

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

המרכז הישראלי לבטיחות בנפוצים בע"מ

אהרון (אריק) גורן

תאונות זיקוקין סיכונים ודרכי מניעה





הקדמה.

בתאריך 17.3.14 אירעה תאונת זיקוקין במבנה בו טופלו פריטי זיקוקין/פירוטכניקה, במושב פורת במחוז מרכז. תאונה זו לוותה בפיצוץ עז, רסיסים ורגמות שהועפו למרחק רב ושריפה ואשר הובילה לפגיעה קטלנית בחיי אדם, להרס רכוש רב ולפגיעה סביבתית. אירוע זה הצטרף לשורת תאונות שהתרחשו בארץ (דוגמת תאונות הזיקוקין ואמצעי הפירוטכניקה בקיבוץ אפק בשנת 2005 ובאזור תעשייה גורן בשנת 2013).

בדומה לתאונות זיקוקין ברחבי העולם, גם באסון הזיקוקין בפורת, ניכר כי העיסוק והאחסנה של פריטי הזיקוקין נעשו ללא כל התייחסות ו/או מודעות לפוטנציאל הסיכון הרב הקיים לסביבה בעת אירוע חריג של פיצוץ או התלקחות הזיקוקין. בעקבות אסון פורת הוחלט ע"י אגף חומ"ס של המשרד להגנת הסביבה לבחון את הגורמים שהובילו לתוצאות ההרסניות של האירוע למטרת גיבוש המלצות למניעת הישנות אירועים מעין אלו.

העבודה שבוצעה על ידי המרכז הישראלי לבטיחות בנפצים, כללה שלוש אבני דרך עיקריות :

1. תחקיר ראשוני של האירוע בפורת, הכולל מיפוי וניתוח של תוצרי האירוע מול מדיניות משרד הגנת הסביבה.
2. ביצוע סקר ספרות ונהלים לבחינת הרגולציה הקיימת בארץ ובעולם לנושא האחסנה והעבודה בזיקוקין תוך בחינת הגורמים הפוטנציאליים לאירוע חריג (תאונות עבר ופיתוח הרגולציה).
3. בחינת מרחקי הפרדה/הבטיחות המוגדרים לסביבה על פי הרגולציה הקיימת במדינות שונות, תוך מתן מסקנות והמלצות ליישום למניעת אירועים חריגים.

במהלך התחקור וסקירת הנושא ניכר כי קיימים פערים מהותיים המשפיעים בצורה ישירה או עקיפה לנושא מניעת תאונות זיקוקין ובהם :

- **סיווג שגוי של הזיקוקין** - סיווג הזיקוקין לקבוצות סיכון קובע את פוטנציאל הסיכון של הזיקוקין כנפצים לסביבה. בשל היעדר דרישות רגולטוריות לסיווג זיקוקין, יבואנים נוטים להמעיט בערך הסיווג של רמת הסיכון, וסוגי זיקוקין המשויכים לקבוצות בסיכון גבוהות (הדף, רסס וקרינת חום) מסווגים בפועל לקבוצת סיכון נמוכות (בעירה מתונה עד חזקה). סיווג שגוי מעין זה עלול להוביל להערכת פוטנציאל נזק לא מציאותי, תוך היערכות לקויה והיעדר הבנה לגבי סיכון התושבים וגופי החירום בתאונת זיקוקין.
- **חוסר בהוראות עדכניות ושימותן בשטח** - אתר אחסנת הזיקוקין, מאושר על ידי משרד העבודה ועל ידי הרשות המקומית על בסיס הוראות לא רלוונטיות/עדכניות דיו לנושא הסיכונים לסביבה. היעדר מנגנון סדור ותנאים רגולטוריים בכל הנוגע לאחסון זיקוקין, אינו מאפשר דרישה לעמידה בתנאים מחייבים להפחתת הסיכונים הנובעים מאחסון לקוי (כדוגמת הפחתת מלאי, אחסנה לא כלואה וכו').

- **חוסר במרחקי הפרדה מתאימים** - על פי מרחקי ההפרדה הנדרשים מתוקף ההוראות הרגולטוריות הקיימות בארץ כיום, יש צורך במרחק של עשרות מטרים בלבד מכמויות של אלפי טונות של זיקוקין לבין שטח אוכלוסייה בנוי. באירוע הפיצוץ בפורת, גם לו היו נשמרים מרחקי ההפרדה הנהוגים בארץ, לא הייתה נמנעת פגיעה קשה ברכוש התושבים שעלולה הייתה להוביל לפגיעה בחיי אדם. מאידך, אם היו נשמרים מרחקי ההפרדה על פי דרישות מרחקי המינימום של הוראות האו"ם (כמו גם מדינות אירופה, ארה"ב, קנדה וכד') למבנה אוכלוסייה היו נמנעים רוב הנזקים באירוע.
- **אכיפה ופיקוח** - היעדר אכיפה עלולה לתרום להישנות אירועים. לא ברור למי הסמכות והאחריות לביצוע אכיפה באירועים במתווה אירוע פיצוץ בפורת. היעדר פיקוח תדיר מטעם הרשויות ומשרדי הממשלה, מאפשר הימצאותם של מחסנים לא חוקיים בלב אוכלוסייה אזרחית.
- **העלאת המודעות והמקצועיות** - חוסר הבנה בסיסית של כלל העוסקים בזיקוקין בצורה ישירה או עקיפה של פוטנציאל הסיכון הרב הטמון בזיקוקין **כנפיצים לכל דבר וענין**. הכרת מהות הסיכון הגלום העולה בפערי סיווג, מרחב כלוא של אחסנת זיקוקין, מוביל ויוביל להיעדר תנאים רגולטורים, פיקוח ואכיפה לא נאותים, טיפול לקוי באירוע תוך פגיעה בחיי אדם, אי מודעות התושבים לסכנה בה נמצאים, ומתן אישורים לפעילות בכל אתר המשמש לאחסנה ו/או הפעלה של זיקוקין.

אירוע פיצוץ מחסן הזיקוקין בפורת מהווה אירוע מכונן. אירועים דומים וקטלניים יותר שהתרחשו ברחבי העולם, זכו לתחקור נכון והגברת מודעות אשר תרמה רבות להעלאת הבטיחות ולמניעת תאונות פוטנציאליות באחסנה וטיפול בזיקוקין. ההתייחסות לזיקוקין ברגולציה העולמית היא **כקבוצה ייחודית של הנפיצים בעלת פוטנציאל סיכון רב לסביבה שאין להקל בה ראש**.

מן הראוי שנושא חשוב זה ייבחן גם כאן, תוך ביצוע פעולות שיתרמו לשיפור הרגולציה תוך מתן **הוראות/תקנות מקצועיות** לעוסקים בזיקוקין, **קבלת אחריות וקיום אכיפה** ע"י הגורמים הרלוונטיים למילוי דרישות רישוי/היתרים **והגברת המודעות/הידע המקצועי** בכל הקשור לסיכונים בזיקוקין, יהוו קפיצת מדרגה בכל הקשור להורדת ההסתברות להתרחשות אירועים הרסניים.

כולי תקווה כי מסמך זה יהווה "מורה נבוכים" בנושא הסיכון בזיקוקין ויסייע בהבנה ובמתן דרכי פעולה למניעת תאונת הזיקוקין הבאה.

אהרון (אריק) גורן

המרכז הישראלי לבטיחות בנפיצים

תאונת הזיקוקין במושב פורת

תחקיר ממצאי האירוע למול מדיניות משרד הגנת הסביבה

המרכז הישראלי לבטיחות בנפצים בע"מ

אהרון (אריק) גורן

תאונת הזיקוקין במושב פורת

תחקיר ממצאי האירוע למול מדיניות משרד הגנת הסביבה

תוכן עניינים :

3.....	מבוא	.1
3.....	הנחות יסוד/בסיס העבודה	.2
4.....	תיאור האירוע	.3
5.....	מיפוי תוצרי הסביבה לאירוע	.4
6.....	הדף	4.1
13.....	רסס	4.2
13.....	רסס בקרבה המידית	4.2.1
18.....	קרינת חום	4.3
18.....	סיווג סוגי הזיקוקין/מוצרי פירוטכניקה	.5
19.....	פריטים שנמצאו בסביבת האירוע	5.1
21.....	פריטים שנבחנו בעבר אצל יבואני זיקוקין	5.2
22.....	סיווג הפריטים באתר על פי תגובתם באירוע	5.3
23.....	בחינת מרחקי ההפרדה	.6
25.....	סיכום	.7
26.....	הגדרות ומונחים	.8
27.....	רשימת מקורות	.9

רשימת תמונות :

4.....	תמונה 1. מיקום האירוע ביחס לסביבה	
5.....	תמונה 2. סימוני פגיעות עיקריות באזור האירוע	
5.....	תמונה 3. בית מגורים הנמצא בסמוך למקום	
7.....	תמונה 4. אזור האירוע (30-25 מ')	
8.....	תמונה 5. פגיעות במבנים (כיוון דרום-מערב, עד 35 מ')	
9.....	תמונה 6. פגיעות הדף במבנים (מזרח) :	
10.....	תמונה 7. פגיעות הדף במבנים (דרום מערב) :	
11.....	תמונה 8. פגיעות הדף במבנים (110 מ') :	
14.....	תמונה 9. פגיעות רסס בטווח המידי :	
15.....	תמונה 10. פגיעות רסס ורגמות (דרום-מערב)	
15.....	תמונה 11. מבט על אזורי פגיעת הרסיסים מכיוון החממות	
16.....	תמונה 12. רסיסים ורגמות עד 100 מ'	
17.....	תמונה 13. רסיסים בטווחים 100-200 מ'	
19.....	תמונה 14. כוורת חצי מלאה שנמצאה	
20.....	תמונה 15. דוגמאות לפריטים עיקריים שנמצאו בסביבת האירוע	
22.....	תמונה 16. דוגמא לרסיסי מבנים :	

רשימת איורים :

- איור 1. מיפוי אזורי הפגיעה מהדף 6
- איור 2. אזורי רסס בסביבת האירוע 13
- איור 3. מעגלי מרחקי הפרדה על פי IATG 24

רשימת טבלאות :

- טבלה 1. פירוט קטגוריות נזק למול רמות הדף אוויר על פי IATG 12
- טבלה 2. דוגמאות לרמות הנזק במבנים מאוכלסים באזור האירוע 12
- טבלה 3. סיווג זיקוקין על פי קטגוריות 18
- טבלה 4. קבוצות הסיכון של זיקוקין 19
- טבלה 5. ממצאי זיקוקין- קבוצות סיכון 20
- טבלה 6. דוגמאות לפריטי היבואנים שנבחנו בעבר 21
- טבלה 7. מרחקי הפרדה לסביבה על פי IATG 23

1. מבוא

בתאריך 14.3.17 במבנה במושב פורת אירעה דליקה אשר גרמה לפיצוץ והפעלה (להלן האירוע) של פריטי הזיקוקין/פירוטכניקה אשר אוחסנו במקום. בעקבות האירוע נוצר נזק סביבתי רב למבני היישוב הסמוכים. בו התקיימה פעילות של חברת "לביא אומגה בע"מ" (להלן היבואן).

בעקבות פניית משרד הגנת הסביבה/אגף חומ"ס נדרש המרכז הישראלי לבטיחות בנפצים לבצע תחקיר ראשוני הכולל מיפוי וניתוח של תוצרי האירוע בסביבה תוך בחינת הנזק הסביבתי, נתוני הפריטים (סוגים וכמויות) ובחינת מרחקי ההפרדה הרלוונטיים/רמות החשיפה הקבילות על פי הוראות האו"ם (IATG).

2. הנחות יסוד/בסיס העבודה

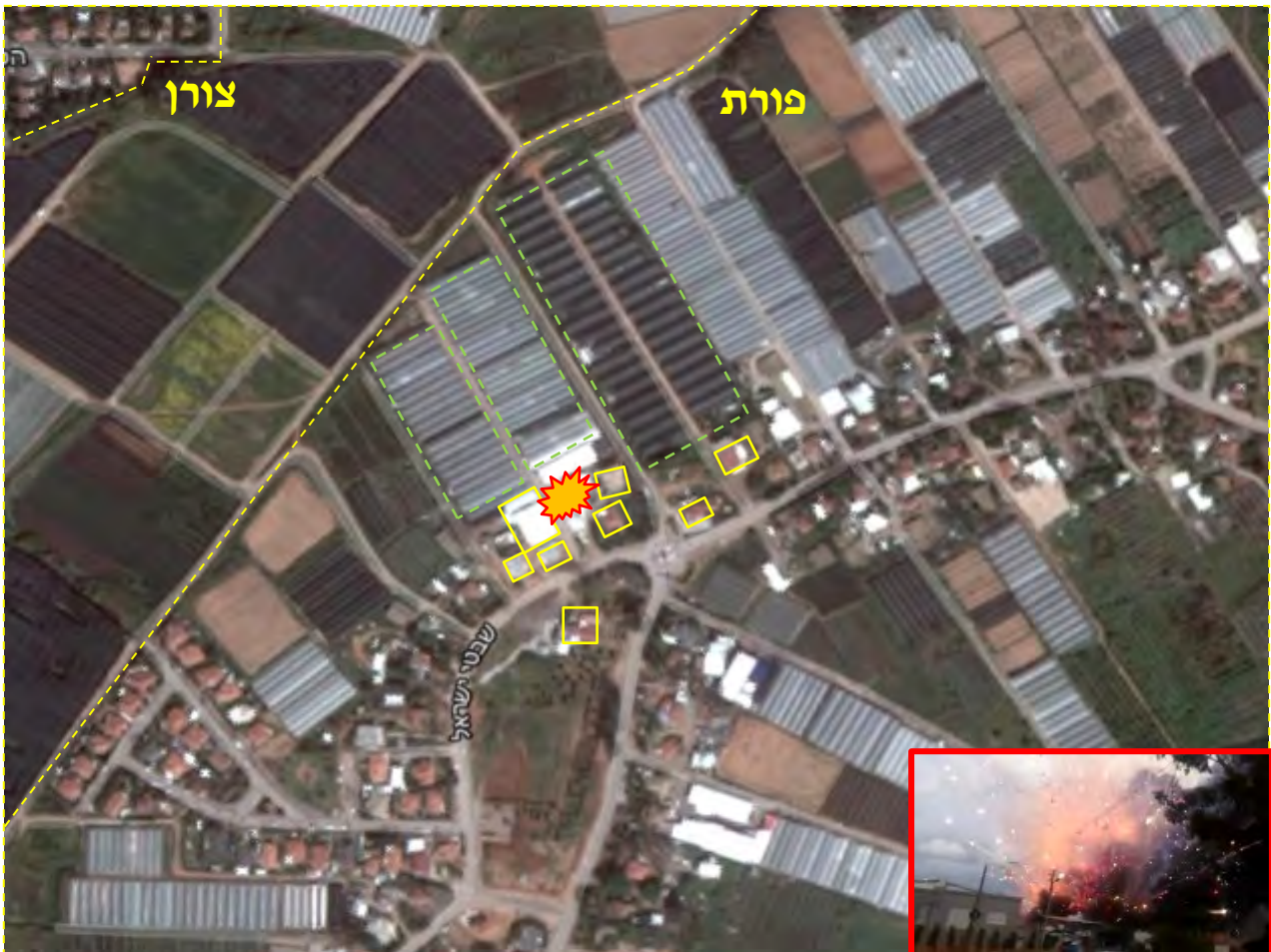
- העבודה נערכה על בסיס הממצאים הראשוניים שנראו בזירת האירוע אשר כללו את תוצרי הפיצוץ והשריפה שאירעו. חלק רב מהפריטים שהועפו נאספו ע"י כוחות ההתערבות (משטרה, חבלה) שהיו בזירת האירוע והוזזו ממקומם.
- תצורת האחסנה של הפריטים הפעילות במבנה ותרומתם לתוצרי האירוע לא נתון בשלב זה.
- נתוני הפריטים שהיו במבנה נבחנו על פי הממצאים שנאספו ותועדו בשטח כולל בחינה לאחור של נתוני הפריטים שנבחנו בעבר אצל היבואן.
- שיתוף הפעולה/קבלת נתונים מצד תושבי המקום על האירוע היה מינימלי. סביר להניח כי קיימים ראיות/ממצאי זירה נוספים אשר לא הוצגו.

3. תיאור האירוע

בתמונה הבאה ניתן לראות את מיקום האירוע ביחס לסביבה במושב.

כפי שניתן לראות, הפעילות במקום בנושא הזיקוקין (עבודה/אחסנה) היתה במרחק של מטרים בודדים מבתי היישוב ולחממות/מבנים המצויים בסמיכות.

על פי העדויות שמסרו תושבי המקום נשמעו מס' התפוצצויות כאשר החמורה בהן גרמה להרס בדרגות שונות על פי מיקומן ביחס למיקום האירוע. טווח האפקטים לסביבה כתוצאה מהאירוע נע עד מאות מטרים.



תמונה 1. מיקום האירוע ביחס לסביבה
(בתמונה הקטנה מימין - אחד מהפיצוצים שתועדו במהלך האירוע)

4. מיפוי תוצרי הסביבה לאירוע

תהליך השריפה והפיצוץ באירוע פורת היה אופייני לתאונות עבר דומות בארץ ובעולם של זיקוקין, אשר החלו בבעירה/ייזום מקומי ועברו תהליך של מעבר מדפלגרציה (בעירה חזקה) לדטונציה (ייזום/פיצוץ).

בטווחים הקצרים נבחנו פגיעות הדף ורסס/רגמות אשר גרמו להרס רב כאשר בטווחים הקרובים למיקום האירוע אירע הרס רב כתוצאה מהדף, חוס, רסס ורגמות/שברים ואילו בטווחים הרחוקים יותר נמצאו רסיסים ופגיעות הדף במבנים פגיעים (שברי חלונות, פריטים/חלקי פריטים שהועפו).

כאמור, תאונת הזיקוקין אירעה בצדו הצפוני של רח' שבטי ישראל ביישוב כאשר רוב הנזקים נמצאו לאורכו.. רוב הנזקים שאירעו במבני מגורים נראו בבירור לאורך הרחוב אשר שימש כ"סרגל" טווחים לרמות הנזק.

אזורי הפגיעה העיקריים אשר נבחנו לאחר האירוע כסמוכים ביותר והבולטים מבחינת זיהוי הנזק מסומנים בתמונה הר"מ.



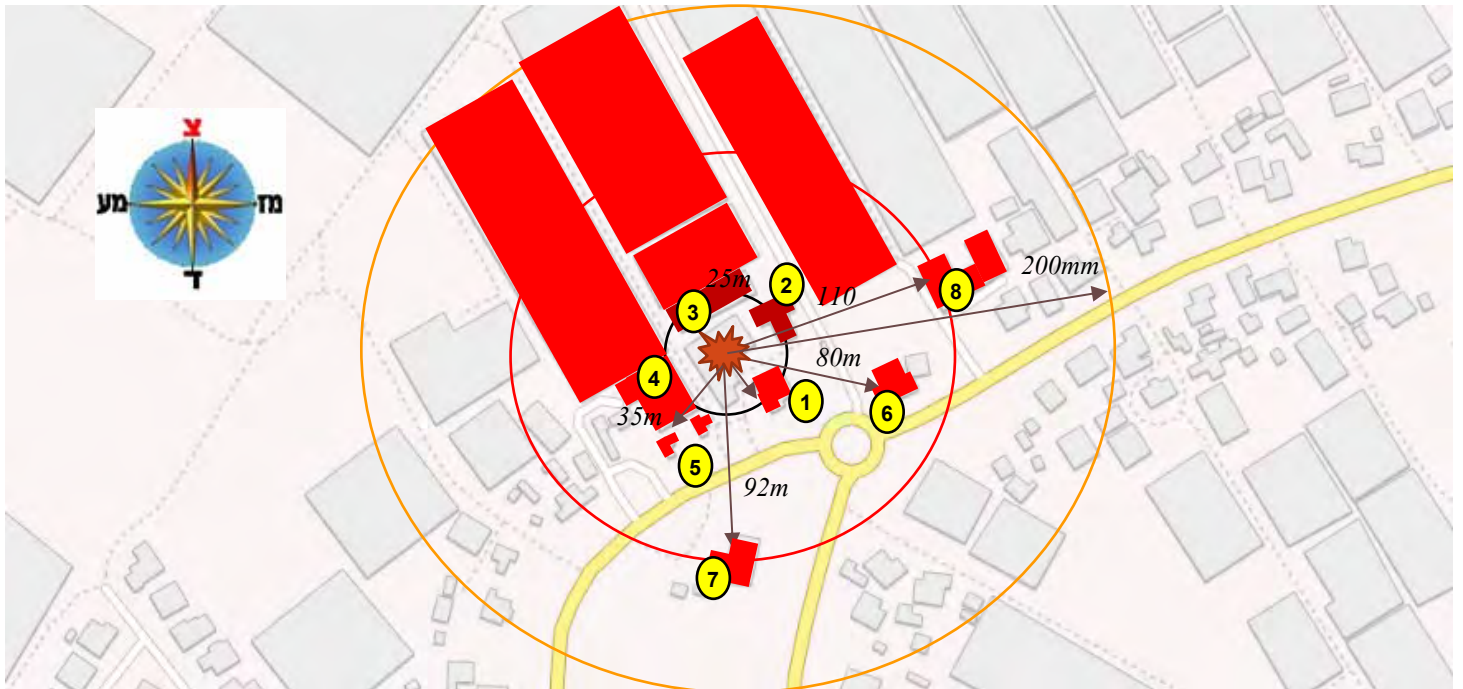
תמונה 2. סימוני פגיעות עיקריות באזור האירוע



תמונה 3. בית מגורים הנמצא בסמוך למקום האירוע (נזקי הדף, רסיסים, רגמות ושברים, שריפה).

4.1 הדף

פגיעות ההדף אשר נראו בזירת האירוע הופיעו ברמות שונות. ניתן לתחם את פגיעות ההדף לארבעה אזורים עיקריים על פי האיור הבא (רמות הנזק על פי מקור 1):



איור 1. מיפוי אזורי הפגיעה מהדף

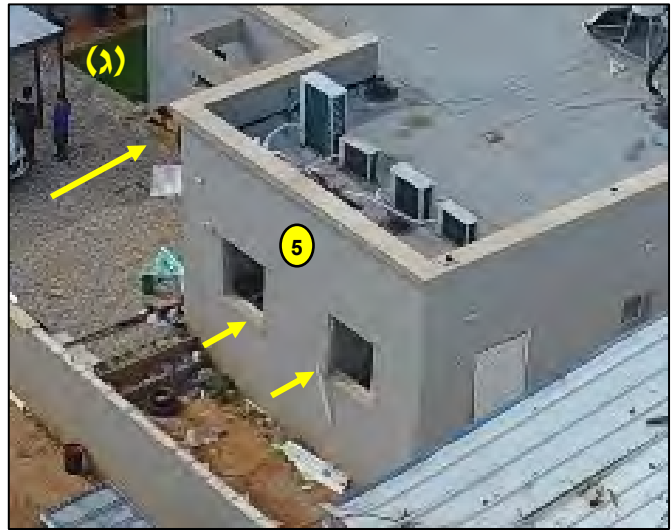
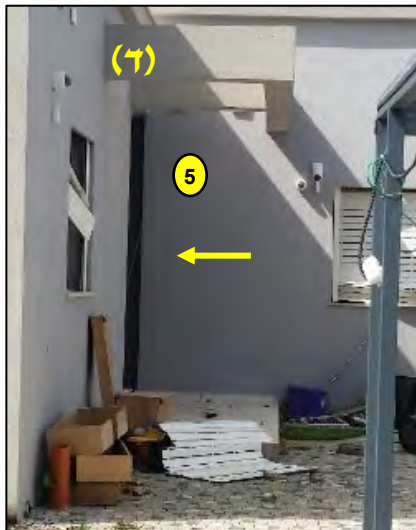
בתחום מעגל I (שחור) המבנים ספגו נזקי הדף לידי הרס טוטאלי (מעל 83Kpas).
בתחום בין המעגל I למעגל II (אדום) נמצאו נזקי הדף בינוניים (מעל 17Kpas) עד חמורים (מעל 35Kpas).
בתחום בין המעגל II למעגל III (כתום) נמצאו נזקי הדף קלים (מעל 3.5Kpas).
מעבר למעגל הכתום קיימת סבירות אפשרית ונמוכה ברמת נזקים מזדמנים/מבניים קלים/פגיעה בחלונות (מתחת ל-3.5Kpas).
בעמודים הבאים ניתן לראות את נזקי ההדף על פי מספרי המבנים שצוינו (איור 1. לעיל).

הערה:

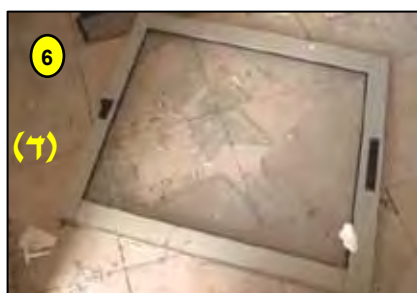
כלל נזקי ההדף אשר נבדקו כממצאים באתר לא מופו לחלוטין. במבט ראשוני בזירה ניתן היה לראות כי אופי הפיצוץ אשר גרם לנזק ההדף הגדול ביותר לא היה "חצי ספרי" מלא, אלא רוב ההדף "תועל" לכיוון צפון-מזרח היישוב, כנראה בגלל תצורת האחסון/המבנה של הזיקוקין בזמן האירוע (למשל, שחרור לחץ בכיוון חלק מוחלש של המבנה).

