Drop קיבלה ביטוי במחקרים שונים, והיא
קרויה : החזרה הבלתי אפשרית - "The impossible turn".

3.18 **תפקוד מגדל הפיקוח, כוחות הבסיס הצבאי, הנהלת השדה והכוחות החיצוניים**
שנטלו חלק באירוע זה, היה מצוין וראוי לכל הערכה.

מסקנות מהסקרים היישומיים

כפי שצוין בפרק הניתוח, משרד החוקר הראשי יפרסם בשבועות הקרובים את תוצאות
הסקר היישומי שביצע לגבי תאונות בתעופה הכללית ובתעופה הזעירה, יחד עם התוצאות
והלקחים של סקר דומה שנעשה ע"י ה-NTSB. התוצאות של שני הסקרים דומות מאוד.

3.19 **התאונה הקשה והכואבת נגרמה בפועל כתוצאה מפעולות והחלטות שגויות של**
טייסים שנקלעו ל"אירוע מלחיץ" וללא תרומה של המערכות הארגוניות למיניהן.
הכיוון העיקרי למניעת תאונות שנגרמות בשל חוסר שליטה במטוס (LOC), שנובע
מתפעול לקוי, צריך שיתמקד בהגברת הידע, תרגול מצבי חרום ובעיקר, פיתוח
המודעות של הטייסים לשגיאות אופייניות במצבי חרום וקבלת החלטות, הן מקדימות
והן בזמן האירוע ועפ"י נסיבותיו.

3.20 **הטיפול "במשימה" של נחיתות חרום בכלל ונחיתות אונס בפרט צריך להיות מערכתית**
- שילוב של גורמים ממלכתיים (רת"א, משרד החוקר הראשי) ושל גורמים תעופתיים
אזרחיים (קלוב התעופה, אגודות התעופה), תוך עירוב גורמי מחקר והדרכה ליישום
התובנות.

4. המלצות

פרק ההמלצות אינו כולל המלצות הנובעות מהסקר היישומי שבוצע – אלה יפורסמו במסגרת פרסום הסקר עצמו.

המלצה 1

לפרסם הנחיות ברורות בכל הקשור לאורך החיים המוגדר של סעפת הפליטה במטוסים השונים, ובכלל זה, הוראות ברורות בנוגע לתיקונים המותרים בה ולאנשים המורשים לבצעם.

אחריות: מנהל רת"א **מועד ביצוע:** 1.9.2011

המלצה 2

לאור המציאות העגומה, בכל הקשור לתחזוקת סעפות הפליטה ולאור הכשלים שמתגלים מעת לעת, עקב העובדה שמצב סעפת הפליטה מוחרף ככל שמתארך השימוש בה, ולנוכח הסיכונים הגלומים בטיסה עם סעפת פגומה, מומלץ לבצע סקירה מקיפה בכל מכוני הבדק, אודות התאמת/הכוונת מערכי העבודה בביקורות השונות לנדרש בספרות האחזקה, תוך עדכון המערכים על פי הצורך.

אחריות: מנהל רת"א **מועד ביצוע:** 1.11.2011

המלצה 3

להגדיר את המסגרות המתאימות, ללימוד ולרענון הסיכונים בביצוע Tear Drop.

אחריות: מנהל רת"א **מועד ביצוע:** 1.11.2011

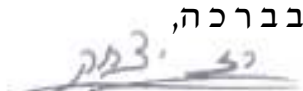
המלצה 4

להתקין מצלמות קבועות, המכוונות לשני כיווני המסלול בשדה התעופה חיפה ולבחון את המשמעויות ואת העלויות להרחבת ההמלצה גם לשדות האחרים של רש"ת.

אחריות: מנכ"ל רש"ת **מועד ביצוע:** 31.12.2011

5. הדוח אושר לפרסום.

ב ב ר כ ה ,


עו"ד רז יצחק (רזצ'יק)
הראשי החוקר

תאריך: 5.6.11 סימוכין: 13007611