תמונה 4. אזור האירוע (25-30 מ') :
 (א) בתי מגורים 1 ו-2 אשר ספגו את נזק ההדף הגבוה ביותר מנקודת הפיצוץ (בתי מגורים).
 (ב) רכבים שהושמדו (ג) חממות/מבנים קלים (מבנה 3) שנהרסו כליל/ניזוקו מבנית (ד) מבנה
 במתחם הפעילות אשר ניזוק כליל (ריסוק קירות/חלקי מבנה ופיזור רגמות/בלוקים)





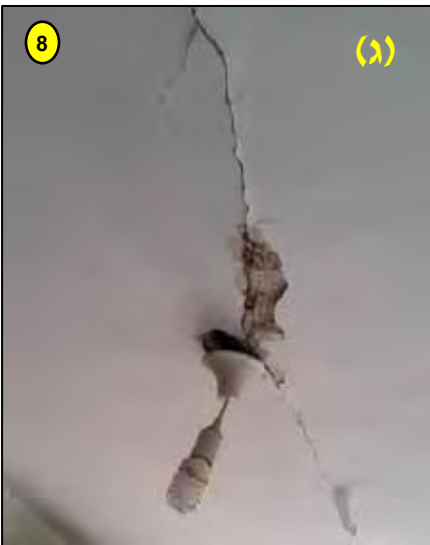
תמונה 5. פגיעות במבנים (כיוון דרום-מערב, עד 35 מ') : (א) מבט כללי מגבול מקום האירוע אל מבנה 4 (מבנה עבודה ומשרדים של גידול ושיווק פרחים) ומבנה מגורים 5, פגיעות/ניפוץ שמשות ברכבים (חיצים אדומים, תמונה קטנה). (ב) התנתקות קורה/מתקן תאורה בתקרת מבנה 4. (ג)-(ד) שבר חלונות והעפת תריסים.



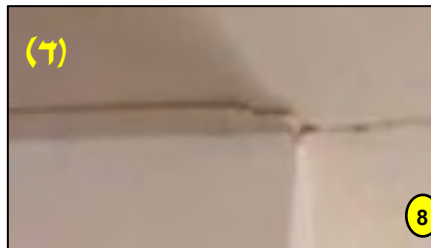
- תמונה 6. פגיעות הדף במבנים (מזרח) :
- (א) מבנה מגורים 6 (80 מ') - פגיעות בקירות וניפוץ חלונות.
 - (ב) עקירת רעפים במבנה 6.
 - (ג) מבט מתוך מבנה 6 ניפוץ חלונות והטחת רהיטים.
 - (ד) עקירת חלונות לפני הבית.
 - (ה) פריצה ועקירה של חלון ממ"ד מבנה 6.



תמונה 7. פגיעות הדף במבנים (דרום מערב) :
 (א) מבט מבית הכנסת (מבנה 7) לכיוון מיקום האירוע (מבנה מגורים 1 מסומן בחץ אדום) ניתן לראות משמאל את משאית חברת "לביא אומגה".
 (ב)-(ד) פגיעות חיצוניות ופנימיות במבנה 7 - קירות, קריסת גג, ניפוץ חלונות.



תמונה 8. פגיעות הדף במבנים (110 מ') - מבנה מגורים 5 :
 (א) שבר תריסים/משקופים, ניפוץ חלונות
 (ב) עקירת רעפים
 (ג)-(ד) נזקים מבניים בקירות/תקרות הבית



רמות הנזקים בנקודות הטווחים שפורטו לעיל נבחנו על פי הוראות-IATG (מקור 2) המפרטות קטגוריות נזק בשתי רמות למבני מגורים (בלוקים) למול רמות הדף.

הגדרה	עוצמת על לחץ (Kpas)		קטגוריית הנזק
	רמה 2	רמה 1	
הרס טוטלי של בתים	47.09	72.81	A
הרס בתים ללא תקנה, לא ניתנים לתיקון מיועדים להריסה.	24.65	36.08	B
בתים פגועים לא ראויים למגורים, עבודת תיקון נרחבת	11.22	15.85	C_B
בתים פגועים לא ראויים למגורים, עבודת תיקון די מהירה	5.66	3.96	C_A
בתים הנדרשים לתיקונים, אי נוחות רצינית אך ניתנים לאכלוס	2.2	1.5	D

טבלה 1. פירוט קטגוריות נזק למול רמות הדף אוויר על פי IATG

ההבדלים בין הרמות המוגדרות נעוצות בעובדה כי רמה 2 בנויה על ערכים "מתוקנים" שבוצעו בשנות ה-90 אשר לוקחים בחשבון את נקדם מעטפת הנפיצים (במידה ולא מדובר בפיצוץ חומר נפץ "חשוף") המהווה את מידת האנרגיה המועברת לשברים הראשוניים מהמעטפת (הפחתה של אנרגיית הפיצוץ באוויר).

ניתן בגישה זו לשערך בצורה גסה את כמות הנפיצים (משקל מילוי עיקרי של חומר הנפץ/החומר האנרגטי של הנפיצים) שתרמה לאפקט הדף האוויר בפיצוץ.

קטגוריית הנזק	מרחק משוערך ממוקד האירוע (מ')	אופי המבנה	מס' מבנה
A, B	25-30	בית מגורים	1
		בית מגורים	2
		מבנה עבודה	3
C_B	80	בית מגורים	6
	92	בית כנסת	7
C_A	110	בית מגורים	8

טבלה 2. דוגמאות לרמות הנזק במבנים מאוכלסים באזור האירוע

כאמור, אירעו מספר פיצוצים כאשר על פי רמות הנזק שהתקבלו ולמול חישובים לאחור של מיקום למול נזק ניתן לראות כי עוצמות הפיצוצים היו שוות ערך TNT לטווח של בין 500 ק"ג עד 1,700 ק"ג של חומר אנרגטי.

חישובים דומים נעשו בתאונות עבר כדוגמת אסון CARMEL במערב אוסטרליה (מקור 3).

כמות זו תומכת בעדויות התושבים כי במקום אוחסנו מספר טונות של זיקוקין מסוגים שונים.

4.2 רסס

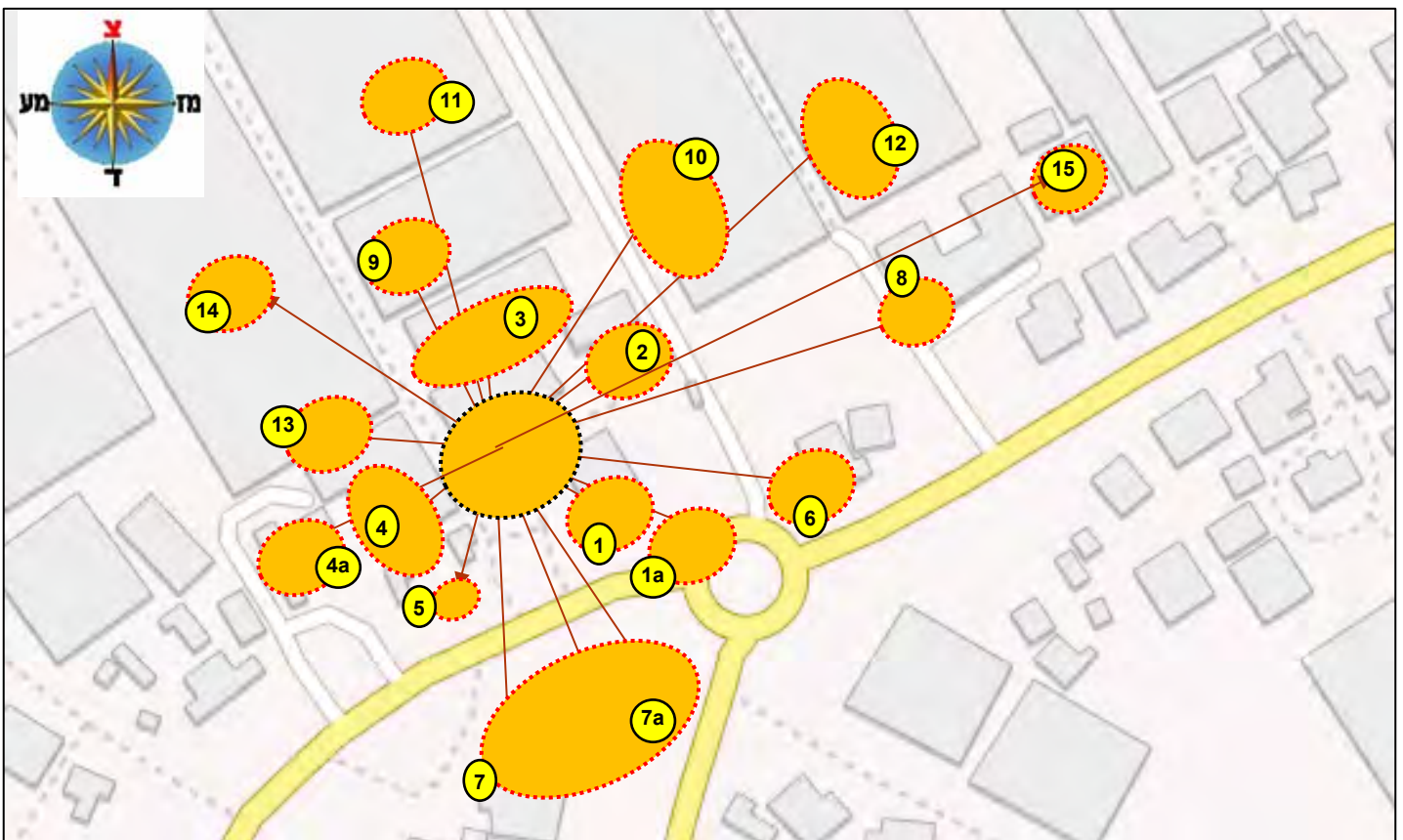
אפקט/תוצר נוסף שאירע באסון הזיקוקין בפורת ואשר היווה סיכון משמעותי מבחינת טווחי ההשפעה בקרבת אוכלוסייה אזרחית היה נושא הרסיסים והרגמות שהתלוו לאירוע. כאן נוכל להבחין בין שני סוגים עיקריים : רסיסים עיקריים הנובעים מהפריטים שהופעלו/נורו ו/או הושלכו ורסיסים משניים שהתלוו לאירוע עצמו כדוגמת רגמות מבנה, חלקי אריזות/ציוד וכד'.

אין חלק זה במסמך עוסק ברסיסים/רגמות אשר נבעו ממבנים שנפגעו למרות שהדבר חייב להילקח לתשומת לב כסיכון (ניפוץ שמשות, פריטים במבנה שהוטחו/נזרקו מעוצמת הפיצוץ, חלקי מבנה שהתפרקו והפכו לרסיסים משניים).

יש לזכור כי חוזק המבנה "החשוף" למול חדירות רסיסים/רגמות הנו תלוי במגוון משתנים. אנו נבחן את הרסיסים/רגמות שהגיעו לשטח הפתוח באזור האירוע על מנת להאריך את טווחי הסיכון שהיו רצויים באחסנה למול הדרישות בהוראות הרלוונטיות הבינלאומיות שעוסקות בכך.

4.2.1 רסס בקרבה המידית

המבנים הקרובים למקום האירוע ספגו רסס ברמות שונות. באיור הבא סומנו אזורי הרסס (סימוני האזורים ביחס לסימוני המבנים בפגיעות ההדף נשארו זהים לשם הנוחות).

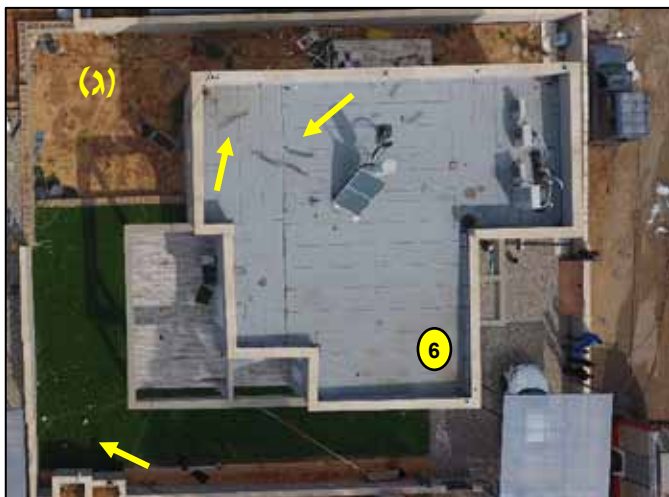


איור 2. אזורי רסס בסביבת האירוע



תמונה 9. פגיעות רסס בטווח המידי :
 (א) מבנה מגורים 1 – פיזור רסס ורגמות על המבנה ובסביבתו (ב) מבנה מגורים 2 - פגיעות רסיסים/רגמות וסימוני פגיעות בקירות ופתחי המבנה.

ניתן לומר כי המבנים הקרובים היוו מעין "סוללת מפגע" לרסס ישיר למבנים שמאחוריהם (בקו ראייה) כאשר פגיעות הרסס של האחרונים היו מרסס עקיף/תלול מסלול בלבד.

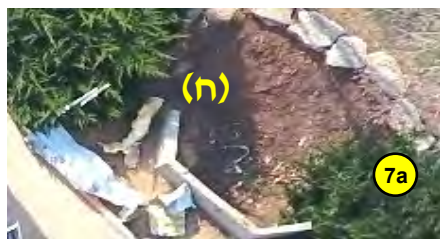


תמונה 10. פגיעות רסס ורגמות (דרום-מערב) : (א) מבנה 7 - עבודה ומשרדים - סימוני רגמות על הגג, רסיסים. (ב) רגמות מתכת בחלקו המערבי של מבנה 7. (ג)-(ד) מבנה מגורים 6 - רסס ורגמות על הגג ובחצר (שברי בלוקים).



תמונה 11. מבט על אזורי פגיעת הרסיסים מכיוון החממות : ניתן לראות מהשמדה טוטלית של המבנים ע"י הדף ורסס עד לקרעים כתוצאה מרסיסים ורגמות שהושלכו.

אזורי הרס שנבחנו מחוץ לטווח הקרוב של האירוע היו באזור הגן הציבורי (7a), השטח שלפני בית הכנסת (7), ובית המגורים הסמוך לכיכר (8). בתמונות הבאות ניתן לראות את מגוון סוגי הרס שהתפזרו בטווחים אלו.



תמונה 12. רסיסים ורגמות עד 100 מ' :
 (א) דוגמת קנה של זיקוקים (ONESHOT) שנמצאו באזור.
 (ב)-(ג) חלקי מעטפת/פריטים פירוטכניים.
 (ד)-(ו) רסיסי מתכת/חלקי מבנה באזור הגן הציבורי.
 (ז)-(ח) שברי מבנה בצדי הכביש הסמוך לאירוע.
 (ט) רסיסי/שברי פחים במשטח האספלט הסמוך למבנה מגורים 6.

ניתן לראות כי רוב הרסיסים הגדולים נבעו מקריעה ו/או העפה של מבנים/אובייקטים מתכתיים. רסיסים/שברים דומים התגלו גם בטווחים רחוקים יותר כפי שניתן לראות בעמוד הבא.

בטווחים רחוקים מעל 100 מ' נמצאו חלקים/שברים בגדלים שונים שהועפו מעוצמת הפיצוצים. בתמונות הבאות ניתן לראות כמה דוגמאות של רסיסים בטווחים המתקרבים ל-200 מ' (טווח הרסיס ממקום האירוע מצוין ע"ג התמונה).



תמונה 13. רסיסים בטווחים 100-200 מ'

כאמור, רסס רב נאסף גם בזירת האירוע ולא בוצע מיפוי מסודר של מרחק-מסה של כלל הרסיסים, כפי שאמור להיות בזירות תאונה של זיקוקין. קיימות עדויות נוספות כי רגמות ורסיסים הועפו למרחקים של מאות מטרים. אף על פי כן, ניתן לראות למול סוגי הזיקוקין שהיו קיימים באתר כי התקיים פיצוץ רב עוצמה של קבוצת הסיכון הגבוהה ביותר (HD1.1) לנפיצים אשר מאופיינת בפיצוץ כולל של כלל התכולה באתר המלווה ברסיסים ורגמות רבים.

יצוין כי נושא הרסס מזיקוקין נבחן לאחר תאונות עבר בכמה מישורים כאשר פריטי זיקוקין המזוהים עם קבוצת הסיכון HD1.1 מסווגים אוטומטית לקבוצות הנפיצים.

לדוגמא, באם נחזור לאסון הזיקוקין Carmel במערב אוסטרליה, הוגדר כי לצורך רישוי אחסון של זיקוקין של HD 1.1, מרחקי הפרדה לדיור מגורים מחוץ לאתר יהיו בהתאם למבנים פגיעים על פי טבלאות מרחקי הפרדה לחומרי נפץ בהתקן האוסטרלי 2187.1 (מקור 4) כאשר מרחק הפרדה מינימלי של 400 מטר יחול בכל עת.

4.3 קרינת חום

הסיכון הקיים עקב קרינת חום/בעירה חזקה אינו הדומיננטי בקבוצת הסיכון HD 1.1, אלא מהווה גורם השפעה/תוצר משני. לרוב נושא זה בא לידי ביטוי בקבוצת הסיכון HD 1.3, בה הסיכון הדומיננטי הוא הסיכון התרמי של שריפה כוללת עם קיום של סיכון משני של רסס/הדף.

במחקרים שנעשו בשנים האחרונות נושא חישוב "כדור האש" איננו נכון לשערוך מתאים לעוצמת הנזק כאשר מדובר בפריטים פירוטכניים מקבוצת הסיכון 1.3. בעבודה שפורסמה ע"י הצי האמריקאי ב-2013 (מקור 5), הוכח כי קיימת בעייתיות בין שמירה על מרחקי הפרדה מקרינת חום על בסיס קוטר מחושב של "כדור האש" לבין הנדרש בפועל להגנה. על פי מדריך משרד ההגנה האמריקאי (מקור 6) למול דרישות מרחקי הפרדה כתוצאה מהדף דבר העלול לגרום לכך שגם אם אדם יעמוד מחוץ למעגלי מרחקי ההפרדה (מבנה מאוכלס/נתיבי תחבורה/פנים-מפעליים) הוא יוכל להיהרג.

קביעת מרחקי ההפרדה תיקבע על פי שטף החום ומשך החשיפה. משקד ההגנה האמריקאי כבר אימץ קריטריון זה במדריכו. במקרה שלפנינו אין משמעות לנושא שטף החום אשר הוגבל על פי הממצאים באזור האירוע.

אפקט קרינת החום/"כדור האש" שנוצר באזור ניכר היטב בטווח המידי של מיקום האירוע. אם זאת, על פי הממצאים וניתוח צילומי האירוע גבולות כדור האש בפיצוץ לא חרגו מרדיוס ה-25 מ'.

5. סיווג סוגי הזיקוקין/מוצרי הפירוטכניקה

קיימת משמעות רבה לנושא סיווג נכון של הזיקוקין ומוצרי הפירוטכניקה. סיווג לא נכון של הזיקוקין של יצרן/יבואן הזיקוקין ללא מודעות למשמעות/ביצוע הערכת סיכונים נאותה הנו מסקנה קבועה כמעט בכל תאונת זיקוקין שנחקרה בשנים האחרונות. ה"סיווג העצמי" הנעשה על פי "ניסיון" או "דמיון" לפריטים דומים אינה נכונה ועלולה במקרים מסוימים להביא להעלאה משמעותית של הסיכון בעת אירוע חריג.

סיווג הזיקוקין נעשה במדינת ישראל מוגדר לפי מקום הפעלתם ומחולקים על פי ת"י 4373 חלק 2 (הזהה לתקנים האירופים מקורות 7 ו-8) לארבע קטגוריות עיקריות על פי הטבלה הבאה :

קטגוריה מס'	מהות
1	זיקוקין המהווים סיכון נמוך מאוד ורמת הרעש שהם יוצרים זניחה. כמו כן זיקוקין אלו מיועדים לשימוש במרחב מצומצם ותחום, ובכלל זה זיקוקין המיועדים לשימוש בתוך מבני מגורים (indoor fireworks)
2	זיקוקין המהווים סיכון נמוך ורמת הרעש שהם יוצרים נמוכה והמיועדים לשימוש בחוץ באזורים תחומים (garden fireworks)
3	זיקוקין אשר מהווים רמת סיכון בינונית והמיועדים לשימוש בחוץ באזורים רחבים ופתוחים ורמת הרעש שהם יוצרים איננה מהווה סיכון בריאותי לבני אדם (display fireworks)
4	זיקוקין המשמשים בחוץ והפעלתם מצריכה מיומנויות מקצועיות, סיכון גבוה (professional use only)

טבלה 3. סיווג זיקוקין על פי קטגוריות

המלצות האו"ם לסיווג נפיצים (מקור 9) לקבוצות הסיכון השונות נמצאות בסדרת UN-6. סוגי הזיקוקין למעשה צריכים לעבור בחינות סיווג לקבוצות הבאות :

קבוצת הסיכון	מהות הסיכונים
1.1	סיכון של ניפוץ כולל - הדף דומיננטי בכמויות גדולות רסס דומיננטי בכמויות נמוכות
1.2	סיכון של רסס ו/או רגמות - ללא ניפוץ כולל
1.3	סיכון של שריפה כוללת - אפשרות לסיכון משני של הדף/רסס קלים
1.4	סיכון של דליקה מתונה - ללא הדף

טבלה 4. קבוצות הסיכון של זיקוקין

בשנים האחרונות, עקב ריבוי מגוון סוגי פריטי הזיקוקין וחוסר האפשרות לסווגם נבנתה ע"י וועדת המומחים של האו"ם טבלת "ברירת מחדל" המשמשת לסיווג פריטי זיקוקין החשודים בסיווג שאינו תקין (מקור 10). האנלוגיה לפריט מתבצעת אל מול הטבלה כאשר התנאי לסיווג נכון הוא קיומם של נתוני הפריט נכונים ע"י היצרן (קוטר, חומרים אנרגטיים, זיהוי וכד'). זיהוי הפריטים במידה ואינו מתאפשר עלפי הטבלה מחויב בביצוע סדרת בחינות UN-6.

במקרה של אירוע פורת, נבחנו סוגי הפריטים על פי הממצאים בשטח ועל פי רישומי הבחינות שנערכו ליבואני הזיקוקין ע"י המעבדה הלאומית לזיקוקין בשנים 2010-2017.

5.1 פריטים שנמצאו בסביבת האירוע

במהלך היממה הראשונה לאירוע נאספו פריטים רבים ע"י כוחות ההתערבות (חבלני משטרה, כב"ה) בשקים/פחים (דולבים). הפריטים היו שאריות של סוגי זיקוקין, פריטים שהופעלו חלקית ופריטים שלמים שהועפו מעוצמת הפיצוצים לסביבה ללא הפעלה. התמונות בעמוד הבא מציגות את סוגי הפריטים העיקריים שנאספו באתר.



תמונה 14. כוורת חצי מלאה שנמצאה



תמונה 15. דוגמאות לפריטים עיקריים שנמצאו בסביבת האירוע

בתמונות לעיל ניתן לראות את הפריטים הבאים (מס' הפריט מסומן בכתום) : 1 - מוקש ONE SHOT, 2 - פגז 6 אינטש', 3- פגז 3 אינטש', 4 - מזרקה קונית, 5 - כוורת FAN, 6 - כוורת 20 מ"מ.

קבוצות הסיכון האפשריות על פי טבלת האו"ם מופיעות בטבלה הבאה :

קבוצות סיכון אפשריות	סוג (על פי הגדרת האו"ם)	מס' פריט
1.1,1.3	Mine	1
1.1,1.3	Shell, spherical < 180 mm	2
		3
1.3,1.4	cone fountains	4
1.1,1.3	Battery	5
		6

טבלה 5. ממצאי זיקוקין- קבוצות סיכון

ניתן לראות כי על פי סיווג האו"ם קיימות אפשרויות היכולות לנוע מקבוצת סיכון 1.4 (בעירה מתונה) עד קבוצת סיכון 1.3 (בעירה חזקה) ומקבוצת סיכון 1.3 עד 1.1 (פיצוץ כולל). בכל מקרה ניתן לומר כי במצב של כליאה קיצונית/שריפה מהירה ואי יכולת שחרור גזים, כלל הפריטים יכולים לעבור פיצוץ כולל.

5.2 פריטים שנבחנו בעבר אצל יבואני זיקוקין

כאמור, ליבואני הזיקוקין בוצעו בעבר בחינות מטעם המעבדה הלאומית לזיקוקין שהוסמכה על ידי מכון התקנים לביצוע בדיקות התאמה לתקן של זיקוקין על פי התקינה האירופאית. בבדיקות עבר שנערכו נמצאו בין השאר פריטים בקטגוריות גבוהות כפי שנמצאו בשטח.

בטבלה הבאה מוצגים מס' פריטים מייצגים שנבחנו במהלך שלוש השנים האחרונות :

שם	שם נוסף	קטגוריה	HD (UN)
פיקות ("שום")	POP SNAPS	1	1.4G
מזרקה	3" CONIC FOUNTAIN	2	1.3G
מזרקה	2.5M 30S SILVER FOUNTAIN	2	1.4G
כוורת אפקטים	49S SQUARE CAKE	4	1.3G
כוורת אפקטים	49S FUN CAKE	4	1.3G
מפל פירוטכני	SMOKELESS WATERFALL	4	1.3G
כוורת מעורבת	25S FAN CAKE	2	1.3G
כוורת מעורבת	25'S THUNDER KING	3	1.3G
מפל אש	WATERFALL CAT.4	4	1.3G
מפל אש	BIG WATERFALL CAT.4	4	1.3G
כוורת מעורבת	SILVER BEE BLUE FAN 54 SHOT	4	1.3G
קליע בקנה שיגור	6" DISPLAY SHELL	4	1.1G

טבלה 6 . דוגמאות לפריטי היבואנים שנבחנו בעבר

כפי שניתן לראות בטבלה 6 רוב הפריטים מסווגים בקטגוריות הגבוהות בקבוצת הסיכון 1.3, כאשר בתנאי אחסון מעורב עם קבוצת הסיכון 1.1, סה"כ משקל המילוי מחושב **קבוצת הסיכון 1.1 לפיצוץ כולל**.

יצוין כי בוצעה בדיקה גם למול רשימות "אב-טיפוס" של הפריטים לעיל בשנה הרלוונטית לכל פריט, כאשר נמצאו אי התאמות בין משקלי המילוי העיקרי (NEW) המופיעים בטבלה לעיל לבין המשקל המוצהר ע"י היצרן. **ההבדלים בין משקלי המילוי היו קטנים לעיתים עד פי 2 ו-3 מהמוגדר על פי היצרן**.

5.3 סיווג הפריטים באתר על פי תגובתם באירוע

במהלך השנים 2003-2006 בוצע פרויקט CHAF (מקורות 5 ו-11) שמומן בחסות האיחוד האירופי, בעקבות תאונות עבר כדוגמת אנסחדה בהולנד וקולדינג בדנמרק, אשר גרמו לאובדן נפש ורכוש ופגיעה בשטחים רחבים. תאונות אלו הראו כי סוגי זיקוקין לא "התנהגו כמצופה" בשעת אירוע חריג על פי סיווגם כקבוצת סיכון 1.3 (מבחינת UN), אלא עברו פיצוץ כולל בעת אחסון בכמויות גדולות (מעבר מדפלגרציה לדטונציה).

הפרויקט הורכב מעשר חבילות עבודה (WP1-WP10) ובוצע ע"י בריטניה (HSL), גרמניה (BAM) ו-TNO-PML (הולנד) בין המובילות והידועות בתחום המחקר לנושא סיכונים בחומ"ס.

ממצאי המחקר אשר כלל ניסויים רבים של ייזום סוגי זיקוקין תנאי אחסנה/בהובלה (מספר טונות) הראו בבירור כי זיקוקין אשר סווגו כקבוצת הסיכון 1.3 (כדוגמת רקות ומפלי זיקוקין) יכולים להפוך לגרום לפיצוץ כולל כשל קבוצת הסיכון 1.1 כאשר הינם מאוחסנים בכמויות גדולות ובתנאי כליאה. בניסויי קליעים/פגזים של זיקוקין אשר סווגו מראש לפיצוץ כולל נצפו תגובות אלימות לסביבה בייחוד במחסנים מכוסי עפר (כליאה).

במחקר עצמו נבחנו גם סוגי הרסס/הרגמות שהושלכו ממכולות/מבני אחסנה הדומים לאלו שנמצאו בזירת האירוע.



תמונה 16. דוגמא לרסיסי מבנים : (א) רסיס מתכתי באירוע פורת על גג מבנה (ב) רסיס מכולה מפרויקט CHAF (פיצוץ קבוצת סיכון 1.3 - מפלי זיקוקין, מקור 5)

על פי הממצאים שנמצאו בזירת האירוע (סעיף 5.1) והפריטים שהיו בידי היבואן בעבר - האירוע כלל ללא ספק את הפריטים שעברו פיצוץ כולל בתנאי אחסנה של כמויות גדולות וכליאה בשריפה חזקה שעברה לתהליך של פיצוץ כולל.

6. בחינת מרחקי הפרדה

פריטי זיקוקין לסוגיהם, כאמור, משתייכים לקבוצת הנפצים (CLASS1) וכשאלה הם נבחנים למידת המסוכנות שלהם לסביבה עלפי קבוצות הסיכון להם הם משתייכים.

מרחקי הפרדה הינם בבחינת מתן דרישות לרמות חשיפה קבילות עבור אובייקטים "סופגים" בסביבה (רצפטורים). רמת הפגיעה המותרת נקבעת על פי אופי הרצפטור כאשר אנו מבחינים בשלושה סוגי רצפטורים עיקריים שהינם בבחינת אוכלוסייה "בלתי מעורבת" בפעילות בנפצים: מבנים פגיעים, מבנים מאוכלסים ונתיבי תחבורה ציבוריים.

באירוע פורת התרחשו מספר פיצוצים במקביל לתהליך הבעירה החזקה בזירת האירוע. באם נבחן את נושא מרחקי הפרדה שהיה נדרש על פי הוראות IATG (מקור 12) נוכל לאמוד את מרחקי הפרדה שהיו נדרשים ממחסן/אתר הפעילות של הזיקוקין אל בתי התושבים.

הטבלה הבאה מציגה טווח חישוב של אחסנה מרחקי הפרדה עבור אחסנה של כמויות נפצים בכמויות משקל מילוי עיקרי בטווחים שנאמדו באתר:

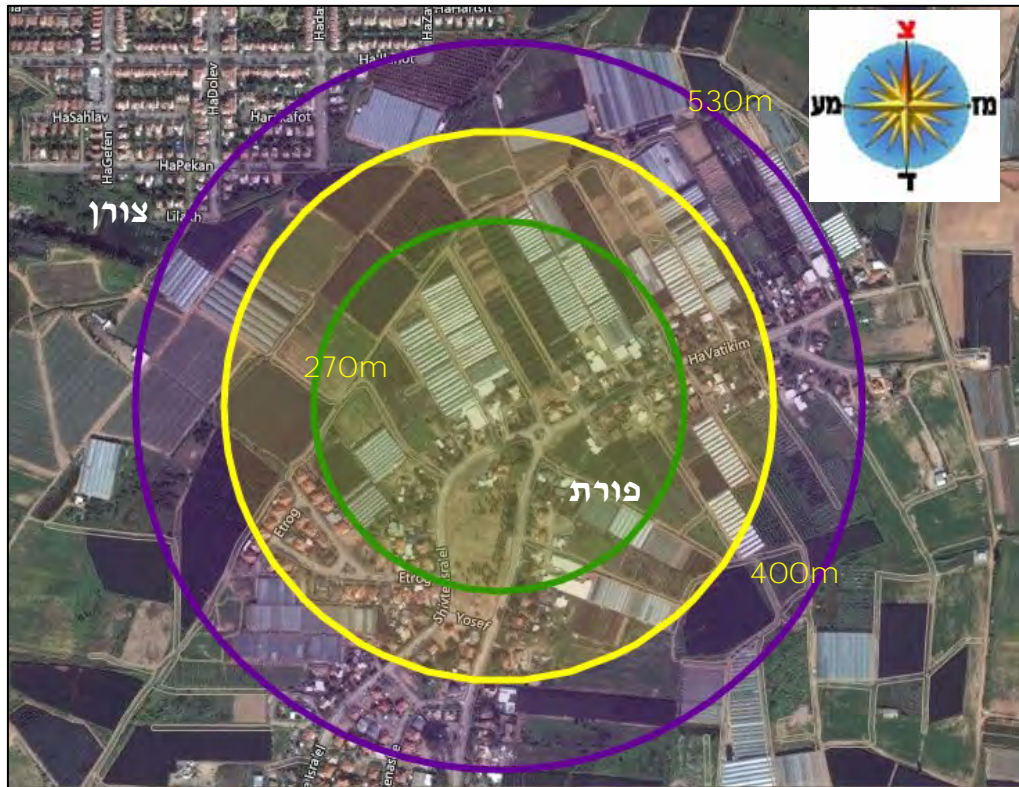
מרחק הפרדה נדרש (מ')			משקל מילוי עיקרי (ק"ג)
נתיב תחבורה ציבורי (PTRD)	מבנה מאוכלס (IBD)	מבנה פגיע (VBD)	
1,000 עד 5,000 רכבים ביממה			
270	400	400	500
270	400	444	1,000
270	400	508	1,500
270	400	559	2,000

טבלה 7. מרחקי הפרדה לסביבה על פי IATG

הסבר:

מרחקי הפרדה בכמויות הנדונות אינן משתנות למבנה מאוכלס/נתיב תחבורה ציבורי מאחר והינם תלויים ברסס בלבד. השוני הוא במבנה המוגדר פגיע שרגישותו להדף גבוהה יותר ולכן הנו עולה בהדרגה.

האיור הבא מציג את חישוב קשתות מרחקי ההפרדה לסביבה על פי IATG .
 מעגלי המרחקים בוצעו באמצעות כלי החישוב של אתר ה- IATG (מקור 13).



איור 3. מעגלי מרחקי ההפרדה על פי IATG

מרחקי ההפרדה המוצגים בתמונה מוגדרים עבור כמות של 1,700 ק"ג. על פי עדויות תושבים מצורך הנמצאת מכיוון צפון-מערב ליישוב הורגש הפיצוץ בצד הצופה לכיוון פורת (טריקות דלתות, חלונות..) למרות שלא תועדו נזקים.

לסיכום, ניתן לומר כי במידה והיה נשמר הטווח המינימלי של הרס בטווח של 270-400 מ' (טבעת שנייה) ממיקום הזיקוקין היה ניתן למנוע את רוב הנזקים שתועדו במסמך זה, מאחר והטווחים שדווחו/מרחקי הממצאים הינם מתחת לקשתות המצוינות לעיל.

7. סיכום

פרטי זיקוקין הינם נפיצים לכל דבר ועניין מבחינת הסיכונים המתקיימים בהפעלה לא רצונית לסביבה. התאונה בפורת, מצטרפת לשורת התאונות בארץ (כדוגמת קיבוץ אפק ב-2005 ואזור תעשייה גורן ב-2013) ובעולם, בה אחסנה/פעילות/טיפול בפריטי זיקוקין נעשה ללא כל מודעות/מקצועיות לפוטנציאל הסיכון הרב הקיים בעת אירוע חריג של התלקחות/פיצוץ הזיקוקין.

ככל הידוע, המצאות אחסון והפעילות בזיקוקין בפורת בקרבה רבה לבתי היישוב ומקומות פגיעים באזור לא הייתה חדשה לתושבי המקום מזה שנים. 48 שעות לאחר האירוע אף פורסם כי נמצאה מכולה נוספת מלאת זיקוקין בישוב השייכת ליבואן (מקור 14).

על פי מה שתואר במסמך נראה כי קיימים ליקויים מבחינה מקצועית לנושא סיווג הסיכונים והגבלת מיקום הפעילות/האחסנה של זיקוקין על פי דרישות הבטיחות הנהוגות בעולם.

מניתוח הממצאים כפי שהובאו במסמך זה, ניתן לראות כי שמירה על מרחקי הפרדה מינימליים הייתה מפחיתה משמעותית את הנזק הרב שנגרם לסביבה. לפיכך, המדד הראשון שיש לבחון בטרם אישור פעילות/אחסנה הינו מדד "מרחקי הפרדה". שמירה על מרחקי הפרדה מינימליים בהתאם להוראות הבינלאומיות ראוי שתיקבע כרף מינימום לשם שמירה על הרצפטורים בסביבה.

ניתן לראות גם על פי הוראות ה-IATG (מקור 15) כי ההתייחסות לזיקוקין מסחריים (Civilian fireworks) הינה כשל חומר נפץ לנושא הטיפול והגברת הערנות עקב היותה קבוצה רגישה מאוד לפגיעה, חיכוך, חום או ניצוץ.

הזיקוקין לא מוגדרים "חומר נפץ" ונחשבים בעיני רבים כ"תמימים". נושא הגברת המודעות לזיקוקין כקבוצה ייחודית בעלת פוטנציאל סיכון רב לסביבה הינו חשוב ביותר מבחינת הרגולציה בכל מדינה.

הדרכות, הסברים והתניות לפעילות של יבואני/יצרני הזיקוקין בעולם תוך מתן הגבלות לנושא סיווג, כמות, סוג ואכיפה של דרישות הבטיחות הוגברו בשני העשורים האחרונים ברחבי העולם תוך חידוד ההוראות וההגבלות לנושא הזיקוקין באחסנה, מכירה, הובלה וכד'. מן הראוי שגם במקרה שלפנינו היה נעשה כך.

8. הגדרות ומונחים

- **IATG (International Ammunition Technical Guidelines)** - הנחיות האו"ם לנושא בטיחות בנפיצים. משמשות כבסיס מקצועי לדרישות בטיחות בנושא נפיצים במדינות בהן אין רגולציה מוסדרת. מבוססות על הוראות/תקנים אירופיים (כדוגמת AASTP-1 של NATO, JSP-482 של משרד ההגנה הבריטי וכו') ומעודכנות במקביל אליהן (גרסה אחרונה יצאה ב-2015).
 - **קבוצת סיכון HD (Hazard Division)** - קבוצה המציינת את סוג הסיכון הצפוי בעת אירוע חריג של נפיצים. הקבוצה היא תת קבוצה של Class 1 (קבוצה 1 בחומרים מסוכנים עבור תחמושת וחומרי נפץ) המגדירה את אופיו והסיכון הדומיננטי של הנפיץ המשוך אליה.
 - **PES (Potential Explosion Site)** אתר/מתקן פוטנציאלי לפיצוץ - מיקום הנפיצים כאתר "מוסר".
 - **ES (Exposed Site)** כל אתר/מתקן החשוף להשפעות הפיצוץ בעת אירוע חריג – מוגדר גם כרצפטור/אתר "סופג".
 - **מרחקי הפרדה (separation distance)** - מונח כללי למרחק המינימום המותר בין PES לבין ES, מרחקי ההפרדה יכולים להיות מחושבים על פי עקרון "מרחק-כמות" (הגדלת כמות הנפיצים מגדילה את מרחק ההפרדה) או על בסיס ניתוח סיכונים (תוצרי אירוע חריג).
 - **מרחק כמותי Q-D (quantity distance)** - המרחק המינימלי המותר בין PES לבין ES המבוסס על עקרון "כמות-מרחק". **מוגדר לרוב כ"מרחק הפרדה"**. קיימים מרחקי הפרדה פנימיים וחיצוניים אשר נקבעים על פי רגישות הרצפטור/ES.
 - **NEW (Net Explosive Weight)** - הוא משקל הנטו הכולל של חומר הנפץ שעשוי להיות מעורב בפיצוץ אקראי. באם לא הוכח ניסויית הנו מהווה את סה"כ משקל חומר המילוי האנרגטי ו/או הפירוטכני בפריט/במבנה/המחסן ומיועד לשימוש בחישוב מרחקי ההפרדה על פי "כמות-מרחק".
- שמות נוספים : **NEQ** (Net Explosive Quantity), **NEC** (Net Explosive Content), **NEM** (Net Explosive Mass).

9. רשימת מקורות

1. *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs* by Center for Chemical Process Safety Copyright © 1994 American Institute of Chemical Engineers - Appendix B: **EFFECTS OF EXPLOSIONS ON STRUCTURES**
2. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 01.80 - Formulae for ammunition management. Second edition 15-02-01
3. The Carmel Explosion - Report of the investigation into the fireworks accident in Carmel, Westerns Australia, Department of Mineral and petroleum resources, 6 march 2002
4. AS 2187.1-1998 Australian Standard™ - Explosives-Storage, transport and use Part 1: Storage
5. Realistic Safe-Separation Distance Determination for Mass Fire Hazards, MARCH 2013 NAVAL AIR WARFARE CENTER WEAPONS DIVISION
6. DoDM 6055.09-M-V1, DoD Ammunition and Explosives Safety Standards: General Explosives Safety Information and Requirements, February 29, 2008
7. EUROPEAN STANDARD EN 15947-2, Pyrotechnic articles - Fireworks, Categories 1, 2, and 3 - Part 2: Categories and types of firework, September 2010
8. EUROPEAN STANDARD EN 16261-1, Pyrotechnic articles - Fireworks, category 4 - Part 1: Terminology, August 2012
9. Transport of Dangerous Goods, Manuel of Tests and Criteria, Sixed revised edition, United Nations, 2015
10. UNITED NATIONS, COMMITTEE OF EXPERTS ON THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS AND ON THE GLOBALLY HARMONIZED SYSTEM OF CLASSIFICATION AND LABELLING OF CHEMICALS - REPORT OF THE COMMITTEE OF EXPERTS ON ITS SECOND SESSION, Geneva, 10 December 2004
11. OECD Safety practices related to the storage of fireworks in the context of land use planning, Issue paper September 9th 2009
12. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 02.20 - Quantity and separation distances Second edition 15-02-01
13. Quantity-Distance Map : <https://www.un.org/disarmament/un-safeguard/map/>
14. מכולה מלאת זיקוקים - בין בתי המושב שבו התפוצץ המחסן <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4936526,00.html>
15. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 06.10 - Control of explosives facilities Second edition 15-02-01

זיקוקין - סקר ספרות ונהלים

רגולציה באחסנה ועבודה, אירועים חריגים ומניעתם

המרכז הישראלי לבטיחות בנפיצים בע"מ

אהרון (אריק) גורן

זיקוקין - סקר ספרות ונהלים

רגולציה באחסנה ועבודה, אירועים חריגים ומניעתם

תוכן עניינים :

4.....	מבוא	.1
4.....	שיטה	.2
5.....	רגולציה הקיימת בישראל - בחינת נהלים ותקנות	.3
5.....	מסלול הזיקוקים וגורמים מאשרים	3.1
8.....	הובלה	3.2
9.....	אחסנה	3.3
10.....	הפעלה	3.4
11.....	אירועי זיקוקין בחו"ל והרגולציה הקיימת בנושא	.4
11.....	ENSCHED (הולנד), 2000	4.1
11.....	מקום האירוע	4.1.1
12.....	כמויות וסוגי הזיקוקין	4.1.2
12.....	תיאור האירוע	4.1.3
13.....	תוצאות האירוע	4.1.4
14.....	לקחים	4.1.5
16.....	אחריות הממשל והחברה לאירוע	4.1.6
17.....	הטיפול באירוע	4.1.7
18.....	פעולות לאחר האירוע	4.1.8
19.....	CARMEL (מערב אוסטרליה), 2002	4.2
19.....	מקום האירוע	4.2.1
20.....	כמויות וסוגי הזיקוקין	4.2.2
20.....	תיאור האירוע	4.2.3
22.....	תוצאות האירוע	4.2.4
25.....	לקחים	4.2.5
25.....	אחריות הממשל והחברה לאירוע	4.2.6
26.....	פעולות לאחר האירוע	4.2.7
28.....	KOLDING (דנמרק), 2004	4.3
28.....	מקום האירוע	4.3.1
28.....	כמויות וסוגי הזיקוקין	4.3.2
29.....	תיאור האירוע	4.3.3
30.....	תוצאות האירוע	4.3.4
31.....	לקחים	4.3.5
31.....	אחריות הממשל והחברה לאירוע	4.3.6
32.....	הטיפול באירוע	4.3.7
32.....	פעולות לאחר מעשה	4.3.8
33.....	Waipahu (הוואי), 2011	4.4

33	תיאור האירוע	4.4.1
34	תוצאות וממצאים באתר האירוע:	4.4.2
36	תהליך הסילוק של הזיקוקין - אחריות הממשל והחברה	4.4.3
38	ממצאים עיקריים של החקירה	4.4.4
39	פעולות לאחר מעשה	4.4.5
40	אירוע זיקוקין - גורמים אפשריים ומניעה	.5
42	סיכום	.6
43	הגדרות ומונחים	.7
44	רשימת מקורות	.8

רשימת תמונות:

6	תמונה 1. דוגמת סימון באריזת זיקוקין
11	תמונה 2. אתר האחסנה של SE FIREWORKS
12	תמונה 3. הפיצוץ באנסחדה
13	תמונה 4. אנסחדה - אזור האסון לפני ואחרי האירוע.
14	תמונה 5. תמונות מזירת האסון
17	תמונה 6. כוחות הכיבוי באנסחדה
19	תמונה 7. מיקום ותכולת אתר האחסנה של CARMEL ב-CARDILE FIREWORKS
22	תמונה 8. אתר האחסנה ב-CARMEL לאחר האירוע
23	תמונה 9. ממצאי רסיסים באירוע
24	תמונה 10. דוגמאות לנזקים בסביבה באסון CARMEL
28	תמונה 11. מיקום מפעל הזיקוקין ב-KOLDING
29	תמונה 12. ניסיונות הכיבוי למכולות הזיקוקין
30	תמונה 13. רגע הפיצוץ הראשון (15:25)
30	תמונה 14. הפיצוצים הגדולים (17:45)
31	תמונה 15. מפעל הזיקוקין ב-KOLDING לפני (ימין) ואחרי האירוע (שמאל)
33	תמונה 16. מחסן A-21 בו אירעה התאונה
33	תמונה 17. מיקום סככת העבודה בפתח
35	תמונה 18. פתח המחסן לאחר התאונה
35	תמונה 19. פנים המחסן לאחר התאונה
35	תמונה 20. הסטת הטנדר בסמוך למחסן
35	תמונה 21. עגלת המשא שהועפה בפיצוץ
36	תמונה 22. תהליך הסילוק ב-DEI
37	תמונה 23. חיתוך פגזי זיקוקין ומיכל הטבילה

רשימת איורים :

- איור 1. מסלול הזיקוקין ונותני האישור 7
- איור 2. תהליך קבלת היתר הפעלה 10
- איור 3. מיקום אתר האחסנה באנסחדה 11
- איור 4. התפשטות האש ב"משולש האירוע" 15
- איור 5. תחילת האירוע (מתוך דוח החקירה) 21
- איור 6. רגע הפיצוץ הגדול 21
- איור 7. מיפוי הרסיסים באירוע 23
- איור 8. כמויות הזיקוקין לכל מבנה (NEW) 29
- איור 9. תכולת המחסן בזמן האירוע 34
- איור 10. קדמת המחסן בעת האירוע 34
- איור 11. מנגנוני התגובה בעת אירוע של פריטי זיקוקין 41

רשימת טבלאות :

- טבלה 1. קודי סיכון ומספרי או"ם לזיקוקין 5
- טבלה 2. פילוח הנזקים לסביבה באסון CARMEL 24

1. מבוא

בתאריך 14.3.17 במבנה במושב פורת אירעה דליקה אשר גרמה לפיצוץ והפעלה של פריטי הזיקוקין/פירוטכניקה אשר אוחסנו במקום. בעקבות האירוע נוצר נזק סביבתי רב למבני היישוב הסמוכים. בו התקיימה פעילות של יבואן זיקוקין (חברת "לביא אומגה בע"מ").

אסון הזיקוקין בפורת, הצטרף לשורת התאונות בארץ (כדוגמת קיבוץ אפק ב-2005 ואזור תעשייה גורן ב-2013) ובעולם, בה אחסנה/פעילות/טיפול בפריטי זיקוקין נעשה ללא כל מודעות/מקצועיות לפוטנציאל הסיכון הרב הקיים בעת אירוע חריג של התלקחות/פיצוץ הזיקוקין.

בוצע תחקיר ראשוני שכלל מיפוי וניתוח של תוצרי האירוע בסביבה תוך בחינת הנזק הסביבתי, נתוני הפריטים (סוגים וכמויות) ובחינת מרחקי ההפרדה הרלוונטיים/רמות החשיפה הקבילות על פי הוראות האו"ם (IATG).

בעקבות פניית משרד הגנת הסביבה/אגף חומ"ס נדרש המרכז הישראלי לבטיחות בנפצים לבצע סקר ספרות ונהלים לבחינת הרגולציה הקיימת בארץ ובעולם. במסגרת עבודה זו נדרש לבחון מהם הגורמים הפוטנציאליים לאירוע חריג למול תאונות עבר בזיקוקין שאירעו בעולם והרגולציה שפותחה בנושא.

2. שיטה

העבודה הורכבה משלושה חלקים עיקריים:

- **בחינת נהלים ותקנות רלוונטיים הקיימים לנושא הזיקוקין בעת עבודה ואחסנה (רגולציה קיימת).**

במסגרת זו נבחנו כלל החוקים, צווים, תקנות, תקנים ונהלים הקשורים לפעילות עם זיקוקין המוגדרים כיום ליבואנים ומפעילי הזיקוקין (להלן העוסקים בזיקוקין).

יצוין כי במקביל במסגרות שונות (פורום יבואני הזיקוקין, ישיבות/וועדות כנסת, פניות לשרים וכד') מתבצעות פעילויות לשם קביעת חוקים ותקנות אשר לא בהכרח לוקחות בחשבון את הפן הבטיחותי לסביבה כפי שנראה בהמשך המסמך.

- **סקירה של אירועים חריגים דומים בחו"ל והרגולציה הקיימת בנושא.**

למול תאונות עבר נבחנה מחדש הרגולציה הקיימת באותה מדינה. סוקרו מס' תאונות מרכזיות אשר היוו אירועים "מכוננים" בגישת הרשויות לנושא החוקים וההוראות הקיימים בנושא הזיקוקין באחסנה ובעבודה. שינוי הגישה התבטא לא אחת בשינוי המדיניות הקיימת ובקביעת דרישות ותנאים לעוסקים בזיקוקין.

- **בחינת הגורם האפשרי לאירוע ומניעתו.**

סוגי הגורמים האפשריים לאירוע התלקחות/פיצוץ זיקוקין נבחנו למול אסונות זיקוקין בשנים עברו אשר הביאו לתוצאות דומות כבמקרה אסון הזיקוקין בפורת.

אין המסמך מתיימר לבחון מהו הגורם העיקרי שהביא לאירוע בפורת.

3. רגולציה הקיימת בישראל - בחינת נהלים ותקנות

3.1 מסלול הזיקוקים וגורמים מאשרים

במדינת ישראל קיימות הוראות בנושאי האחסנה והעבודה בזיקוקין המצויות/מוזכרות במספר מקורות. המקורות הרלוונטיים מופיעים החל מחוק וכלה בנהלים המתייחסים לנושא הבטיחות בזיקוקין ברמות שונות.

לשם בחינה של הרגולציה תחילה יש להבין את מסלול הזיקוקים מרגע הגעתם לשערי הארץ ועד להפעלתם/השמדתם. הזיקוקין המובאים לארץ מגיעים עם סימון אשר נקבע להם ע"י היצרן. השילוט והסימון מחויבים ע"י הוראות האו"ם (מקורות 1 ו-2) לנושא הובלת חומ"ם (חומרים מסוכנים).

לנושא הסיווג המתאים יש לזכור כי הזיקוקין מוגדרים על פי קטגוריות (1-4) וקוד סיכון (HCC). קוד הסיכון מורכב מקבוצת הסיכון (HD) ומקבוצת התאימות (CG) המגדירים את פוטנציאל הסיכון הגלום בנפצים ואת תאימותם לעירוב באחסנה (ראה הגדרות).

סוגי הזיקוקין השונים מסווגים על פי הוראות האו"ם בתצורה הבאה (מקור 2) :

מס' או"ם	קוד סיכון	סוג חומר הנפץ או התחמושת
0333	1.1G	זיקוקין
0334	1.2G	
0335	1.3G	
0336	1.4G	
0337	1.4S	

טבלה 1. קודי סיכון ומספרי או"ם לזיקוקין

קיימות 4 קטגוריות של זיקוקין על פי רמת הסיכון כאשר הקטגוריות יהיו על פי החלוקה הקיימת בתקן הישראלי 4373 (מקור 3). התקן מפרט את קטגוריות 1,2,3 לזיקוקי דינור והמבוסס על המקורות האירופים (מקורות 4 ו-5). התקנים בנושא קטגוריה 4 ומוצרים פירוטכניים תיאטרליים נמצאים ככל הידוע בשלב הכנתם.

קטגוריות הזיקוקין המותרות כיום לייבוא הינן כלל הקטגוריות למעט קטגוריה 2 "מועפת" (מקור 6).

סימון האריזות הקיים כולל כיום סימון בעברית הכולל את משקל המילוי העיקרי והקטגוריה אשר מועבר ע"י היבואן עצמו לארץ המוצא (סין לרוב) לשם סימון האריזה טרם יציאת הזיקוקין לארץ (ראה תמונה).



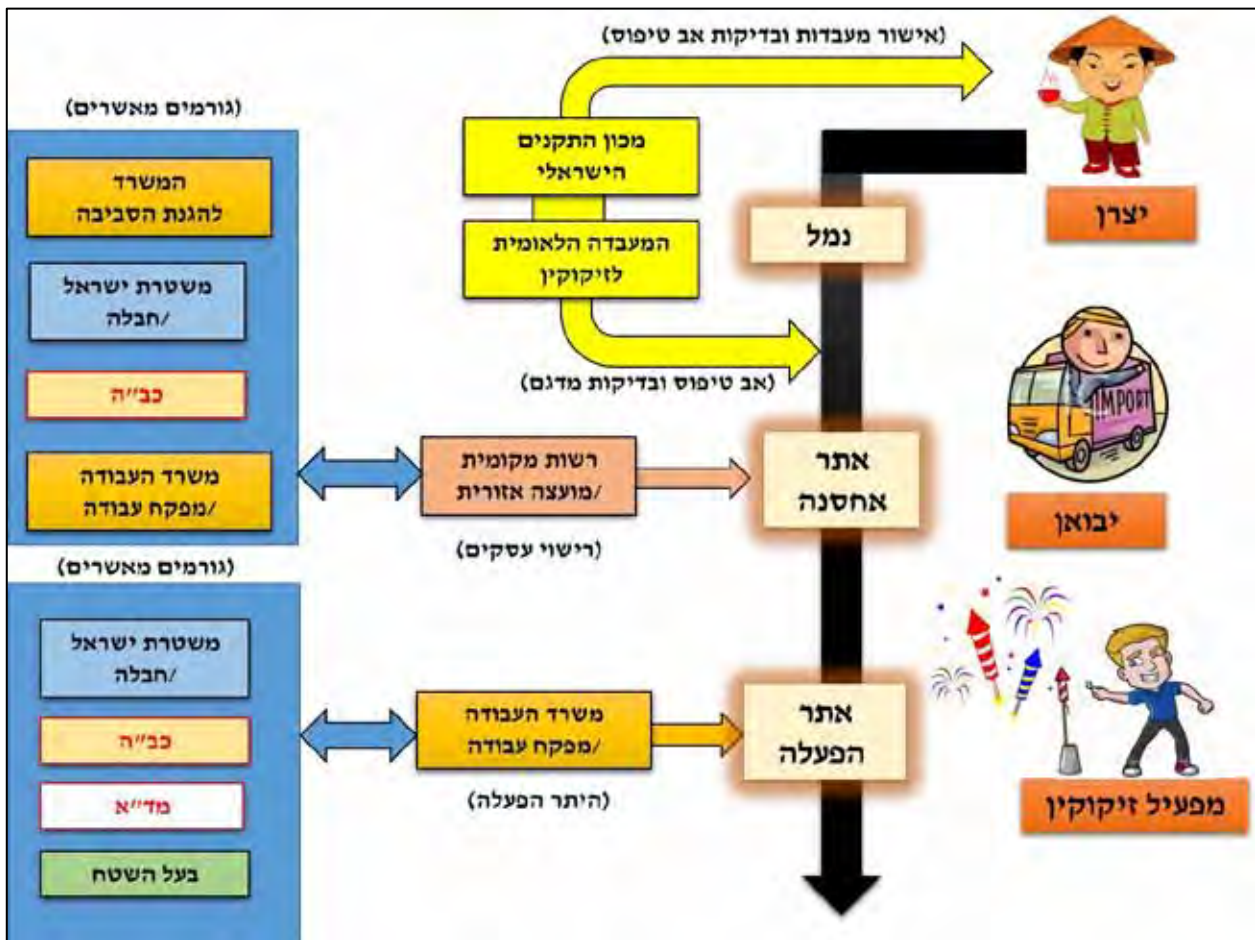
תמונה 1. דוגמת סימון באריזת זיקוקין

טרם הגעתם לארץ על היצרן לדאוג לאישור יבוא ממשרד העבודה. משרד העבודה אשר מהווה נותן אישור גם לאחסנת הזיקוקין (אישור מחסן היבואן), בודק למול רשומת היבואן של היבואן את הנפח הפנוי במחסן המאושר.

מעבר לכך נדרש היבואן לאישור שיווק המתקבל ממכון התקנים הישראלי. לשם כך היבואן נדרש למתן תעודת אב טיפוס (המבוצעת על פי התקנים האירופאים) הניתנת לאחר בדיקה (Type Test) ע"י מעבדה בארץ המוצא והמאושרת ע"י מכון התקנים.

האיור בעמוד הבא מציג את מסלול הזיקוקין מרגע הגעתם לארץ למול נותני האישורים הרלוונטיים לאתרי האחסנה וההפעלה של הזיקוקין.

יצוין כי מעבר לגורמים המאשרים הקיימים גורמים נוספים לנושא ההובלה, האחסנה, העבודה וההכשרה בנושא הזיקוקין עליהם נרחיב בסעיפים הבאים.



איור 1. מסלול הזיקוקין ונותני האישור

מרגע הגעתם לארץ, מבוצעת מסירה ישירה של הזיקוקין אל אתר אחסנה מאושר של היבואן. באתר זה ובאתרי ניסוי מאושרים מבצעת המעבדה הלאומית לזיקוקין מטעם מכון התקנים בדיקות מדגם ואב טיפוס ("Batch Test") לאישור הזיקוקין. ברגע שמאושרים סוגי הזיקוקין ע"י המעבדה, ניתן אישור שיווק ליבואן ע"י מכון התקנים.

אתר האחסנה המאושר ע"י היבואן מחויב ברישוי העסק ע"י הרשות המקומית. התנאי למתן רישוי זה הוא אישורם של כלל הגורמים המעורבים בתהליך. במקרה של אישור אתר האחסנה נדרשים הגורמים הבאים:

- משרד העבודה
- משטרת ישראל
- הרשות לכבאות והצלה (כב"ה)
- המשרד להגנת הסביבה

רק לאחר קבלת האישורים מכלל הגורמים הנ"ל המחסן יהא מאושר לאחסון הזיקוקין ע"י הרשות המקומית.

תהליך דומה מתקיים גם עבור אתר ההפעלה. במקרה זה הגורם המאשר הנו משרד העבודה הנותן היתר הפעלה לאתר בו תתקיים הפעלת הזיקוקין. גם כאן, כמו באישור אתר האחסנה, התנאי למתן היתר זה תלוי בגורמים המעורבים בתהליך והם :

- משטרת ישראל
- הרשות לכבאות והצלה
- שירותי רפואה/מד"א
- בעל השטח (של אתר ההפעלה)

רק לאחר קבלת האישורים מכלל הגורמים הנ"ל האתר יהא מאושר להפעלת הזיקוקין ע"י משרד העבודה. מפעיל הזיקוקין המוסמך ע"י משרד העבודה פונה למחסן היבואן בבקשה לרכישת הזיקוקין. מפעיל הזיקוקין חייב להציג ליבואן תעודת מפעיל זיקוקין בתוקף, היתר הפעלה לאתר ההפעלה ובעל רכב להובלת חומ"ס (במידה וההובלה מתבצעת על ידי המפעיל).

3.2 הובלה

הובלת הזיקוקין מתקיימת כאמור ישירות אל מחסן היבואן וממנו אל אתר ההפעלה. נושא ההובלה של הזיקוקין (השייכים לקבוצת חומרי הנפץ והתחמושת Class 1) הנו בבחינת הובלת חומ"ס ולכן כל הובלת זיקוקין מחויבת בקיום תקנות משרד התחבורה לנושא הובלת חומ"ס (מקור 7). הדרישות כוללות בין השאר : היתר הובלת חומ"ס לנהג, אישור הרכב להובלת חומ"ס, שילוטי אזהרה, ציוד בטיחות, כרטיס בטיחות ושטר מטען להובלת חומ"ס. לנושא זה קיימים הגורמים המאשרים הבאים :

- משרד התחבורה - נושא מתן רישיון מוביל (לחברות), היתר הובלת חומ"ס ואישור רכב להובלת חומ"ס.
- המשרד להגנת הסביבה - היתר רעלים למוביל חומ"ס.

3.3 אחסנה

אחסנת הזיקוקין מהווה גורם סיכון משמעותי לסביבה. אתר האחסנה של הזיקוקין (להלן המחסן) חייב להיות אתר מאושר ע"י הרשות המקומית כאשר המחסן חייב להיות מאושר על פי חוק רישוי עסקים (מקור 8) למול מתן האישורים הרלוונטיים (מקור 9). להלן פירוט נותני האישור לנושא האחסנה :

משרד העבודה :

אישור המחסן מתבצע על בסיס חוק חומרי הנפץ (מקור 10) תקנות חומרי הנפץ (מקור 11) ופקודת הבטיחות בעבודה (מקור 12). קיימת טיטת נוהלי בטיחות בעבודה עם זיקוקין דינור (מקור 12) אשר מגדירה בין השאר את הדרישות לתכנון, בנייה ואישור המחסן, וכד'. אישור המחסן ייעשה על פי **התוספת החמישית** (המצויה במקור 12) אשר מגדירה גם את מרחקי הבטיחות למחסן זיקוקין. כאשר על פי הגדרות משרד העבודה רק זיקוקין מקבוצות הסיכון 1.1 ו-1.2 יחויבו בדרישות אחסנת חומרי נפץ (מקור 11).

יובהר כי על פי אכרזת חומרי הנפץ (מקור 13) זיקוקין מוכרים כחומר נפץ **רק מקטגוריות 3 ו-4**.

במילים אחרות, באם נבחן את הקיים למול מדיניות משרד הגנת הסביבה, קיימות דרישות שונות למרחקי בטיחות עבור הרצפטורים (מבנים מאוכלסים ונתיבי תחבורה ציבורית) בסביבה במקרה של מחסן זיקוקין כתלות בקטגוריה ובקבוצת הסיכון. מרחקי הבטיחות במקורות שהוזכרו נקבעים על סמך הכמות כאשר במחסן שהוגדר לזיקוקין (מקור 12) מוגדרת הכמות למשקל הפריטים כולל אריזתם ואילו במחסן לזיקוקין שהוגדר כמחסן חומרי נפץ יקבעו על פי משקל כמות חומר הנפץ (משקל מילוי עיקרי של הזיקוקין!).

נושא זה במיוחד לאור אי הבהירות בסיווג הנכון לזיקוקין הקיים בישראל עלול ליצור הקלה יתרה למרחקי הפרדה הנדרשים עבור רמות חשיפה קבילות, מעבר לעובדה כי הגדרות ומקדמי הסיכון עבור הרצפטורים שונים לחלוטין מהמקובל בעולם.

לאחר בחינת המחסן ע"י מפקח עבודה אזורי נקבעים למעשה באישור המחסן סוגי הזיקוקין, הכמויות ונפח האחסנה המותר. בעל המחסן מחויב לשמור על הכמות המרבית המותרת בהתאם לאישור מנהל העבודה, היתר האחסון ורישיון העסק (מקור 12).

משטרת ישראל :

המשטרה מהווה נותן אישור לרשות המקומית לנושא האבטחה והחומרים המסוכנים, המבצע פיקוח ובקרה בכל הקשור לייצור, מכירה, אחסנה הפעלה ושימוש בזיקוקין (ראה גם בנושא היתר ההפעלה בהמשך). הרישוי ע"י משטרת ישראל מתבצע בכפוף להוראות החוק של מכירה, אחסון ואריזה של חומרי נפץ בכל הקשור לנושא מניעת סכנות לשלום הציבור והבטחה מפני שוד והתפרצות (מקורות 9 ו-14) בכל הקשור לסדר הציבורי, פעילות חבלנית עוינת (פח"ע) וההיבט הפלילי.

הרשות לכבאות והצלה :

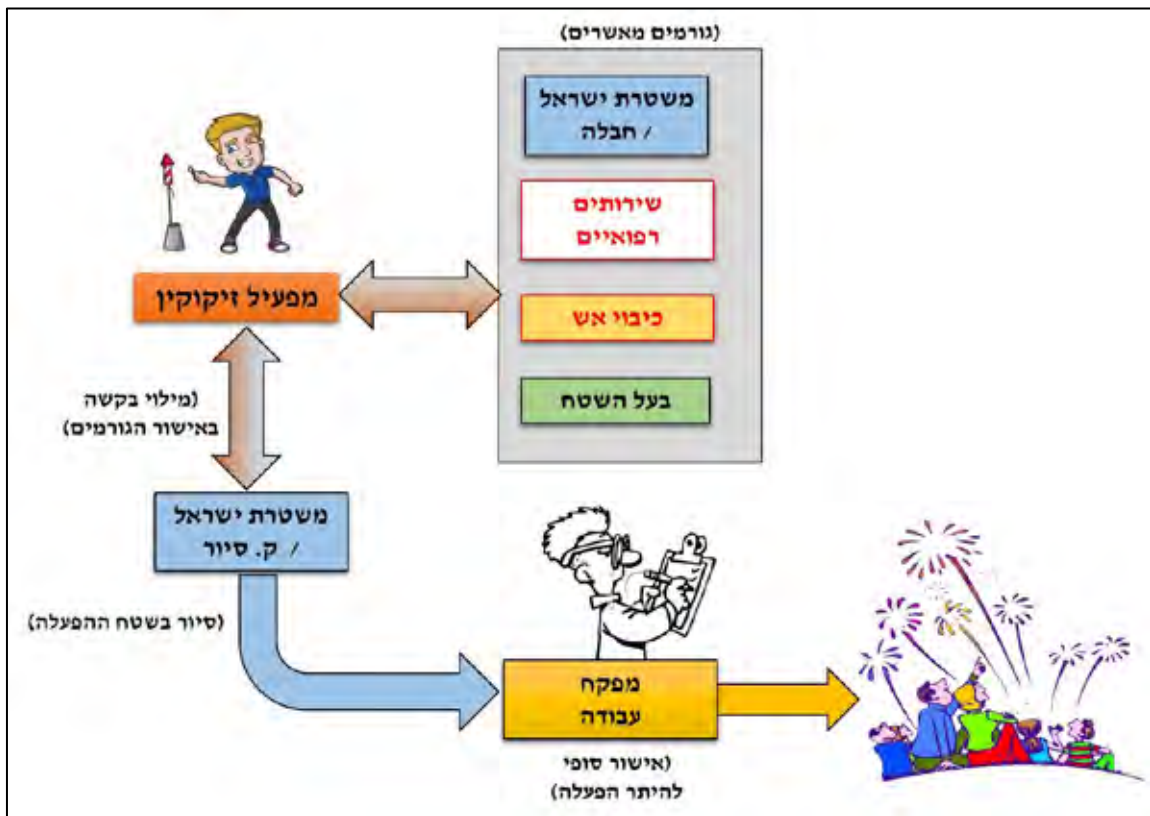
על פי תקנות מכבי האש קיימות הנחיות לנושא הימצאות ציוד כיבוי אש במחסנים ובכלל זה ציוד, חומרים ומתקנים המשמשים למניעת דליקות (מקור 15). הדבר אף מוגדר כי בקבוצת העסקים טעוני הרישוי (מקור 9) בכל נושא קבוצת חומרי הנפץ ובכללם זיקוקין דינור יש לבצע את קיום הדינים הנוגעים לכבאות. כיום הרשות מבצעת את בדיקותיה (ע"י מפקח בטיחות אש) מזה זמן לאתרי אחסנה על פי מפרט (מקור 16) המהווה סט דרישות מינימום. מפקח בטיחות אש מקבל את סט הדרישות ממערכת מידע העומדת לרשותו, ברגע שהוא מקליד את פריט הרישוי של העסק. יודגש כי ייתכן מאד שהמפקח יציב דרישות נוספות לפי מידע שיקבל בסקר הסיכונים/ממצאים בשטח האחסנה. על פי הרשות אגף בטיחות אש מתכנן לעדכן את סט הדרישות לייעוד זה כאשר הנושא נמצא בתכנית העבודה ל-2017.

המשרד להגנת הסביבה :

למרות שאינו מוגדר כנותן אישור על פי המקורות שצוינו לעיל, המשרד להגנת הסביבה מהווה נותן אישור על פי היתר הרעלים המופיע בחוק החומרים המסוכנים (מקור 17). הזיקוקין בהיותם חומ"ס כאמור מוגדרים לפיכך רעל המחויב בהיתר (*).

3.4 הפעלה

לקבלת היתר ההפעלה נדרש מפעיל הזיקוקין לקבל אישור ממפקח העבודה לאחר אישור ממספר גורמים. תהליך קבלת היתר ההפעלה מוצג באיור הבא (מקורות 18 ו-19) :



איור 2. תהליך קבלת היתר הפעלה

מפעיל הזיקוקין חייב למעשה לקבל את אישורם של החבלן, המשטרה ומפקח העבודה (הנמצא בסוף התהליך). יצוין כי למרות שהינם מוגדרים כנותני אישור, שירותי הרפואה/כיבוי אש מוגדרים אך ורק כמערך רפואי נדרש וכגורם ממליץ במקרים מסוימים.

(* ברשימת תקנות חומרים מסוכנים (סיווג ופטור), התשנ"ו 1996 כלולים חומרים אשר נחשבים לחומרי המרכיבים זיקוקים למשל - כלוראטים (סף של 10ק"ג), ברומאטים (סף של 10ק"ג) ואבקת מתכת (סף של 1 ק"ג), כמו כן תרכובות ניטראורומטיות ותולדותיהן, תרכובות ניטראוליפטיות ותולדותיהן המהווים חומרי נפץ קלאסיים.

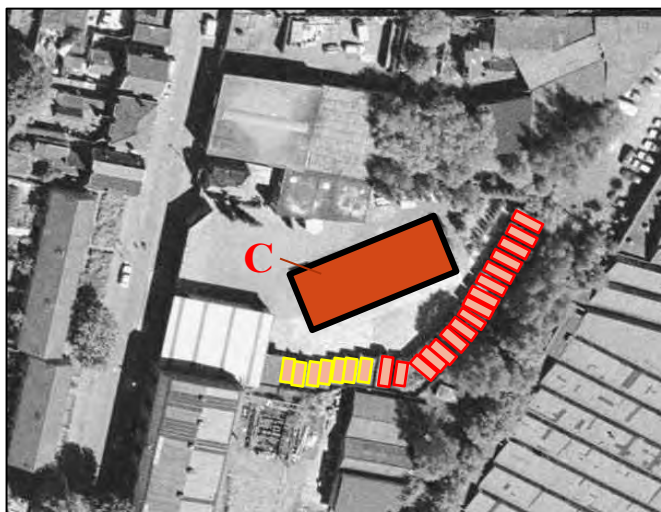
4. אירועי זיקוקין בחו"ל והרגולציה הקיימת בנושא

קיימים לדאבונו לא מעט אירועי/תאונות זיקוקין אשר התרחשו במהלך העשורים האחרונים. אנו נבחן כמה אירועים שהפכו ל"מכוננים" בתחום הרגולציה המקומית ו/או הבינלאומית. במסגרת בחינה זו נבחן בכל תאונה את הפעילות/האחסנה במקום האירוע, הנסיבות שגרמו ו/או תרמו לאירוע במהלכו, התוצאות, הלקחים שהופקו ע"י הגורמים הממשלתיים/הרגולציה הקיימת והשינויים שבוצעו.

4.1 Enschede (הולנד), 2000

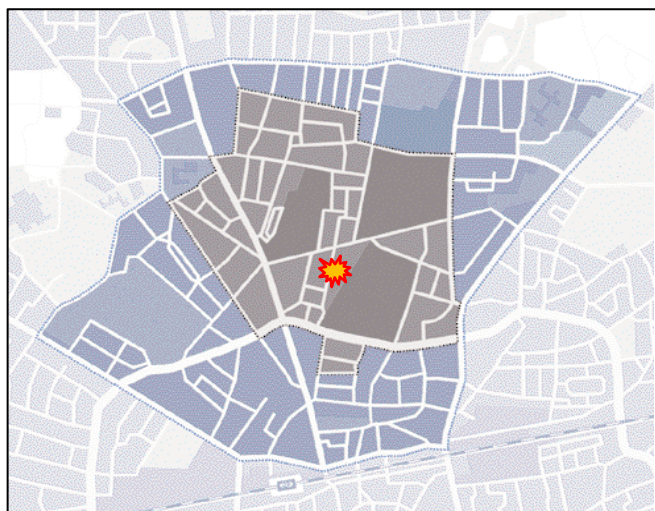
4.1.1 מקום האירוע :

אסון הזיקוקין באנסחדה התרחש ביום שבת, ה-13/5/2000 באתר האחסנה של חברת SE Fireworks. בתמונה הבאה ניתן לראות את אתר האחסנה בימים שלפני האירוע.



תמונה 2. אתר האחסנה של SE FIREWORKS

האתר הכיל בונקר מרכזי המחולק לתאים (מסומן כמלבן C) אשר שימשו לפעילות בזיקוקין (בעיקר אריזה מחדש), 16 מכולות מתכת סטנדרטיות (מכולות 20 רגל - מסומנות באדום) ו-7 מבנים טרומיים (מסומנים בצהוב). מיקום אתר האחסנה היה ברובע בעיר אנסחדה, כאשר החברה אחסנה וארזה מחדש זיקוקין שיובאו מסין.



איור 3. מיקום אתר האחסנה באנסחדה

ניתן לראות את מיקום אתר האחסנה בעיר אנסחדה ביום האירוע כאשר שכונת Roombeek (מסומנת באפור - מקור 20) הינה בטבעת הפנימית וספגה את מירב הנזק.

4.1.2 כמויות וסוגי הזיקוקין :

טרם האירוע, הכמויות המותרות על פי רישוי החברה לאחסון באתר היו 136,500 ק"ג מקוד הסיכון 1.4S/1/4G, כאשר בנוסף בחלק מהתאים בבונקר C הותרו לאחסון 2,000 ק"ג של זיקוקין מקוד הסיכון 1.3G. (מקור 20)

בפועל, בזמן האירוע נמצאו באתר הכמויות הבאות של הזיקוקין :

- 16 טון מקבוצת הסיכון 1.4 (המיועדים לשימוש בידי אזרחים).
- 154 טון מקבוצת הסיכון 1.3 (לשימוש מפעילים מקצועיים).
- 5 טון מקבוצת הסיכון 1.2 (לשימוש מפעילים מקצועיים כולל סוגי זיקוקין משוגרים).
- 1.5 טון מקבוצת הסיכון 1.1 .

4.1.3 תיאור האירוע :

האירוע החל בחדר עבודה אשר היו בו חומרים ללא היתר אחסנה (בונקר C תא C2). דלתות הועפו מעוצמת הלחץ שנוצר בעת השריפה כאשר פרצי אש ושטפי חום חזקים נעו לכיוון המבנים הטרומיים ומכולות האחסון והובילו לסדרת פיצוצים אשר עוצמתם מהמכולה הראשונה תרמה רבות לאירוע. רקטות זיקוקין שהועפו למכולות סייעו להתפשטות האש. הבעירה החזקה והרקטות המועפות גרמו לאנשים רבים להתקרב לאתר האירוע. כחצי שעה לאחר תחילת האירוע החלו הפיצוצים כאשר לבסוף אירע פיצוץ גדול בבונקר המרכזי אשר גרם להרס לסביבה המלווה בעשן כבד בגובה 40 מ' שכיסה את האזור (תמונה 3).



תמונה 3. הפיצוץ באנסחדה :
(א) צילום הפיצוץ הגדול מטווח 600 מ'.
(ב) הפיצוץ שנראה מכיוון הרחוב בו התאספו הצופים באירוע.
(ג) העשן מעל אנסחדה.

4.1.4 תוצאות האירוע :

על פי הערכת החוקרים - עוצמת הפיצוץ האחרון הייתה שקולה לפיצוץ של 4 עד 5 טון TNT. הזיקוקין שהועפו גרמו לנזק סביבתי - הוצתו מבני עץ ודליקה חזקה ורחבה אשר הביאה להשמדת אזור מגורים שלם (שכונת Roombeek). תוצאות האסון גרמו ל:

- 22 הרוגים (מהם ארבעה כבאים)
 - 1,000 פצועים מתוכם 50 פצועים קשה (אושפזו לפחות 5 ימים).
 - הרס מוחלט של בתים ומבנים אחרים ברדיוס של 250 מטר. נזק נרחב למבנים ברדיוס של 750 מטר (ברדיוס זה הוחלט ע"י עיריית אנסחדה לבצע הריסה כללית של האזור). בסה"כ הריסה/פגיעה קשה של כ-500 בתי מגורים/עסק.
 - סה"כ הנזק לרכוש הוערך ב-500 מיליון יורו.
- התמונות הבאות מציגות את אזור האסון ותוצאותיו.



תמונה 4. אנסחדה - אזור האסון לפני (ימין) ואחרי האירוע (שמאל). מוקד האירוע מסומן באליפסה.



תמונה 5. תמונות מזירת האסון :
 (א)-(ב) תושבים מזועזעים באזור האסון (ג) הרס השכונה ההולנדית

4.1.5 לקחים :

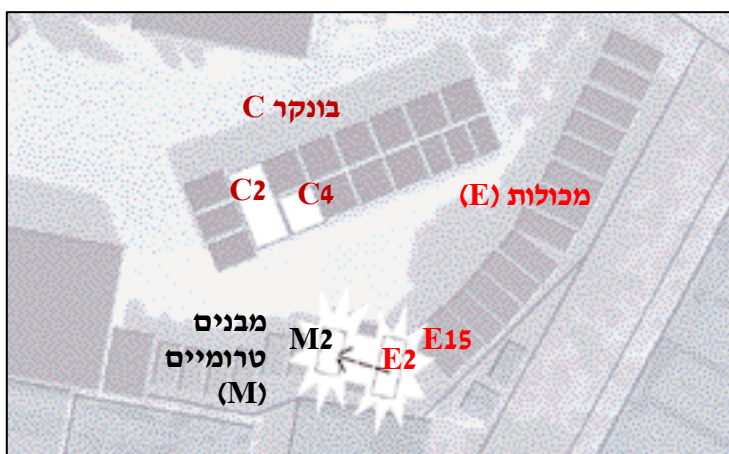
הדוח הסופי (מקור 21) שפורסם ע"י ועדת החקירה של אנסחדה בוצע כסיכום לשלושת המחקרים שעסקו במידת האחריות לאסון של חברת SE Fireworks והממשלה ההולנדית, ניהול האסון והטיפול הרפואי, והסיוע המעשי שניתן בשטח.

הלקחים העיקריים היו :

- הסיבה העיקרית לתאונת הזיקוקין היו השריפות אשר השתוללו כ-30 דקות טרם שרשרת הפיצוצים. הדוח ציין גם את הסיבות לשריפה והתפשטותה.
- היה קיים עירוב של קבוצות סיכון שונות באתר האחסנה.
- כמות הזיקוקין חרגה בצורה משמעותית מזו שהורשתה בהיתר החברה, כאשר רוב הזיקוקין היו בסיווג הגבוה יותר מההיתרים הסביבתיים (יותר מ-90% מכלל התכולה היו צריכים להיות מסווגים ברמה גבוהה יותר).

הדוח הסופי פירט ארבעה סעיפים אשר היו קריטיים בהיווצרות והסלמת השריפות והפיצוצים באתר האחסנה (איור 4):

- זיקוקין אוחסנו בתא C2 בבונקר, אשר בו החלה השריפה. בתא זו לא ניתן היתר לאחסנת זיקוקין מאחר ולא בוצעה בו עבודה (כזכור, האירוע היה ביום שבת).
- היה פתח בין תא C2 (אריזה מחדש) לתא אחסון C4, מה שאפשר את מעבר האש.
- שתי מכולות ללא היתר הוספו ב-1999. אחת מהן (E15) הוצבה בצדו של "משולש האירוע" אשר הזיקוקין נורו בו מבונקר C והתפשטו לשאר המבנים. הסגירה של "משולש האירוע" ע"י המכולה סגרה כמעט כליל את אזור האירוע והקשתה על הגישה לאתר.
- חלק מהשטח אשר ב"משולש האירוע" לא נשמר נקי (כדוגמת חניית קרוון), דבר שלא מנע מהאש להתפשט כנגד קיר מכולה E2 ולזיקוקין שאוחסנו בתוכה אשר נורו לכיוון סביבת המבנים הטרומיים וגרמו לאחר 42 שני לפיצוץ מבנה M2.



איור 4. התפשטות האש ב"משולש האירוע"

הדוח הסופי הסיק כי במידה וההיתר שניתן באתר היה בוחן את ארבעת הסעיפים הללו, ייתכן ולא הייתה מתרחשת שריפה או לפחות הסלמתה בעת האירוע (משקל הזיקוקין באחסנה לא היה משנה במקרה זה). עוד לנושא ההיתרים יודגש כי החברה עצמה לא מלאה את חובותיה לנושא חוקי העבודה, כאשר עבדה ללא היתרי שילוח ועיסוק עוד מאמצע שנות ה-90, ללא ניהול מילוי הדרישות בנוגע לסיכון המלאי הקיים והערכת הסיכונים הנדרשת.

4.1.6 אחריות הממשל והחברה לאירוע:

ועדת החקירה מצאה שורה של ליקויים בהתנהלות הממשל למול נושא חברת SE Fireworks באנסחדה.

כשלים נמצאו לנושא הייעוץ הסביבתי מטעם משרד ההגנה ההולנדי שלא עמד לרשות עיריית אנסחדה, חוסר פיקוח ע"י העירייה והגורמים הממשלתיים ללא נקיטת פעולות אפקטיביות כנגד ההפרות שביצעה החברה (אזהרות קונקרטיות בנושא חריגות בטיחות הועברו מהמשטרה המקומית עוד ב-1991 לא זכו לשום יחס מצד הנהלת העירייה).

הנהלת העירייה אף אשרה את הצבת של המבנים הטרומיים והמכולות ללא התרי בניה (תכניות בינוי מ-1986 ו-1996 אסרו על הרחבת החברה). החיסרון שהוכח כקריטי היה בחוסר התיאום בין משרדי העירייה (הגנת הסביבה והבינוי, כאשר האחרון גם לא היה מאשר קונסטרוקטיבית את המכולות והמבנים הטרומיים).

ביקורת התחבורה הפדרלית של הולנד אפשרה למעשה לחברה לפעול מספר שנים לא התרי עיסוק ושילוח.

מעבר לנושא מתן ההיתרים ואי הפיקוח לחברה, כלל הגורמים הממשלתיים כשלו. בדוח הסופי צוין כי הממשלה לא למדה את הלקחים מאסון הפיצוצים הקודם במדינה (מפעל הזיקוקין MS Vuurwerk בקולמברג, 1991). הגורמים כללו בין השאר את משרדי רישוי העסקים, משרד הפנים, משרד התחבורה והעבודות הציבוריות, משרד המשפטים ומשרד ההגנה.

למרות האמור לעיל, מידת האחריות של החברה לאסון לא הוטלה בספק. ועדת החקירה ציינה בדו"ח הסופי כי היה מצופה כי איש עסקים באשר הוא חייב להכיר באחריותו ובמיוחד במגזר החברות העוסקות בתחום הזיקוקין בו נושא הבטיחות בעל חשיבות עליונה, חייבות להתקיים דרישות הבטיחות לעובדים ולסביבה.

כאמור, מתוך ממצאי החקירה כי קיימות מספר בעיות בסיווג סיכון לזיקוקי דינור, כאשר אי האמינות של הסיווג היה גורם מכריע שתרים לחומרת אסון הזיקוקין באנסחדה. מעל כל צל של ספק באם היה מבוצע אחסון על פי ההיתר המקורי שניתן לחברה (קבוצת הסיכון 1.4 עם תוספת קטנה של קבוצת הסיכון 1.3), לא היה מתקיים פיצוץ מאסיבי/כולל כפי שהיה באסון.

בעלי החברה מ-1998 היו מוכרים כבעלי ידע מעשי כמפיקי אירועים של זיקוקין דינור והיו מודעים לסוגי הזיקוקין ולאופן פעולתם. עוצמת הפיצוץ באסון הזיקוקין הוכיח למעשה כי היה מדובר בסיווג שגוי של הזיקוקין. הסיווג של הזיקוקין אשר הגיעו מסין לא היה אמין וגם בביקורת שנעשתה בחברה ע"י משרד ההגנה ב-1998 פגזי זיקוקין אשר הוצאו הוגדרו כקבוצת הסיכון 1.1 (סיכון של פיצוץ כולל). כלל הממצאים הביאו לדעה כי בעלי החברה לא היו בעלי ידע מספק לנושא הסימון ונכונותו בסוגי הזיקוקין שיובאו.

בנוסף, גם בעלי החברה הקודמים (1976-1998) עברו על החוק כאשר הציבו את המכולות והמבנים הטרומיים למרות שלא קיבלו היתר לכך, ואילו בעלי החברה בעת האסון הואשמו כי למעשה נכשלו בחובתם ללמוד וליישם את דרישות החוק מהחברה.

4.1.7 הטיפול באירוע:

אסון הזיקוקין באנסחדה לימד כי המאורעות והפעילויות שננקטו באותו יום קרו אחרת מהצפוי בתוכניות אשר הוגדרו לאירוע חריג במפעל ("ניירת לחוד ומציאות לחוד" כפי שהוגדר בדוח וועדת החקירה).

שלושת הבעיות העיקריות באופי הטיפול באירוע:

- אי תיאום ושיתוף פעולה בין היחידות ונותני השירותים בעת האירוע.
- אי אספקת מידע חיוני לטיפול באירוע.
- ניגוד עניינים (כיבוי אש למול שריפת אסבסט).

בעת אסון אנסחדה הוקמו למעשה שני מרכזי חירום, אזורי ומוניציפאלי כאשר זמן מה לא היה ברור מי השולט והמבקר עד שראש עיריית אנסחדה לקח פיקוד על המתרחש. זמן יקר בזבז במקביל לממדי האסון שהתרחבו ודרשו שליטה מלאה ברמה האזורית (מקור 22).

בניהול נכון של טיפול באירוע חריג, הדבר הראשון במעלה הוא ניהול המידע, כדי שהגופים המעורבים יהיו מסוגלים בצורה אפקטיבית קבלת המידע בזמן שהם דרושים לו הינה חיונית לשם קבלת החלטות.

הוועדה הבודקת ציינה נקודות חולשה בקשרים שבין כוחות ההצלה השונים בשעות שלאחר הפיצוצים הגדולים.

היקף האסון והמצב הקיים באזור האירוע לא היו ברורים דיו וכוחות הסיוע הרפואי, השיטור וכיבוי האש חוו בעיות תקשורת הן בתוכם והן ביניהם מאחר וציוד הקשר לא עבד ו/או לא היה מספיק.

קבלת מידע אמין בצורה טובה הינה שאלה של "חיים או מוות" עבור כוחות כיבוי האש. הוועדה ציינה כישלון זה עבור כוחות הכיבוי. כתוצאה מכך, היחידות פעלו ללא קבלת מידע עבור חברת SE Fireworks. תכניות פעולה/מודלים ללא מידע התגלו כחסרות ערך באסון זה. כתוצאה מכך - יחידות הכיבוי הפכו ל"נכות". "חקירה שיטתית" של האירוע יכלה להוריד את רמת אי הוודאות ואולי אף לסייע בפריסה מחדש של כוחות ההצלה כאשר למעשה כבר היה מאוחר לעשות זאת..



תמונה 6. כוחות הכיבוי באנסחדה

4.1.8 פעולות לאחר האירוע:

לאור תוצאות הממצאים והליקויים הקשים שנתגלו באחריות הממשל (הרשות המקומית והממשלתית) בכלל נושא הפיקוח והאכיפה, נדחתה בשלב הראשוני התביעה כנגד בעלי המפעל.

הולנד היתה המדינה הראשונה באיחוד האירופי אשר שילבה מדיניות של ניהול-סיכונים באופן ישיר בתחיקתה דבר המהווה בסיס יציב להשגת רמה גבוהה של בטיחות, אך כאמור אינו יכול לבוא במקום מודעות ומקצועיות, פיקוח ואכיפה לנושא היתרים ורישיונות והפעלת שיקול דעת נכון. או כפי שהגדיר זאת יפה במאמרו מ-2003 ד"ר מיכאל מהרי"ק: "

"ה"אלף-בית" של החשיבה הבטיחותית: נהלים הם כלי עזר חשוב, אך לעולם אין להציבם במקום ידע מקצועי; אמון הוא תכונה מבורכת, אבל אסור לו לבוא במקום פיקוח ואכיפה; ומעל לכל אין תחליף לשכל הישר: מי ש"מצליח" לתרץ הענקת רישיון לאחסון של מאה ק"ג חנ"מ מקבוצה 1.1 בלב עיר מאוכלסת יוכל לבוא בטענות רק אל עצמו ביום שבו יתפורר מרכז- העיר מפיצוץ בעצמה של חמישה טון." (מקור 23).

הרגולציה ההולנדית שונתה אחרי אסון אנסחדה.

הוחלט על עיבוי הפיקוח החיצוני על העוסקים בחומ"ס תוך חיזוק הגופים המקצועיים העוסקים בבקרת הסיכונים התעשייתיים (מקור 23).

מאז האסון, רק סוגי הזיקוקין בעלי קוד סיכון 1.4G הוגדרו כמותרים לצרכן. מרחקי הבטיחות הנדרשים לסביבה באחסנת זיקוקין הינם 400 מ' לכמויות מתחת ל-750 ק"ג ו-800 מ' לכמויות שבין 750 ק"ג ועד 6,000 ק"ג. סוגי הזיקוקין מקוד סיכון 1.3G המיועדים לשימוש מפעילים מקצועיים הפכו לסיווג קוד סיכון 1.1G בגלל הסיווג השגוי שלהם בעבר. רגולציה זו גרמה להעברת רוב מחסני הזיקוקין הגדולים מהולנד למדינות שכנות (מקור 24).

4.2 Carmel (מערב אוסטרליה), 2002

4.2.1 מקום האירוע :

אסון הזיקוקין ב-Carmel התרחש ב-6/3/2002 באתר אחסנה לזיקוקין השייך לחברת Cardile Fireworks, אשר שייכת ליבואן ומפעיל זיקוקין. האתר היה ממוקם בלב אזור כפרי הנמצא מזרחית לעיר פרט¹. אתר האחסנה שימש את חברת הזיקוקין בעיקר לאחסנה והכנה של זיקוקין המיועדים לאירועים ציבוריים. פריטים פירוטכניים עבור אירועים אלו יובאו לאוסטרליה ישירות לאתר האחסנה ומשם נלקחו לאתרי ההפעלה בכל הארץ. אישור האחסנה הראשוני לאתר זה ניתן ע"י ה-MPR² עוד ב-1986 ולאחר מכן שונה מספר פעמים (כולל תוספות) טרם האירוע. בתמונות הבאות ניתן לראות את סמיכות המבנים המאוכסנים לאתר האחסנה עקב מיקום האתר על אדמה המשמשת גידולים חקלאיים.



תמונה 7. מיקום ותכולת אתר האחסנה של Cardile Fireworks ב-Carmel

האתר, כאמור, כלל מספר מבנים ששימשו לאחסנה ולהכנה. התמונה הימנית שנלקחה מדוח החקירה שלאחר האירוע (מקור 25) מפרטת את מתקני אתר האחסנה של החברה ביום האירוע. בתמונה מופיעים סכנת האריזה לפירות והבית הקרוב ביותר לאתר האחסנה (המסומן בכתום).

באתר היו קיימים ארבעה מחסנים מאושרים (M1, M2, M3, M4) ע"י ה-EDG² (המחלקה האחראית ב-MPR), כאשר נוהל העבודה כלל הוצאת הפריטים מאחסון לאזורי הכנה זמניים באתר לצורך מיון, הרכבה, הכנה ושליחה לאתרי ההפעלה. אזורי ההכנה הזמניים כללו מכולות להובלה (FC1, FC2, FC3, FC4), מובילים/רכבים ושתי סככות עבודה (Shed 1, Shed 2).

במקום גם היה קיים קרוון אשר שימש למגורים עבור אחד ממפעילי הזיקוקין ששהו באתר ביום האירוע (מר פטריק קרינה). הקרוון הוצב ללא אישור בין השנים 1997-98 והושמד כליל באירוע.

¹ Department of Mineral and petroleum resources

² Explosives and dangerous goods division

4.2.2 כמויות וסוגי הזיקוקין :

כפי שהוזכר בסעיף הקודם, מהיתר האחסנה הראשון שכלל 600 ק"ג כמות נפצים (NEW) השתנו והוספו סוגי וכמויות הזיקוקין באתר במהלך השנים.

טרם האירוע, הכמויות המותרות על פי רישוי החברה לאחסון באתר היו :

- מחסן M1 (מכולת מתכת 10 טון) - 5 טון מקבוצת הסיכון 1.4 (המיועדים לשימוש בידי אזרחים).
- מחסן M2 (מכולת מתכת 10 טון) - 5 טון מקבוצת הסיכון 1.4 (המיועדים לשימוש בידי אזרחים).
- מחסן M3 (מכולת מתכת) - 300 ק"ג מקבוצת הסיכון 1.3 (לשימוש מפעילים מקצועיים).
- מחסן M4 (מכולת מתכת מוקפת סוללת עפר) - 1,500 ק"ג מקבוצת הסיכון 1.3 (לשימוש מפעילים מקצועיים).

בפועל, בזמן האירוע נמצאו באתר הכמויות הבאות של הזיקוקין (בסוגיים סוגי הפריטים שדווחו למול קבוצת הסיכון שהתקבלה על פי תוצרי האירוע) - ראה תמונה 7 בעמוד הקודם :

- מחסן M1 - 700 ק"ג מקבוצת הסיכון 1.4 (ואשר התגלה בתאונה כקבוצת סיכון 1.3).
- מחסן M2 - 725 ק"ג מקבוצת הסיכון 1.4 (ואשר התגלה בתאונה כי כללו פריטים השייכים לקבוצות הסיכון 1.1 ו-1.3).
- מחסן M3 - 941 ק"ג מקבוצת הסיכון 1.3 (פגזים עד לקוטר 300 מ"מ וזיקוקין עד 75 מ"מ אשר התגלו בתאונה כקבוצת סיכון 1.1).
- מחסן M4 - 1,626 ק"ג מקבוצת הסיכון 1.3 (פגזים עד לקוטר 400 מ"מ אשר הוגדרו כקבוצת הסיכון 1.1).

מעבר לאמור לעיל אזורי העבודה (הכנה) באתר כללו פריטי זיקוקין מסוגים שונים בתהליכי העבודה.

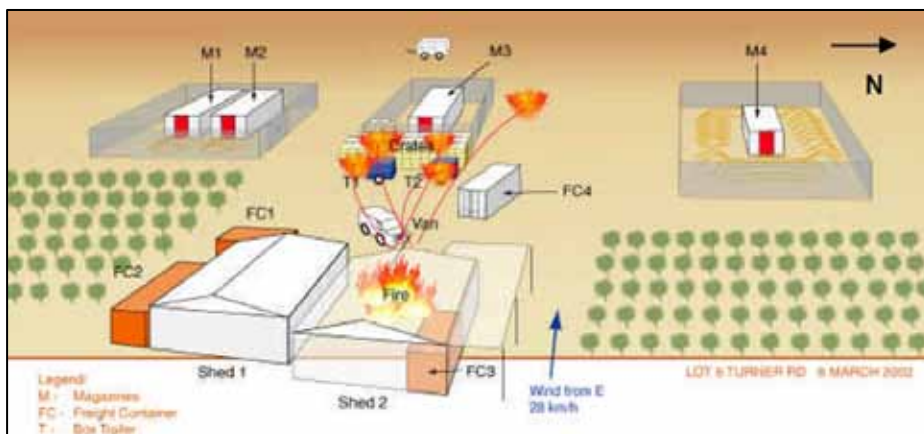
4.2.3 תיאור האירוע :

שני מפעילי זיקוקין - בעל החברה מר גיים קרדיל ועוזרו מר פטריק קרינה - שהו בבוקר האירוע בסככת העבודה (Shed 2). האירוע החל בשעה 08:45 כאשר מר קרדיל הניח כוורת 30 מ"מ (25 קנים) על ספסל בסככה כאשר לפתע הוצת ושוגר קנה אחד בכוורת.

לא ברור מה מקור ההצתה אך ידוע כי כוורת זו חזרה לאחר איור מאתר הפעלה. ההפעלה בכוורת אלה הינה חשמלית ועל פי הדיווחים בוצעו בהן שינויים להפעלה ידנית לאירועים ציבוריים עתידיים.

ההפעלה הבודדת של הקנה גרמה לשרשרת ייזום בכלל הכוורת. רסיסים פירוטכניים בוערים פגעו בתקרה ובקירות הסככה כאשר הם נורים לכל עבר ומפעילים זיקוקין נוספים שהיו באותו זמן בסככה.

האיור בעמוד הבא (מקור 25) מציג את תחילת האירוע.



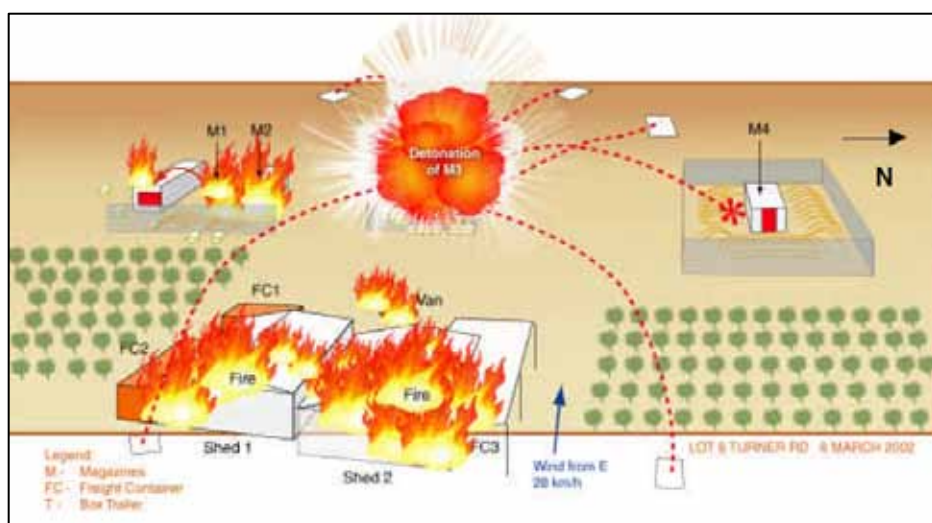
איור 5. תחילת האירוע (מתוך דוח החקירה)

שני מפעילי הזיקוקין אשר הבינו כי המצב יצא מכלל שליטה נמלטו מהמקום. רסיסים וחלקים בוערים נראו מועפים מדלת הסככה הפתוחה בכיוון מכולה FC4. לאחר זמן קצר גם סככת עבודה הצמודה (Shed 2) ניצתה אף היא ע"י האש כאשר האחרונה מתפשטת לכיוון מכולות FC1 ו-FC2.

מכולה FC4 היתה מוצבת במרחק של 16 מ' בלבד מפתח הסככה (לא היתה ידועה לגורמי הרישוי) כאשר בצמוד לקירותיה היו ארגזי פלסטיק, אריזות קרטון ויתדות עץ שנדלקו מהחלקים שהועפו מפתח הסככה. החום הרב שנוצר גרם לייזום התכולה של המכולה (קיימת עדות שאחת מדלתות המכולה היתה פתוחה חלקית) תוך פיצוץ שהטיח לקרקע את מפעילי הזיקוקין.

חלקים/רסיסים מתכתיים שהועפו ממכולה FC4 ניקבו את הקירות הצפוניים של מחסנים M2 ו-M3 תוך שהם גורמים לתחילתן של שריפות אשר גרמו להצתה של קופסאות הקרטון ותערובת אבק השריפה של הזיקוקין במחסנים (כתוצאה מפגיעה, חיכוך וחום). כ-5 דקות לאחר פיצוץ המכולה FC4 אירע הפיצוץ השני במחסן M2, כתוצאה מפיצוץ חלקי/בעירה חזקה אשר גרמו ל"התפרקות" הריתוכים של קירות המחסן. חלקי תקרה וקירות ממחסן זה הועפו לטווחים קצרים (הדלת האחורית נמצאה בטווח הרחוק ביותר - 50 מ') כאשר תכולת המחסן ממשיכה להיות מועפת החוצה. עוצמת הפיצוץ השני נמצאה כמעט זהה לעוצמה של הראשון.

כ-11 דקות לאחר ההרס החלקי של מחסן M2, מחסן M3 נהרס כולו בפיצוץ אלים וגדול. החקירה ייחסה פיצוץ זה לייזום חלקי או בעירה חזקה שאירעה לתכולת המחסן. עדי ראיה דיווחו על כדור אש גדול בקוטר של כ-100 מטר כאשר ענן גדול של עשן מלווה את הפיצוץ (איור 6).



איור 6. רגע הפיצוץ הגדול באירוע (מתוך דוח החקירה)

חלקים קטנים של רסיסים בוערים הועפו למרחקים של כמה מאות מטרים מנקודת הפיצוץ של מחסן M3 (רק הרצפה נותרה). דלת המחסן (במשקל 170 ק"ג) הועפה למרחק של 370 מ' ואילו הגג (במשקל 380 ק"ג) נמצא במרחק של 295 מ'. שאר המחסן הפך לרסס שפוזר בסביבה עד לטווחים של 510 מ'.

רסיסים חמים מהפיצוץ במחסן M3 (שהיה כאמור בעל העוצמה הגדולה ביותר בשרשרת הפיצוצים) חדרו למחסן M1 ויזמו את תכולתו. לא אירע פיצוץ במחסן אך תכולתו הושמדה כליל בשריפה. גל ההדף מהפיצוץ במחסן M3 הפך את מחסן M1 על צדו ב-90 מעלות. מחסן M4 שהיה מוגן ע"י סוללת עפר היקפית לא הושפע מהשריפה או מהפיצוץ, עקב קיום הגנה כנגד הרסס הישיר שסיפקה הסוללה.



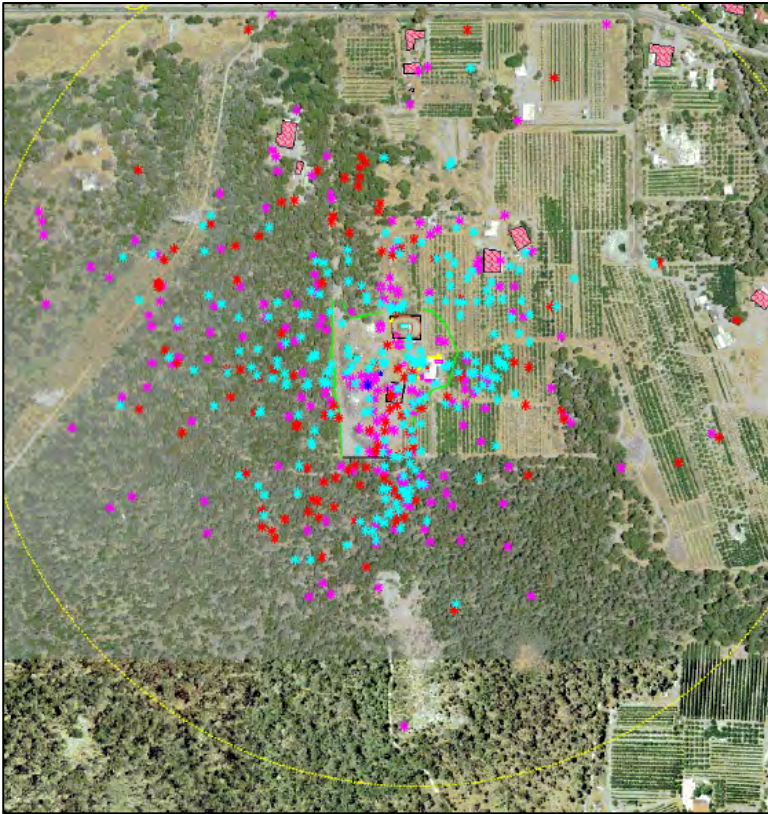
תמונה 8. אתר האחסנה ב-Carmel לאחר האירוע

מספר שריפות יער נוצרו בסביבה כתוצאה מרסיסים וזיקוקין בוערים. כוחות הכיבוי המקומיים לא כיבו את כלל השריפות שנוצרו עקב האירוע עד ליום המחרת (בשעה 15:25 ב-7/3).

4.2.4 תוצאות האירוע :

עוצמות הפיצוצים נקלטו בחיישנים סיסמוגרפיים ובוצעה הערכה לאחור לחישוב גס עבור הפיצוץ הגדול במחסן M3. מהנזקים שמופו בסביבה לבתי המגורים ולמבנים החקלאיים כאשר נקבע כי עוצמת הפיצוץ הייתה שקולה עד ל-409 ק"ג של TNT כאשר כמות הזיקוקין שאוחסנה במחסן זה הייתה בין 1,000 ק"ג עד 3,000 ק"ג. תוצאות האסון גרמו ל:

- השמדה טוטאלית של כלל מתקני הלוגיסטיקה והאחסון באתר.
- רסיסים נמצאו בטווחים של עד 150 מ', רגמות מבנה במשקלים של מאות ק"ג נמצאו בטווחים של עד 370 מ'.
- נזק לרכוש נמצא עד טווח 4,500 מנקודת הפיצוץ החזק ביותר במחסן M3 (בתי אזרחים, בית ספר, מבנים חקלאיים...)



האיור משמאל מציג את מיפוי הרסיסים עד 500 מ' (מתוחם בצהוב) כפי שהוצג בדוח החקירה.

הצבעים השונים מציגים מפלחים את סוגי הרסיסים שזוהו על פי מקורם (אדום מפיצוץ מחסן M3, תכלת מפיצוץ מכולה FC4 וסגול מאחרים).

המצולעים המסומנים מייצגים בתי מגורים ומבנים חקלאיים בסביבה.

איור 7. מיפוי הרסיסים באירוע

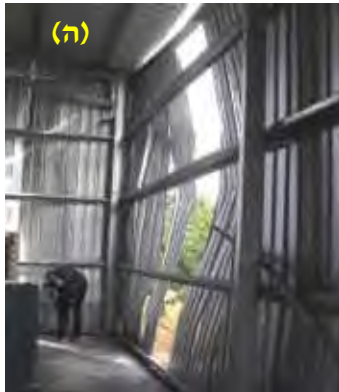
התמונות בתחתית העמוד מציגות חלק מממצאי הרסיסים ופגיעותיהם בסביבת האירוע, כפי שהופיעו בדוח החקירה.

(א) - (ה) דוגמאות למשקלי רסיסים והמרחק אליו הגיעו. (ו) - חור שנפער בגג מכולה כתוצאה מפגיעת רסיס. (ז) - מבט מתוך מכולה שנפגעה מרסיסים חיצוניים. (ח) - פגיעות הרס העקיף במחסן M4 שהיה מוקף סוללת עפר.

תמונה 9. ממצאי רסיסים באירוע



התמונות בעמוד הבא מציגות דוגמאות לנזקים המבניים במיקום האירוע ובסביבתו.



תמונה 10. דוגמאות לנזקים בסביבה באסון Carmel

(א) שרידים חרוכים של המוביל שהיה ליד מחסן M3. (ב) מכולה FC2 הסמוכה לאזור סככות העבודה שהושמדו כליל. (ג) - שרידי מכוניתו של בעל החברה. (ד) אזור הסככות. (ה) פגיעות במבנה חקלאי. (ו)-(ז) נזקים בבתי מגורים.

סה"כ נפגעו 40 נכסים ברדיוס של 4.5 ק"מ ממקום האירוע, רובם היו מרוכזים בטווח של 1,000 מ' מאתר האחסנה (מקום הפיצוץ הגדול במחסן M3). פילוח הנזקים לסביבה מוצג בטבלה הבאה (מקור 25):

מרחק	רצפטורים	סוג הנזק
עד 500 מ'	בתי מגורים, סככות אריזה	ניפוץ חלונות, נזקי תקרות, סדקים בקירות חיצוניים, נזק מבני לסככות מתכת
500-1000 מ'	בתי מגורים, בית ספר, פרדסים	ניפוץ וסידוק חלונות, תקרות שיצאו ממקומן, מספר חלונות הועפו
1000-1500 מ'	בתי מגורים	שבר חלונות, סדקים בתקרות
1500-2500 מ'	בתי מגורים, משתלות	דלתות הזזה "נשאבו" לכיוון הפיצוץ, שבר חלונות
2500-4500 מ'	בתי מגורים, בית ספר	נזקי חלונות, סדקים בקירות חיצוניים, סידוק חלונות בכיתות

טבלה 2. פילוח הנזקים לסביבה באסון Carmel

4.2.5 לקחים :

מתוך מסקנות של דוח החקירה ניתן ללמוד את הלקחים הבאים :

- סיווג שגוי של קבוצות הסיכון - שלושת הפיצוצים אירעו עקב הימצאות סוגי זיקוקין בעלי רמה אנרגטית גבוהה השייכים לקבוצת הסיכון 1.1, אופיים האנרגטי לא היה ידוע עד לתאונה עצמה ולכן גם סיווגם היה שגוי.
- אי קיום ניהול סיכונים נכון בכל הקשור לפעילות בזיקוקין כאשר המודעות לנושא פוטנציאל הסיכון בפיצוץ כולל היתה ידועה.
- אי שמירה על מרחקי הפרדה מתאימים על פי קבוצות סיכון .
- הימצאות אזורי הכנה לזיקוקין וחומרים דליקים בקרבת מחסנים מאושרים - כמויות משמעותיות של זיקוקין אוחסנו בסככת העבודה 2 ובמכולה FC4 דבר שהיווה גורם מכריע בהסלמת האירוע. יצוין כי הרגולציה שהיתה קיימת בעת האירוע **אפשרה לאחסן זיקוקין ללא היתר/רישוי לתקופה של עד 14 יום**. דבר זה אפשר לכל יבואן זיקוקין לבצע פעילות זמנית בזיקוקין ללא פיקוח ובקרה.

4.2.6 אחריות הממשל והחברה לאירוע :

כפי שהוזכר לעיל, חוק ותקנות חומרי הנפץ והחומרים המסוכנים (מקור 27) בתקופת האירוע התוו את התנאים והדרישות לאחסנה וטיפול בחומרי נפץ וזיקוקין. אתר האחסנה אושר בשנת 1986, כאשר עד שנת 2001 אושרו ארבעת מבני האחסנה.

מחסנים אלו היו **מאושרים כמתאימים על פי התקן האוסטרלי לחומרי נפץ** (מקור 28) כמו גם **מרחקי ההפרדה ביניהם שענו לדרישות תקן זה**. מרחקי ההפרדה היו מבוססים על קבוצות סיכון 1.4 ו-1.3. ידוע כי ה-MPR בדק את כל המחסנים בשלב מסוים גם לאחר הקמתם.

למרות שניתן לומר כי האישור ניתן "על פי הכללים" של הגוף הרגולטורי האחראי בנושא, החברה עדיין עברה על החוק והתקנות (מקור 27) כאשר לא קיימה את הדרישות הבאות טרם האירוע :

- **אחסנת זיקוקין בסככת עבודה (Shed 2)** - בסככה אוחסנו זמן רב זיקוקין למרות שגם על פי החוק הקיים הוגדר במפורש כי **באחסנה זמנית עד 14 יום יהיו רק סוגי הזיקוקין המיועדים להפעלה קרובה** (בסככה גם אוחסנו סוגי זיקוקין אשר כנראה העלו במידה רבה את ההסתברות לגלגול האירוע למכולה FC4).
- **הימצאות חומרים דליקים/מקורות אש בסמוך למחסנים המיועדים להצבה בשטח פתוח** - התקנות קובעות כי לא יימצא חומר דליק ברדיוס של 8 מ' לפחות ממחסן נפיצים. בפועל, כ-1,000 ארגזי פלסטיק ומוביל עם יתדות עץ היו בתוך טווח ה-8 מ' של מחסן M3. מכולה FC4 עצמה עמדה כ-6 מ' בלבד ממחסן M3.
- **הימצאות קרוון באתר האחסנה** - כאמור, מפעיל הזיקוקין (מר פטריק קרינה) הציב קרוון מגורים ללא אישור מסודר למרות שהתקנות מחייבות כי בעת הגשת בקשה להיתר יש להציג תכנית אתר בה פירוט המחסנים וכלל מבני עבודה. התקן האוסטרלי מפרט את מרחקי המינימום הנדרשים בין מבנים למחסני נפיצים אשר לא התקיימו במקרה זה.

4.2.7 פעולות לאחר האירוע:

דוח החקירה של האירוע ב-Carmel מטעם ה-MPR הוליד למעשה שורה של המלצות אשר יושמו בפועל באוסטרליה ובמדינות אחרות:

- הגדלת המודעות של מפעילי זיקוקין ברחבי העולם לאופי האירוע ב-Carmel (פיצוצים בלתי צפויים) שאירעו באתר האחסנה ב-CARMEL, אשר החלו לבצע הערכות סיכונים על כל פעילותם בהכנת זיקוקין למופעים כולל הכנת נהלי הפעלה בטוחים לפעילויות אלו. הערכת סיכונים היא חלק מרכזי בהפחתת הסיכון הכרוך בפעילות כלשהי לרמה שהיא נמוכה ככל האפשר (ALARP³). גישה זו אומצה במספר מדינות. ההצתה של אריזות זיקוקין על הקרקע אשר גרמה לכל רצף האירועים באירוע Carmel, המחישה כי אירוע בלתי צפוי עשוי להתרחש בכל עת, ולכן הערכת סיכונים נכונה ומקיפה תמיד צריכה להיות משולבת בפעילויות שכאלו. בנוסף, יש להתחשב בתוצאות של אירועים בלתי צפויים בעת הערכת הסיכון - במקרה זה, המיקום של מכולת המשא FC4 היה יכול להיות שונה, באם הערכת הסיכון היתה שוקלת את האפשרות של ייזום לא רצוני.
- מפעילי זיקוקין ברחבי העולם החלו לאחסן את כל סוגי הזיקוקים שלהם במחסני זיקוקין מורשים ולא באזורי הכנה. בתקופת האירוע, הותר באוסטרליה על אחסון לטווח קצר באזורים בלתי מורשים. כזכור - דוח האירוע הבהיר כי האחסנה של זיקוקין באזורים שאינם מורשים (מכולות וסככות עבודה) היו הגורמים התורמים העיקריים בהסלמת האירוע.
- ה-MPR החל לבחון אלו פעילויות במסגרת החוק ניתן לבצע על מנת לאכוף את הדרישות והתנאים של מבני האחסנה של העוסקים בפירוטכניקה.
- לצרכי אחסון והובלה, זיקוקין במערב אוסטרליה יסווגו בהתאם לבחינות האו"ם, או לפי אנלוגיה לסוג המשתמש בטבלת סיווג ברירת המחדל של האו"ם (מקור 29). בעקבות הסיווג הלקוי שנתגלה בקבוצות הסיכון - לא התבצע "סיווג עצמי" של הזיקוקין ע"י יצרני הזיקוקים אשר מיובאים למערב אוסטרליה. הסיווגים לכל סוגי הזיקוקין יבדקו בקפידה. יש להשתמש בטבלת סיווג ברירת המחדל של האו"ם בצורתה המתוקנת, במקום להסתמך על "סיווג עצמי" של היצרנים.
- לצורך רישוי אחסון של זיקוקין של HD 1.1, מרחקי הפרדה לדיור מגורים מחוץ לאתר יהיו בהתאם למבנים גגיים בהתאם לטבלה 3.2.3.2 של התקן האוסטרלי (מקור 28), אלא שמרחק הפרדה מינימלי של 400 מטר יחול בכל עת. הגישה לשימוש ב"מרחק כמותי" הקיימת בתקן האוסטרלי תואמת את השיטות המקובלות לקביעת מרחקי ההפרדה. עם זאת, יש לשמור על מרחק הפרדה מינימלי של 400 מטרים. אי עמידה במרחק מינימלי זה באופן משמעותי את פוטנציאל הסיכון לסביבה של הזיקוקין המסווגים לקבוצת הסיכון 1.1.

³ As low as reasonably practicable

- פיתוח עלון בטיחות ע"י ה-MPR למפעילי זיקוקין ברחבי העולם אשר משמש למידע בדבר הדרישות המבוססות על הסיווג המתוקן של סוגי זיקוקין.
- מערב אוסטרליה מובילה את נושא הזיקוקין במדינות אחרות (לכל מדינה באוסטרליה קיימת רגולציה משלה) לשמירת עקביות ותאימות בכלל הדרישות לטיפול ואחסנה בזיקוקין.
- תיקון טופס הבקשה לקבלת היתר אחסנה זמנית של זיקוקין טרם ביצוע הפעלה ע"י ה-MPR. כל מפעיל זיקוקין יגיש מבעוד מועד בקשה לאחסנה זמנית לכל אירוע הפעלת זיקוקין בנפרד. הדבר יאפשר בחינה ובקרה של אמצעי הבטיחות והדרישות לאחסנה זמנית.
- מתן עדיפות גבוהה ע"י הממשלה לפיתוח חוקים ותקנות לבטיחות בחומ"ס וחומרי נפץ המשלבים את הזיקוקין בתוכם. הדבר נבע בעיקר מהחוק והתקנות המיושנים אשר היו קיימים בנושא בזמן האירוע והצורך בקיום בקרה לבטיחות בעת הכנה/הרכבה של זיקוקין. בין השאר למשל חל איסור ייבוא זיקוקין בסיווג לא נכון.

4.3 Kolding (דנמרק), 2004

4.3.1 מקום האירוע :

אסון הזיקוקין ב-Kolding התרחש ב-3/11/2004 במפעל הזיקוקין של חברת N.P. Johnsen. החברה לא עסקה בייצור זיקוקין אלא בייבוא בלבד (כרבע מכלל ייבוא הזיקוקין לדנמרק באותה התקופה). המפעל היה ממוקם באזור תעשייה קטן המוקף בבתי מגורים, במרחק של 2-3 ק"מ ממרכז העיר.

בתמונה הבאה ניתן לראות את מיקום מפעל הזיקוקין בימים שלפני האירוע.



תמונה 11. מיקום מפעל הזיקוקין ב-Kolding

4.3.2 כמויות וסוגי הזיקוקין :

טרם האירוע, הכמות המותרת לאחסון באתר הוגדרה ל-300 טון (NEW).

התקופה טרם האירוע היתה בשיא הפעילות כאשר תפוסת הזיקוקין שאוחסנה בפועל במפעל היתה כמעט מלאה.

התמונה בעמוד הבא מתארת את כמויות האחסנה שהיו בפועל יומיים טרם האירוע בכל מבנה במפעל (סה"כ 292.26 טון).



איור 8. כמויות הזיקוקין לכל מבנה (NEW)

4.3.3 תיאור האירוע :

האירוע החל מעט לפני השעה 14:00 כאשר שלושה עובדים עסקו בפריקה ידנית של שתי מכולות (ראה סימון התחלת האירוע במיקום המכולות באיור 8). עובד אחד היה מעביר קופסא ארוזה מהמכולה לידי עובד שני שהיה מניח אותה על משטח, כאשר עובד שלישי תפעל מלגזה להעברת המשטחים למחסן.

אחד מהעובדים הפיל בטעות קרטון של רקטות אשר הוצת במכולה הראשונה כאשר האש מתפשטת במהירות לשאר הזיקוקין במכולה. במקביל התפשטה האש גם למשטחים שבחוץ ולמכולה השנייה. החברה הפעילה את נוהל החירום שלה ופינתה את צוות העובדים מהמקום. האזעקה נשמעה בשעה 14:02 ויחידת הכיבוי הראשונה (8 כבאים) הגיעה מידית לאתר.



תמונה 12. ניסיונות הכיבוי למכולות הזיקוקין

הכבאים ניסו לקרר את המכולות כדי להגן על המבנים האחרים ולמנוע את התפשטות האש (תמונה 12). המשטרה פינתה את כלל התושבים ברדיוס 500 מטר ממקום האירוע.

בשעה 15:25 אירע פיצוץ בשטח המכולות הבוערות (תמונה 13).



תמונה 13. רגע הפיצוץ הראשון (15:25)

הפיצוץ היה הפתעה מבחינת כוחות ההצלה בשטח אשר לא הבחינו בשום סימני הסלמה בעוצמת האש שקדמה לפיצוץ.

אחד מההסברים שניתנו לכך היה כי אחת מהמכולות שהייתה מוצבת המכולות לבין מבנים 1 ו-2 (ראה איור 8) התחממה במהלך 90 הדקות מתחילת האירוע והתפוצצה לאחר מכן.

הפיצוץ הרס את דלתות וחלונות מבנים 1, 2 ו-4. זיקוקין שהוצתו/אודים בווערים הועפו למבנים אלו. בשעה 15:33 הזיקוקין במבנים 1 ו-2 התפוצצו.



תמונה 14. הפיצוצים הגדולים (17:45)

בשעה 17:45 אירעו שלושה פיצוצים גדולים אשר יצרו כדור אש בקוטר של כמה מטרים.

ההנחה שהפיצוצים אירעו במבנים 6 ו-7, בהם הייתה תכולה של 150 טון זיקוקין.

דווח כי עוצמת הפיצוצים גרמה לזעזוע קרקע של 2.2 בסולם ריכטר, כאשר סה"כ הושמדו בעת הפיצוץ באתר בזמן האירוע כ-1,500 טון של זיקוקין (כ-282 טון NEW).

4.3.4 תוצאות האירוע :

בפעולות ההצלה והכיבוי השתתפו 332 כבאים ו-55 רכבים, כאשר פעולות הכיבוי עצמן נמשכו ארבעה ימים מיום האירוע. תוצאות האסון גרמו ל:

- הרוג אחד (כבאי), 26 איש נפצעו מהם שלושה במצב קשה. בשנה לאחר האירוע דווח על טיפול פסיכולוגי שניתן לכ-100 ילדים ו-150 מבוגרים ע"י העיריה (מקור 30).
- השמדת מתקני המפעל (ראה תמונה בעמוד הבא), תוך העפת רגמות מבנים לטווחים של עד 1,000 מ' ממקום האירוע.
- 100 בתים ניזוקו בצורה קשה (לא ראויים למגורים) ו-350 בתים ניזוקו ברמות שונות.
- 2,000 בני אדם פונו מ-760 בתים יחד עם עובדים של בתי עסק בסביבת האירוע.
- העלות הכוללת של הנזק שוערכה בכ-100 מיליון יורו.



תמונה 15. מפעל הזיקוקין ב-KOLDING לפני (ימין) ואחרי האירוע (שמאל).

4.3.5 לקחים :

ממצאי החקירות שבוצעו לאחר האירוע לימדו על הדברים הבאים :

- הסיבה לאירוע היתה בהצתה ושריפה בלתי מכוונת של זיקוקין במכולות במהלך פריקה.
- האש שבערה כשעה וחצי לפני הפיצוץ הראשון. במקום לא נתגלה מכתש (לעומת מקומות אחרים במעל שבהם אירעו פיצוצים) ולכן סביר להניח כי הפיצוץ נבע מעליית לחץ ולא מייזום (דטונציה) של הזיקוקין עצמם (כמו בתאונות דומות שאירעו בעולם).
- למרות שהפיצוץ הראשון נבע "רק מלחץ" נגרם נזק לדלתות וחלונות במבני אחסנה סמוכים במפעל, דבר שגרם להתפשטות חומרים בוערים הלאה ויותר מאוחר לייזום הזיקוקין המאוחסנים (הפיצוצים הגדולים).
- אי שמירה על מרחקי בטיחות מכמויות גדולות ביותר של זיקוקין בסמיכות כה רבה לאוכלוסייה גם על פי התקנות הקיימות (ראה בהמשך) תרמה רבות לנזקים הרבים בסביבה.

4.3.6 אחריות הממשל והחברה לאירוע:

הרגולציה הקיימת, ובכללן התקנות הטכניות שהיו קיימות בתקופת האירוע, לא כללו מרחקי בטיחות באחסנת כמויות גדולות של זיקוקין הנמצאים בסמוך לאזורים מיושבים.

יצוין שגם על פי הרגולציה הקיימת באחסון של מעל 2 טון זיקוקין (משקל כולל) נדרשה מערכת מתזים (sprinkler system) כאשר באחסון של מעל 5 טון נדרשה בנוסף גם קביעה של מרחקי בטיחות ע"י הסוכנות הממשלתית לניהול מצבי חירום במשרד ההגנה הדני (DEMA⁴).

⁴ The Danish Emergency Management Agency

4.3.7 הטיפול באירוע:

פעולות החירום שנקטו נבחנו למול שלושה שלבים באירוע :

- **שלב ראשון** : שירותי החירום הדניים, לא היו ערוכים דיו לנושא שריפה חזקה עם סכנת התפשטות אש אשר דרשה אספקת מים מקיפה. החומרים הבעירים באתר היו כאמור הזיקוקין ולכן מטבעם לא יכלו כוחות הכיבוי לתקוף את האש הראשונית שהחלה במקום בצורה ישירה.
- **שלב שני** : בשלב זה היתה שרשרת פיצוצים באתר אשר גרמה למותו של כבאי ולפציעתם של כמה כבאים אחרים. בזמן זה חלה הסלמה ממשית של האירוע והתפשטות של האש אשר אילצה את צוותי הכיבוי לסגת ולהתארגן מחדש (בשלב זה גם אבדו מספר רכבי כיבוי).
- **שלב שלישי** : התפשטות רחבה של גבולות האירוע חייבה פעולת חירום מקיפה ולאורך זמן. בזמן זה היתה חוסר ודאות לנושא ביטחונם של כוחות ההתערבות.

4.3.8 פעולות לאחר מעשה:

לאחר התאונה נעשו מספר יוזמות פוליטיות ומנהליות. חקירות ודוחות התבצעו ובמקביל הוכנו הערכות שונות לסטטוס הרגולציה בזיקוקין.

שבועיים לאחר התאונה הממשלה הציגה תכנית הכוללת עשר נקודות עיקריות לשיפור הבטיחות בזיקוקין. כחלק מתכנית זו ובכוונה להבטיח בעתיד את מניעתן של תאונות גדולות יותר בפעילות זיקוקין, **הוקמה ועדה לבחינת מכלול התקנות הרלוונטיות לפעילויות זיקוקין.**

בהתבסס על תוצאות החקירות שבוצעו לאחר האירוע, דנמרק אימצה מספר צעדים הגדלת הבטיחות בהובלה, אחסנה ומכירה של זיקוקין. כמו כן פורסם ע"י **מדריך חדש ללחימה בשריפות הקשורות במתקני זיקוקים.**

עוד נקבע כי אחסנת זיקוקין בכמות העולה על 10 טון תותנה בקיום "מחיצות אש" ונאסר להחזיק כמות העולה על 50 טון. אחסנת זיקוקין בעירוב קבוצות סיכון 1.3 ו-1.4 תיחשבנה ככמות כוללת של קבוצת סיכון 1.3 (כאשר כמות הזיקוקין מקבוצת הסיכון 1.4 תיחשב כשוות ערך של 25% לקבוצת הסיכון 1.3).

4.4 Waipahu (הוואי), 2011

אסון הזיקוקין הבא, למרות שלא אירע בסמוך לסביבה מיושבת, מדגימה את נושא חוסר המקצועיות והמודעות של העוסקים בזיקוקין לפוטנציאל הסיכון הקיים בהם ואשר בשילוב עם חוסר פיקוח ואכיפה מקצועיים ע"י השלטונות/ממשל עלולים להפוך לאירוע טרגי ומיותר שהיה יכול להיות להימנע.

תאונה זו נחקרה ע"י המועצה לחקירת חומרים מסוכנים ובטיחות כימית של ארצות הברית (5CSB) אשר הינה סוכנות פדרלית עצמאית שחוקרת תאונות של התעשייה הכימית במדינה ותאונות במתקנים כימיים. דוח החקירה המלא והסופי היווה את המקור לסעיפים הבאים (מקור 31).

4.4.1 תיאור האירוע :

אסון הזיקוקין בהוואי התרחש ב-8/4/2011, במחסן זיקוקין של חברת Donaldson Enterprises, Inc. (DEI) אשר שימש לאחסנה של זיקוקין מוברחים המיועדים להשמדה. חברת DEI, חברה קטנה לסילוק נפלים והמעסיקה לא יותר מ-20 עובדים במשרה מלאה, עסקה בהשמדת סחורה מוברחת עבור קבלן ממשלתי פדרלי VSE Corporation (VSE). כקבלן משנה, DEI הועסקה בחוזה למול VSE בתחילת 2010 להשמדת זיקוקין שנתפסו ע"י המכס בהונולולו ע"י כוחות האכיפה הפדרליים.



בבוקר התאונה, חמישה עובדי חברת DEI עסקו בפירוק של כוורות זיקוקין בכניסה למחסן (תמונה 16) כאשר עובד שישי עסק בניקוי וארגון המחסן.

בשעה 08:30 לערך החל לרדת גשם כבד והעובדים החלו להעביר במהירות את החומרים שהיו מעורבים בתהליך הפירוק ובכלל זה כלי עבודה, כסאות, קופסאות עם פגזי זיקוקין, אבק שריפה וצינורות/קנים של זיקוקין מפורקים מהכוורות לתחילת הכניסה של המחסן (תמונה 17).

תמונה 16 . מחסן A-21 בו אירעה התאונה

תמונה 17 . מיקום סככת העבודה בפתח מחסן A-21



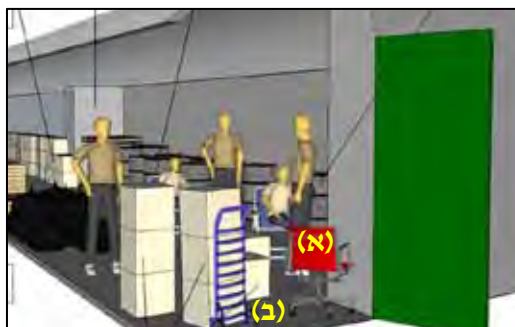
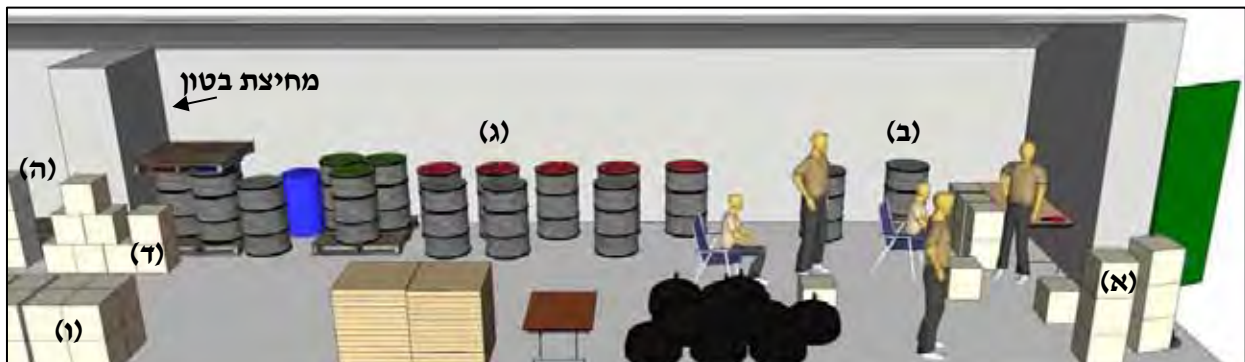
⁵ Chemical Safety and hazard investigation Board

בזמן שחמישה מעובדי החברה היו בתוך המחסן, מנהל הפרויקט יצא לשיחת טלפון מחוץ למחסן. במהלך שיחת הטלפון אירע פיצוץ בתוך המחסן ואש התלקחה. חמשת עובדי DEI שנמצאו בתוך המחסן בזמן האירוע לא שרדו (שלושה עובדים נכוו כוויות קטלניות ושניים אחרים הורעלו מפחמן חד חמצני). מנהל הפרויקט נפצע באורח קל.

4.4.2 תוצאות וממצאים באתר האירוע:

טרם האירוע, כאמור, עובדי DEI עצרו בבת אחת פעולות הפירוק בכניסה למחסן עקב ירידת הגשם ונאלצו לקחת החומרים שהיו מעורבים התהליך לתוך כניסת המחסן. קופסאות שהכילו פגזי זיקוקין, אבק שריפה וקני זיקוקין מפורקים חלקית נערכו לתוך המחסן בצמוד לכניסה עם כלי עבודה, עגלת משא מתכתית וכסאות. לאחר שהוכנסו כלל החומרים למחסן, מנהל הפרויקט יצא לשיחת טלפון ואז אירע הפיצוץ (ראה תמונה 18 בעמוד הבא).

האיורים הבאים (מקור 31) מציגים את מחסן הזיקוקין ותכולתו בעת האירוע.



איור 9. תכולת המחסן בזמן האירוע: (א) חלקי זיקוקין שפורקו (ב) חביות עם פגזי זיקוקין טבולים בסולר (ג) חביות עם פגזי זיקוקין לאחר ספיגה וריקון (ד) אבק שריפה בקופסאות קרטון (ה) כוורות זיקוקין שלמות (ו) פגזי זיקוקין שפורקו.

איור 10. קדמת המחסן בעת האירוע: (א) כיסא משרדי על גלגלים (ב) עגלת משא מתכתית

על פי הבדיקות שנערכו באתר נקבע ע"י ה-CSB כי הפיצוץ נגרם מדפלגרציה חזקה שמקורה בשטח המחסן הקרוב לדלת הכניסה. ממצאי הנזק כללו בין השאר שבבים וחריצים של קירות המחסן, חביות שרופות, ופגיעות בצינור האוורור (תמונה 19 בעמוד הבא). החלק הפנימי יותר של המחסן - לאחר מחיצת הבטון (ראה איור 9) - כמעט ולא ספג נזק כלל, כאשר בסופו של המחסן בו אוחסנו זיקוקין לא קרה דבר למעט עטיפות פלסטיק שנמסו.



תמונה 19. פנים המחסן לאחר התאונה



תמונה 18. פתח המחסן לאחר התאונה

את עוצמת הפיצוץ מעבר לממצאים בתוך המחסן ניתן היה לראות גם מחוץ למחסן. גל ההדף שנוצר בלחץ הפיצוץ העיף את עגלת המשא ליותר מ-30 מ' מפתח המחסן (תמונה 21) ואילו הטנדר שחנה במרחק של 10 מ' לערך מפתח המחסן הוסט ע"י לחץ הפיצוץ למרחק של 3 מ' ממקומו (תמונה 20).



תמונה 21. עגלת המשא שהועפה בפיצוץ



תמונה 20. הסטת הטנדר בסמוך למחסן

התמונות נלקחו מדוח האירוע (מקור 31).

4.4.3 תהליך הסילוק של הזיקוקין - אחריות הממשל והחברה:

חברת DEI הועסקה כאמור כקבלן משנה להשמדת זיקוקין עוד בשנת 2010. אז הוחרמו זיקוקין בגלל היותם "לא חוקיים" לייבוא מאחר והסימון עליהם כשל זיקוקין לשימוש צרכנים (קבוצת הסיכון הנמוכה) ובבדיקה נתגלו שהינם שייכים לזיקוקין מקבוצות סיכון גבוהות (כאמור לצורך אירועים ע"י מפעילים מקצועיים).

על פי התקנות הפדרליות לבחירת קבלנים, לא נדרשה חברת VSE לבחון באם מקצועית חברת DEI מתאימה כקבלן משנה לסילוק זיקוקין (או באם עובדיה הוכשרו לכך).

סחורת הזיקוקין (תפיסה) המיועדת להשמדה נחשבת על פי חוקי ארה"ב כ"פסולת מסוכנת" ולכן נדרשה חברת DEI בקבלת היתר סביבתי ממשרד הבריאות של הוואי (DOH). כבר ב-2010 ניתן היתר בן 90 יום להשמדת הזיקוקין במטווח מקומי, וחברת DEI החלה לבצע השמדות בשריפה (ההיתר לא ציין מהי שיטת השריפה) כאשר השיטה היה בספיגת הזיקוקין בחביות סולר ושריפתם. כבר מההשמדה הראשונה, עובדי DEI היו מפרידים את קני השיגור של הזיקוקין מהכוורות/מהמתקנים בהם היו ומספיגים אותם בחביות מתכת (55 גלון) בתוך המחסן. לאחר תהליך זה, היו מובילים את הזיקוקין הספוגים בסולר למטווח המקומי לביצוע שריפה בחביות/כבשן נייד (ראה התהליך בתמונה 22).



תמונה 22. תהליך הסילוק ב-DEI: (א)-(ב) תהליך פירוק קנים מכוורות (ג) חביות סולר להספגת זיקוקין (ד)-(ה) סילוק באמצעות כבשן נייד ושריפה בחביות

מחקירה לאחור נמצא כי כבר לאחר ההשמדה הראשונה אירעו פיצוצים במספר סוגי זיקוקין, ולכן חברת DEI שינתה את מתודולוגית סילוק הזיקוקין שלה כבר בקיץ 2010. בשיטה החדשה עובדי DEI החלו בחיתוך/פתיחה ופירוק של קני שיגור של זיקוקין בעבודה ידנית ע"ג רציף הטעינה של מחסן הזיקוקין (ממש בכניסה למחסן) תוך שהם הם מפרידים בין מרכיבי הזיקוקין הבודדים, אבק שריפה שחור (אבש"ש) ופגזי הזיקוקין, אשר שניהם ידועים ברגישותם להצתה כתוצאה מניצוץ, חיכוך וחשמל סטטי.

את אבק השריפה שהצטבר מתהליך הפירוק אחסנו במכלי פלסטיק המרופדים בשקיות אשפה פלסטיות. על מנת לשפר את יכולת הספיגה של הסולר בפגזים, בצעו עובדי DEI חתכים בגופי הפגזים (תמונה 23 בעמוד הבא), טרם השרייתם בסולר ושליחתם (לאחר ספיגה) לשריפה.



תמונה 23. חיתוך פגזי זיקוקין ומיכל הטבילה

אנשי VSE היו מודעים לשינוי בתהליך הסילוק, אך לא שאלו או הביעו דאגה בנושא. החברה השלימה את הסילוק הראשון של סחורת הזיקוקין עד סתיו 2010 ללא תאונה. בדצמבר 2010, DEI החלה לעבוד על התפיסה השנייה של סחורת זיקוקין.

בתחילת 2011, DEI שינתה שוב את תהליך הסילוק מתוך כוונה להגביר אתקצב ההשמדה של הזיקוקין ע"י מקסום כמות פגזי הזיקוקין בכל שריפה. עובדי DEI חזרו על התהליך כמו בשיטה הקודמת - פירוק ידני של קני הזיקוקין מחוץ למחסן תוך הפרדה של אבק השריפה ופגזי הזיקוקין לתוך קופסאות קרטון. קופסאות הקרטון אשר הכילו את אבק השריפה היו מרופדות בשקיות למניעת נזילה. העובדים הערימו ואחסנו את הקופסאות שהכילו אבק שריפה ופגזי זיקוקין בתוך המחסן כאשר במקביל מתבצעת השריית פגזי הזיקוקין בסולר.

חברת DEI הודיעה על השינוי בתהליך במייל (מרץ 2011) לחברת VSE, אך זו לא הטילה ספק במקצועיות החברה עקב השינוי של התהליך.

למרות ש-DEI כתבה מסמך קצר בו הציגה סקר סיכונים של פעילויות הסילוק בזיקוקין כאשר קיבלה לידיה את החוזה להשמדת הזיקוקין, ניתוח הסיכונים לא הביא בחשבון את השלכות הבטיחותיות של חיתוך ופירוק של זיקוקין ואגירת המרכיבים הנפיצים שלהם.

מאחר ופעילויות של סילוק זיקוקין אינן נכללות בתקן ניהול הסיכונים בתהליך (PSM) של מנהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית של ארה"ב. (OSHA), DEI לא נדרשה למעשה לבצע ניתוח סיכוני תהליך רשמי (PHA) של פעולותיה בתהליך הסילוק או ניתוח רשמי של ניהול השינויים (MOC) כאשר היא שינתה את תהליך הסילוק.

ה-CSB קבע למעשה כי השינויים שבוצעו ע"י DEI בתהליך הסילוק אשר יצרו אגירת כמות גדולה של מרכיבים נפצים ממש בפתח המחסן, יצרו את האלמנטים ההכרחיים לפיצוץ מאסיבי/כולל.

הבחירה של הקבלן הפדרלי ופיקוח על דרישות הבטיחות לפעולות ברות סיכון לא בוצעו כראוי, היה קיים פער משמעותי בתקנות הרגולטוריות למול תקני התעשייה אשר נגעו לסילוק זיקוקין בשילוב עם אי ניהול סיכונים מצד חברת DEI הקנו סיכונים בצורה משמעותית לתהליך סילוק הזיקוקין מבלי לאפשר זיהוי או בקרה יעילים של סיכונים אלו.

הממצאים בסעיפים הבאים היו נקודות מפתח שעלו בחקירת ה-CSB ואשר מהם הופקו לקחי האירוע.

4.4.4 ממצאים עיקריים של החקירה:

במישור הטכני:

- ניתוח הסיכונים לתהליך הסילוק אשר בוצע ע"י חברת DEI לא היה מספק. החברה כשלה לזהות את פוטנציאל הסיכונים בטיפול, פירוק ואחסנה של סחורת זיקוקין מוברחת ולא ביצעה בקרה לזיהוי והערכה של סיכונים אלו.
- עובדי DEI היו חסרי הכשרה, ניסיון וידע בנושא אמצעי ההגנה ודרישות הבטיחות שיש לנקוט בעת סילוק זיקוקין.
- השינויים שביצעה חברת DEI בתהליך סילוק הזיקוקין גרמו לצבירת כמויות גדולות של נפצים האריזות תוך העלאה משמעותית של פוטנציאל הסיכון. לא בוצעה סקירה ניאוטה של שינויים אלו לנושא השלכות הבטיחות בתהליך זה.
- ה-CSB בשיתוף עם הרשות לאכיפת נושאי האלכוהול, הטבק, הנשק, וחומרי הנפץ של ארה"ב (6ATF), הנמצא תחת משרד המשפטים האמריקאי) ויחד עם מחלקת הבטיחות והבריאות התעסוקתית של הוואי (7HIOSH) זיהו מספר מקורות הצתה אפשריים שהיו בעת האירוע במחסן הכוללים ניצוצות מכלי מתכת, עגלת משא מתכתית, כיסא משרדי עם גלגלים ושקיות פלסטיק היכולות להפיק פריקה אלקטרוסטטית.

בחירת קבלן העבודה ופיקוח:

- התקנות הפדרליות בנושא רכש (FAR⁶) המסדירות עבור הסוכנויות הפדרליות את רכישתם של סחורות ושירותי קבלנים, אינן מחייבות את הקבלן הפדרלי או אחראי מטעמו לבחון את קבלן המשנה לכשירותו ואמצעי הבטיחות בהן הוא נוקט באחסנה, טיפול וסילוק של חומ"ס כדוגמת זיקוקין.
- כמו כן, תקנות הרכש של משרד האוצר האמריקאי (DTAR⁷), המהוות את המחלקה הקובעת לתקנות הפדרליות לעיל, לא מטילות דרישות מספקות לנושא נהלי בטיחות ובחירת קבלן משנה והפיקוח עליו לנושא כשירותו ואמצעי הבטיחות שהוזכרו לעיל.
- משרד הרכש של הקבלן הפדרלי VSE ביצע סקירה שאינה טכנית על חברת DEI ועל המציע המתחרה מולה ללא התייחסות לנושא הבטיחות והבריאות.
- כמו כן, VSE לא השתמשה באנשי מקצוע עם רקע טכני או מומחיות בתחום, או שכרה/התייעצה עם מומחים לשם בחירה ופיקוח ניאוטים על קבלן המשנה העוסק בחומ"ס כמו זיקוקין.

⁶ The Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms, and Explosives

⁷ Hawaii Occupational Safety and Health Division

⁸ Federal Acquisition Regulation

⁹ The Department of the Treasury Acquisition Regulation

רגולציה ותקנות הבטיחות בתעשייה :

- קיים חוסר תקנות או תקני בטיחות בתעשייה העוסקות בהשמדה בטוחה של זיקוקין. הקודים הפדרליים/המקומיים, התקנות/תקני התעשייה אינן קובעים את דרישות הבטיחות ואינם מספקים הנחיות לשיטות סילוק של זיקוקין וטיפול בסיכונים הקשורים בפירוק ואגירה של מרכיבים נפצים השייכים לזיקוקין.
- תקן ניהול הסיכונים (PSM) של מנהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית של ארה"ב (OSHA) מתייחס לייצור זיקוקין אך אינו חל על פעולות בעבודות הקשורות לסילוק זיקוקין. עקב זאת, לא נדרשה חברת DEI ליישם מערכת ניהול סיכונים חזקה יותר לתהליך סילוק הזיקוקין שביצעה. לדוגמא - שינוי DEI בתהליך סילוק הזיקוקין שלה הוביל לאגירת חומ"ס אשר יצרו סיכון לפיצוץ כולל. מרכיבי ניהול הסיכונים כדוגמת ניהול שינויים (MOC¹⁰) היו דורשים סקירה בטיחותית של שינוי זה בתהליך הסילוק.
- בארה"ב בכלל ובהוואי בפרט ניתנו היתרי חירום לסילוק פסולת מסוכנת לגופים המבקשים לבצע סילוק בסחורה מוברחת/תפיסה של זיקוקין מאחר והינם נחשבים כאיום מידי על בריאות הציבור והסביבה. אולם, חוק שימור ושימור משאבים (RCRA¹¹) אינו כולל מרכיבי ניהול סיכונים (כדוגמת PSM) בתהליך מתן ההיתרים לסילוק, למרות טבעם המסוכן של החומרים הקיימים בהיתרים אלו.

4.4.5 פעולות לאחר מעשה :

על סמך ממצאי החקירה ומסקנותיה, המליץ ה-CSB למספר גורמים אשר יכולים להשפיע מתוקף תפקידם על הישנות האירוע בהוואי. ההמלצות אלו כללו את החברה, הקבלנים, ארגוני התעשייה האחראים לפיתוח נהלי עבודה בצד גופים רגולטורים ו/או ארגונים (כדוגמת איגודי סחר) אשר ביכולתם ליישם את לקחי האירוע בהוואי.

ההמלצות אשר יושמו בחלקן הופנו בין השאר לוועדה להוראות הרכש הפדרליות (FAR¹²), מנהל הרכש של משרד האוצר האמריקאי (OPE¹³), הקבלן הפדרלי (תאגיד VSE), האגודה הלאומית האמריקנית להגנה מפני אש (NFPA), משרד הגנת הסביבה האמריקאי (EPA) והרשות לאכיפת נושאי האלכוהול, הטבק, הנשק, וחומרי הנפץ של ארה"ב (ATF).

ההמלצות נגעו ליצירה/שינוי של התקנות הקיימות על מנת לכלול בהן שיטות עבודה מומלצות, הדרכה וביקורות בטיחות אשר נדרשות לשם שידול ארגונים וארגונים לאחסון, הובלה והשלכה של זיקוקים וסחורה (מקור 32).

יצוין כי משרד הגנת הסביבה האמריקאי (EPA) אשר קיבל לידינו את המלצות התחקיר פעל מאז בשיתוף פעולה מול ה-CSB ופעל לשינוי כלל ההוראות הפדרליות (CFR¹⁴) ביניהן אלו הנוגעות למתקני טיפול, אחסנה וסילוק של זיקוקין (ראה סיכום התכתבויות וההחלטות במזכר מקור 33).

¹⁰ Management of Change

¹¹ The Resource Conservation and Recovery Act

¹² Federal Acquisition Regulation

¹³ Department of the Treasury Office of the Procurement Executive

¹⁴ The Code of Federal Regulations

5. אירוע זיקוקין - גורמים אפשריים ומניעה

לקחי האירועים בזיקוקין בשנים עברו מציגות כי שילוב חלקי/מלא של העוסקים בזיקוקין, רגולציה שכשלה וחוסר מודעות לפוטנציאל הסיכון הנובע החל מסיווג לקוי של קוד הסיכון עד התייחסות לא מקצועית לזיקוקין כ"לא נפיצים" אפשרה את התנאים המתאימים לקיום אירוע חריג.

מתוך בחינת הסכנות הגלומות באחסון כמויות גדולות של זיקוקין (מקור 34) ניתן לראות כי העוסקים בזיקוקין היוו גורם ישיר לתאונה במקרים ש:

- חוסר מודעות או התעלמות מכוונת לסיכונים הקשורים לטיפול בזיקוקין.
- אי קיום האילוצים המוגדרים בתקנות בידיעה/שלא בידיעה
- אי הקפדה במודע על אמצעי זהירות בסיסיים אשר היו מונעים (מצמצמים/מבטלים) את האפקטים בעת התאונה לסביבה הכוללים בין השאר:
 - אחסנת זיקוקין רק באזורים אשר נקבעו ברישיון הנפיצים.
 - אחסנה במתקנים המתאימים לסוגים ולכמויות של הזיקוקין
 - כאשר מדובר במספר מבני אחסנה - אי אחסנה של פתח מבנה אחד לעומת האחר.
 - עמידה במגבלות האחסון שהוגדרו למבני אחסנה.
 - שינוי, הרכבה או פירוק של פריטי זיקוקין ייעשה רק על פי רישוי ובמבנה המותאם לפעילות.
 - קיום מינימום של פריטים בפעילויות של שינוי, הרכבה או פירוק של פריטי זיקוקין.

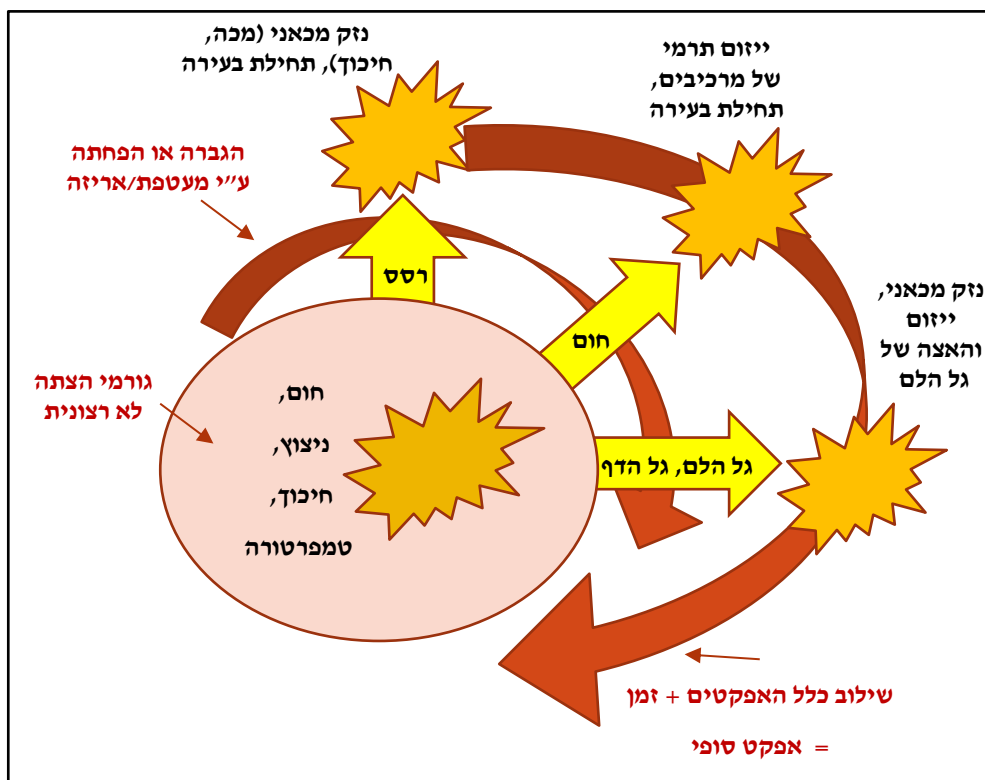
באם נבחן את מנגנוני ההפעלה של פריטי הזיקוקין וביניהם, נוכל להבחין במספר גורמים האחראים להפעלה מקרית שלא בדרך של הפעלה לא רצויה ע"י אדם.

מנגנוני תגובה/ראקציה אלו חשובים להבנת התפשטות הראירוע בזיקוקין מרגע תחילתו, ובכללן **פגיעת רסס, חום וגלי הלם**.

פרויקט CHAF¹⁵, שמומן בחסות האיחוד האירופי אשר מטרתו הייתה לספק הבנה טובה יותר של התנאים הקריטיים הדרושים לעורר פיצוץ באריזות זיקוקין תוך מתן שיטות משופרות של חיזוי הסיכונים באחסנת זיקוקין בקנה מידה גדול.

האיור בעמוד הבא לקוח מתוך אחד מדוחות פרויקט זה (מקור 35). איור זה מהווה תרשים סכמתי של כלל מנגנוני הראקציה הקיימים בהתפשטות אירוע חריג בפריטי זיקוקין.

¹⁵ Quantification and control of the Hazards Associated with the transport and bulk storage of Fireworks



איור 11. מנגנוני התגובה בעת אירוע של פריטי זיקוקין

ניתן לראות באיור כי מתוך כלל גורמי ההצתה בתחילת האירוע הראשוני, התפשטות האירוע מתאפשרת ע"י אפקטים של **רסס** (רסיסים חמים/קרים, אינרטיים ופירוטכניים), **חום** (גזים חמים וקרינת חום) ו**גלי הלם והדף** ממעגל האירוע הראשון אשר מידת ההשפעה של האפקטים תלויה באריזות הזיקוקין ו/או מבנה האחסנה. כל אחד מאפקטים אלו מוביל בסופו של דבר לפגיעות נוספות אשר שילובן לאורך זמן (בהתפשטות האירוע) גורם לאפקט הסופי המתקבל מתוצרי האירוע הראשוני.

6. סיכום

מסמך זה עסק בבחינה של הרגולציה הקיימת בארץ לנושא אחסנת והפעלת זיקוקין.

העבודה סקרה את כלל הגורמים הקשורים בצורה ישירה או עקיפה לאחסון והפעלת זיקוקין מרגע הגעתם לארץ ועד להפעלתם/השמדתם. גורמים אלו, רובם ככולם, אינם מהווים אכיפה ובדיקה מקצועיים לטיב הסיכון הקיים בזיקוקין כלפי הסביבה בעת אירוע חריג. ההוראות הקיימות בנושא הזיקוקין אינן מקיפות במידה מספקת את כל הקשור בפוטנציאל הסיכונים הקיימים בזיקוקין וחסרות מידע אשר יכול להיות גורם מניעה קריטי לנזק לסביבה בעת אירוע חריג.

התאונות שאירעו בארץ החלו באחסנה הסמוכה לגורם הראשוני לתחילת האירוע (כדוגמת הקצר החשמלי באירוע גורן) או בעת עבודה במקום אחסנה אסור (כדוגמת האירוע בפורת).

התאונות שנסקרו במסמך זה נבחרו כ"אירוע מכוון" בכל מדינה בה קרו. החל מממשל ותקנות/הוראות לא מספקות/לא קיימות וכלה ביבואנים ומפעילים אשר לא פעלו ולעיתים במודעות לנוכח הסיכון הקיים ובמיוחד לאור חוסר האכיפה, הפיקוח והבקרה של הרשויות והממשל הקיים בכל מדינה.

בכלל התאונות קיימת אחריות ממשל אשר בעקבות האירוע נקבעו מסקנות ולקחים שיש ליישמן בבניית הוראות, תקנות וחוקים. מבחינת הרגולציה בעולם ואחריות הגורמים הקשורים לרישוי והיתרים נראה שיפור רב בכל הנוגע להתייחסות לזיקוקין כאשר אינם כבר "מובנים מאליהם" לנושא הסיכון האמיתי הקיים באחסונם מול רצפטורים אזרחיים.

ניתן לראות כי השינויים שבוצעו בכל אזור על פני הכדור השפיעו גם הלאה. התאונות אשר אירעו בארץ אינן שונות מתאונות שאירעו גם בארצות אחרות שבהן שונתה הרגולציה בכל הקשור לזיקוקין. הגורמים לאירוע זיקוקין והתנאים המאפשרים את התפשטותו והיקף הנזקים לסביבה ניתנים למניעה וליישום עד כדי מזער/ביטול האפקטים לסביבה.

שינוי הרגולציה הכוללת במתן הוראות/תקנות לעוסקים בזיקוקין, קבלת אחריות וקיום אכיפה ע"י הגורמים הרלוונטיים למילוי דרישות רישוי/היתרים והגדלת המודעות/הידע המקצועי בכל הקשור לסיכונים בזיקוקין יהוו קפיצת מדרגה בכל הקשור להורדת ההסתברות לאירוע חריג כדוגמת התאונות שאירעו בארץ.

7. הגדרות ומונחים

- **קוד סיווג לסיכון HCC (Hazard Classification Code)** - סימול אלפא נומרי לציון אופיו הייחודי של הפריט ומורכב מקבוצת הסיכון ומקבוצת התאימות הייחודית לו.
 - **קבוצת סיכון HD (Hazard Division)** - קבוצה המציינת את סוג הסיכון הצפוי בעת אירוע חריג של נפיצים. הקבוצה היא תת קבוצה של Class 1 (קבוצה 1 בחומרים מסוכנים עבור תחמושת וחומרי נפץ) המגדירה את אופיו והסיכון הדומיננטי של הנפיץ המשוך אליה.
 - **קבוצת תאימות CG (Compatibility Group)** - קבוצה המציינת את תאימות הנפיצים אשר ניתן לאחסנם או להובילם ביחד מבלי להגדיל בצורה משמעותית את ההסתברות לתאונה, או, עבור כמות נתונה, את חומרת התוצאות של תאונה כזו. סוגי נפיצים מאותה קבוצת תאימות יהיו בעלי מאפיינים דומים ואפקט חזוי דומה בעת תאונה פוטנציאלית.
 - **NEW (Net Explosive Weight)** - הוא משקל הנטו הכולל של חומר הנפץ שעשוי להיות מעורב בפיצוץ אקראי. באם לא הוכח ניסויית הנו מהווה את סה"כ משקל חומר המילוי האנרגטי ו/או הפירוטכני בפריט/במבנה/המחסן ומיועד לשימוש בחישוב מרחקי ההפרדה על פי "כמות-מרחק".
- שמות נוספים : **NEQ (Net Explosive Quantity)**, **NEC (Net Explosive Content)**, **NEM (Net Explosive Mass)**.
- **מרחק כמותי Q-D (quantity distance)** - המרחק המינימלי המותר בין PES לבין ES המבוסס על עקרון "כמות-מרחק". **מוגדר לרוב כ"מרחק הפרדה"**. קיימים מרחקי הפרדה פנימיים וחיצוניים אשר נקבעים על פי רגישות הרצפטור/ES.
 - **דפלגריציה (Deflagration)** - תהליך של שריפה מהירה מאוד על פני משטח כאשר קצב ההתקדמות תלוי בשטח הפנים, צפיפות החומר ובלחץ הסביבה (מתחת למהירות הקול).
 - **דטונציה (Detonation)** - תהליך של גל הלם על-קולי הנע דרך חומר במהירות רבה כאשר קצב ההתקדמות אינו תלוי בשטח הפנים, צפיפות החומר ובלחץ הסביבה (מעל למהירות הקול).

8. רשימת מקורות

1. United Nations Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). ST/SG/AC.10/30/Rev.5. Geneva. United Nations. 2013
2. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 01.50 - UN explosive hazard classification system and codes, Second edition 2015-02-01
3. תקן ישראלי ת"י 4372 חלק 2 מוצרים פירוטכניים : זיקוקי די-נור, קטגוריות 1, 2 ו-3 - קטגוריות ומינים של זיקוקין די-נור נובמבר 2013
4. EUROPEAN STANDARD EN 15947-2, Pyrotechnic articles - Fireworks, Categories 1, 2, and 3 - Part 2: Categories and types of firework, September 2010
5. EUROPEAN STANDARD EN 16261-1, Pyrotechnic articles - Fireworks, category 4 - Part 1: Terminology, August 2012
6. צו היבוא והיצוא (איסור יבוא זיקוקין די-נור) (הוראת שעה), התשע"ה-2015
7. תקנות שירותי ההובלה, תשס"א 2001
8. חוק רישוי עסקים, תשכ"ח-1968
9. צו רישוי עסקים (עסקים טעוני רישוי), תשע"ג-2013
10. חוק חמרי נפץ, תשי"ד-1954
11. תקנות חומרי נפץ (מסחר, העברה, ייצור, החסנה ושימוש), תשנ"ד-1994
12. טיוטת נוהלי בטיחות בעבודה עם זיקוקין דינור, 2009
13. אכרזת חומרי נפץ (חומרי נפץ מאושרים), תשנ"ט-1999
14. משטרת ישראל פריט 10.11 ב' - מכירתם, אחסונם אריזתם
15. תקנות שירותי הכבאות (ציוד כיבוי המחסנים) תשל"ב-1992
16. "טיוטת דרישות ליעוד" לפריט רישוי 10.11 זיקוקין, מכירתם, ייצורם, אחסונם
17. חוק החמרים המסוכנים, תשנ"ג - 1993
18. משטרת ישראל/מדור סיור - נוהל מס' 02.220.084 "פיקוח על הפעלת זיקוקי דינור" - אוקטובר 2003
19. המוסד לבטיחות וגהות/מחלקת הדרכה - חוברת עזר למפעיל זיקוקין דינור פרק ד' נוהל משטרה

20. Safety and Reliability – Bedford & van Gelber (eds) The fireworks disaster in Enschede : overview, reconstruction, safety and pyrotechnics, Volume 2, 2003
21. De vuurwerkkramp Eindrapport 28 februari 2001 - דוחות המחקר לנושא האסון באנסחדה כולל דוח סופי -
22. ORGANIZATION AWARENESS IN CRISIS MANAGEMENT Dynamic organigrams for more effective disaster response, A.H.J Oomes, 2004
23. הערכה וניהול של סיכונים תעשייתיים בהולנד – החזון והשבר, ד"ר מיכאל מהרי"ק, המוסד לבטיחות וגיהות, 2003-2004.
24. OECD Safety practices related to the storage of fireworks in the context of land use planning, Issue paper September 9th 2009
25. The Carmel Explosion - Report of the investigation into the fireworks accident in Carmel, Westerns Australia, Department of Mineral and petroleum resources, 6 march 2002
26. A Report on the Fireworks Accident at Carmel, Western Australia R. I. Grose from Defense Science and Technology Laboratory, Proton Down, Salisbury, Wiltshire, SP4 0JQ, UK and K. L. Kosanke from PyroLabs, Inc., 1775 Blair Road, Whitewater, CO 81527, USA - Journal of Pyrotechnics, No. 19, 2004.
27. Explosives and Dangerous Goods Act 1961 and Explosives and Dangerous Goods (Explosives) Regulations 1963, Western Australia.
28. AS 2187.1-1998 Australian Standard™ - Explosives-Storage, transport and use Part 1: Storage.
29. UNITED NATIONS, COMMITTEE OF EXPERTS ON THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS AND ON THE GLOBALLY HARMONIZED SYSTEM OF CLASSIFICATION AND LABELLING OF CHEMICALS - REPORT OF THE COMMITTEE OF EXPERTS ON ITS SECOND SESSION, Geneva, 10 December 2004
30. National Risk Profile (NRP), The Danish Emergency Management Agency (DEMA), 9 April 2013
31. U.S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD, Final Investigation Report, DONALDSON ENTERPRISES, INC. FIREWORKS DISPOSAL EXPLOSION AND FIRE - REPORT NO. 2011-06-I-HI JANUARY 2013
32. A Loaded Magazine The Honolulu Fireworks Disposal Explosion, NASA SAFETY CENTER, Volume 7 Issue 5, July 2013

33. Unites States Environmental Protection Agency - Safe Handling, Storage, and Treatment of Waste Fireworks – Memorandum from 6 July 2017
34. HAZARDS ASSOCIATED WITH THE LARGE-SCALE STORAGE OF FIREWORKS - HUMAN FAILURE AND ITS CONSEQUENCES - Myatt S G (Health and Safety Laboratory, Buxton, Derbyshire, UK) and Bale E W (H. M. Explosives Inspectorate, Health and Safety Executive, Bootle, Merseyside, UK) - SYMPOSIUM SERIES NO. 156, 2011
35. CHAF Workpackage 4 Report - Literature review of fireworks compositions, propagation mechanisms, storage legislation and environmental effects, A. von Oertzen (BAM), S. Myatt (HSL), D. Chapman (HSL), R. Webb (TNO), M. P. van Rooijen (TNO), W. Colpa (TNO), E. G. de Jong (TNO), J. de Ruiter (TNO), June 2003

זיקוקין - מניעת אירועים חריגים

סיכום והמלצות למניעת אירועים חריגים

המרכז הישראלי לבטיחות בנפצים בע"מ

אהרון (אריק) גורן

זיקוקין - מניעת אירועים חריגים

סיכום והמלצות למניעת אירועים חריגים

תוכן עניינים :

3.....	מבוא	.1
3.....	שיטה	.2
4.....	מיקום אתרי אחסנה לזיקוקין	.3
5.....	ישראל	3.1
6.....	אירופה	3.2
6.....	צרפת	3.2.1
7.....	גרמניה	3.2.2
8.....	אנגליה (UK)	3.2.3
10.....	דנמרק	3.2.4
10.....	שבדיה	3.2.5
10.....	הולנד	3.2.6
11.....	ארה"ב	3.3
12.....	קנדה	3.4
14.....	סיווג הזיקוקין ופוטנציאל הסיכון	.4
14.....	חומ"ס בזיקוקין והגורם להפעלה	4.1
16.....	קרינת חום ("כדור אש")	4.2
18.....	קביעת מרחקי הפרדה לזיקוקין	.5
18.....	דוגמא לחישוב מרחקי הפרדה לזיקוקין על פי מדינות	5.1
20.....	מרחקי הפרדה באירוע פורת	5.2
20.....	סוג המחסן וסיווג הזיקוקין	5.3
22.....	מודעות וחשיבותה באחסנת זיקוקין	.6
24.....	סיכום	.7
25.....	הגדרות ומונחים	.8
26.....	רשימת מקורות	.9

רשימת תמונות :

20.....	תמונה 1. ניסוי CHAF לפגזי 150 מ"מ (קבוצת סיכון 1.1) :
21.....	תמונה 2. ניסוי CHAF לפגזי 75 מ"מ (קבוצת סיכון 1.3) - "כדור אש"
22.....	תמונה 3. זירת האירוע בחוות מארלי
23.....	תמונה 4. כוחות הכיבוי בסמוך למכולת הזיקוקין

רשימת איורים :

- 14 איור 1. תאונות זיקוקין מול גורמים
- 15 איור 2. חומרת תאונות זיקוקין למול תרכובות

רשימת טבלאות :

- 4..... טבלה 1. מקדמי סיכון לרצפטורים ציבוריים (הדף)
- 5..... טבלה 2. מרחקי בטיחות ממחסן זיקוקין על פי נוהל הבטיחות בעבודה
- 7..... טבלה 3. קבוצות האחסון בגרמניה - הגדרת הסיכון
- 8..... טבלה 4. מרחקי הפרדה לרצפטורים ברגולציה הגרמנית
- 9..... טבלה 5. סיווג הסיכון לנפיצים באנגליה
- 11 טבלה 6. מרחקי ההפרדה לרצפטורים ברגולציה האמריקאית
- 13 טבלה 7. סיווג הסיכון לזיקוקין בקנדה
- 13 טבלה 8. מרחקי הפרדה לזיקוקין בקטגוריות נמוכות בקנדה
- 17 טבלה 9. שילובים מומלצים להקטנת אפקטים תרמיים במכולות זיקוקין
- 19 טבלה 10. מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים מקבוצת סיכון 1.3 במדינות שונות
- 19 טבלה 11. מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים מקבוצת סיכון 1.1 במדינות שונות

1. מבוא

בתאריך 14.3.17 במבנה במושב פורת אירעה דליקה אשר גרמה לפיצוץ והפעלה של פריטי הזיקוקין/פירוטכניקה אשר אוחסנו במקום.

על פי ממצאי התחקיר הראשוני שבוצע באתר (בין השאר מיפוי וניתוח נזקים בסביבה, בחינת נתוני הפריטים ומרחקי הפרדה) נראה כי, כמו ברוב תאונות עבר בארץ ובעולם, אופן האחסנה/פעילות/טיפול בפריטי זיקוקין נעשה ללא כל מודעות/מקצועיות לפוטנציאל הסיכון הרב הקיים בעת אירוע חריג של התלקחות/פיצוץ הזיקוקין.

כמו כן בוצע סקר הספרות והנהלים אשר בחן את הרגולציה בארץ לפעילות הנעשית בהקשר לאחסון/אתר הפעלה מרגע כניסתו של פריט הזיקוקין בשערי הארץ ועד להפעלתו/השמדתו. במקביל, נבחן בסקר זה גם תאונות זיקוקין שאירעו עולם לשם השוואה והבנת השפעתם על הרגולציה הקיימת באותה מדינה.

על פי דרישת המשרד להגנת הסביבה/אגף חומ"ס נדרש המרכז הישראלי לבטיחות בנפיצים להכין דוח הכולל מסקנות והמלצות ליישום בנושאי אחסון ועבודה עם זיקוקין. במסגרת עבודה זו נדרש לבחון את מרחקי הפרדה/הבטיחות המוגדרים לסביבה על פי הרגולציה הקיימת במדינות שונות.

2. שיטה

כאמור, פריטי פירוטכניקה ובכללם זיקוקין הינם שייכים לקבוצת הנפיצים אשר נדרשים בקביעת מרחקי הפרדה לרצפטורים שונים בסביבתם. במסמך זה יוגדרו מרחקי הפרדה/בטיחות לרצפטורים הציבוריים כ"מרחקי הפרדה".

העבודה בוצעה בשלבים הר"מ :

- **בחינת דרישות מרחקי הפרדה מזיקוקין על פי הרגולציה הקיימת**
בחינת מרחקי הפרדה/הבטיחות על פי המדריכים/נהלים הקיימים בארץ, כפי שהינם מוגדרים על ידי הרגולציה הקיימת עבור העוסקים בזיקוקין.
- **סיקור דרישות מרחקי הפרדה מזיקוקין בהוראות בינלאומיות**
סקירה של ההוראות והמדריכים במדינות השונות, תוך בחינת הגדרות מרחקי הפרדה בעת אחסנת זיקוקין ומתן דוגמאות חישוביות למכולה טיפוסית.
- **מסקנות והמלצות למרחקי הפרדה בעת אחסון ועבודה עם זיקוקין**
מתן המלצות למרחקי הפרדה עבור רמות חשיפה קבילות לרצפטורים השונים בסביבת אתרי אחסנת זיקוקין.

3. מיקום אתרי אחסנה לזיקוקין

אחד מהאמצעים היעילים ביותר להגנת הציבור מהאפקטים הנלווים לאירוע נפיצים הוא בשימוש במרחקי הפרדה, המבטיחים כי הציבור יימצא תמיד במרחק בטיחות נסבל מהנפיצים בעת אחסנה וטיפול. במקרה זה מרחקי ההפרדה הנדרשים מאחסנת זיקוקין, בהיותם שייכים למשפחת הנפיצים (Class 1), אינם אמורים להיות שונים ממרחקי ההפרדה הנדרשים מאחסנת נפיצים בעלי קבוצת סיכון דומה.

חישוב מרחקי ההפרדה מבוסס על עיקרון "כמות-מרחק" כאשר קביעת מרחק ההפרדה לרצפטורים השונים תלויה ברמת החשיפה המותרת לכל סוג רצפטור מתוצרי אירוע נפיצים¹ (הדף, רסס ורגמות, קרינת חום וכד'). בין לדוגמא לנושא ההדף המתקבל באירוע נפיצים לכל רצפטור מוגדר פקטור סיכון או "מרחק מקונם"² אשר תואם לרמת ההדף (על-לחץ) המתקבלת בפיצוץ. כלומר, לכל רצפטור תהא רמת לחץ קבילה המתקיימת למול פקטור הסיכון.

הטבלה הבאה מתארת דוגמאות לעל-הלחץ המתאים לכל מקדם סיכון למול רצפטור ציבורי על פי הוראות IATG³ של האו"ם:

מקדם סיכון (K)	על לחץ (Kpa)	רצפטורים
44.4	2-3	מבנים המוגדרים "פגיעים"
22.2	5	מבנים מאוכלסים
14.8	9	נתיבי תחבורה ציבוריים
11.1	11	שטח פתוח בעל צפיפות נמוכה של אנשים

טבלה 1. מקדמי סיכון לרצפטורים ציבוריים (הדף)

כמובן שבעת קביעת מרחקי ההפרדה יש לקחת בחשבון את האפקט הדומיננטי לקבוצת הסיכון וכן את השפעת הכמות (למשל, בנפיצים בעלי סיכון לניפוץ כולל - בכמויות קטנות מרחקי ההפרדה לרסס/רגמות יהיו דומיננטיים למול כמויות גדולות בן קביעת מרחקי ההפרדה תהא על פי רמת העל-לחץ).

בעמודים הבאים נבצע השוואה לנושא מיקום אתרי האחסנה לזיקוקין במדינות השונות למול שיטת החישוב הנהוגה בהן לקביעת מרחקי ההפרדה מאתרי/מתקני אחסנת זיקוקין לרצפטורים.

¹ אירוע לא רצוני של התלקחות/פיצוץ נפיצים

² K-scaled factor

³ International Ammunition Technical Guidelines
(ראה הגדרות בסעיף 8)

3.1 ישראל

מרחקי הפרדה מזיקוקין במדינת ישראל אשר נדרשים לסביבה מאחסנת זיקוקין מוגדרים על ידי התוספת החמישית של פקודת הבטיחות בעבודה (מקור 1) ושל טיוטת נוהל הבטיחות בעבודה עם זיקוקין דינור אשר יצאה בשנה זו להתייחסות (מקור 2).

מרחקי ההפרדה על פי סעיף 11. של התנאים למחסן זיקוקין מובאים בטבלה הבאה (מתוך מקור 2):

מרחק בטחון ממחסן עלי אחר במטרים	טווח בטחון משטח בנוי מכבישים ראשיים ופסי רכבת – במטרים	כמות הזיקוקין במחסן בקילוגרמים כולל אריזתם: עד-
15	25	500
25	40	2.500
30	50	5.000
40	60	10.000
50	70	15.000
50	80	20.000
55	85	25.000
60	85	30.000

טבלה 2. מרחקי בטיחות ממחסן זיקוקין על פי נוהל הבטיחות בעבודה

מרחקי הפרדה אלו מרצפטורים ציבוריים מוגדרים עבור משקל כולל של פריטי הזיקוקין כולל אריזתם.

יש לזכור כי מרחקי ההפרדה המבוססים על עקרון "כמות-מרחק" תלויים במשקל המילוי העיקרי (NEC⁴). בהינתן משקל כולל מקובל לחשב את משקל המילוי העיקרי כרבע מכלל המשקל (ראה דוגמא במקור 3), קרי, על פי הטבלה לעיל - עבור משקל העמסה במכולה סטנדרטית של כ-20 טון (משקל מילוי עיקרי של 5 טון) נדרש מרחק של 80 מ' בלבד ממבנים מאוכלסים/נתיבי תחבורה ציבורית.

מרחקי ההפרדה הללו אינם מאפשרים רמה קבילה לנושא ההדף/על-לחץ, רסיסים ורגמות במיוחד לאור העובדה כי אינם תלויים בסוג הזיקוקין, כמות חומר מילוי אפקטיבי ותצורת האחסנה העלולה ליצור אפקט של ניפוץ כולא במצב "כליאה". באירוע פורת כאמור, מרחקי ההפרדה

⁴ Net Explosive Content (ראה הגדרות בסעיף 8)

3.2 אירופה

על פי פרסומי ה-OECD (מקור 4), כתוצאה מלקחים שהופקו כתוצאה מתאונות זיקוקין אשר גרמו לנזקי סביבה נבחנו מחדש במדינות שונות תקנות ונהלים בנוגע למרחקי הבטיחות הנדרשים מאחסון זיקוקין. נושא מרחקי הבטיחות מאתרי אחסון לזיקוקין נבחן מחדש לנושא מיקומם ביחס לרצפטורים בסביבתם כאשר מבוצע תכנון לייעוד קרקע (LUP⁵).

3.2.1 צרפת

על פי הרגולציה הצרפתית כל אחסנת זיקוקין בכמות העולה על 750 ק"ג מקבוצת סיכון 1.3 או מעל 250 ק"ג של קבוצת הסיכון 1.1 חייבת במתן אישור הכולל הערכת סיכונים של האפקטים לסביבה (בעיקר לנושא סיכוני ההדף והחום).

לקביעת מרחקי הפרדה מוגדרים בין ארבעה עד לחמישה אזורי סיכון (Z1 עד Z5) כאשר אזורי הסיכון הראשונים (Z1, Z2) מוגבלים לתחום אתר האחסנה וכוללים רק מתקנים הקשורים לפעילות האחסנה באתר) ואזורי הסיכון האחרים (Z3 עד Z5) מוגדרים לאזורים בהם תשתיות אסורות (כדוגמת ערים גדולות, בניינים גבוהים, אתרים חשובים וכד').

לכל אזור סיכון מוגדר מספר האנשים המותר לחשיפה (כתלות בהסתברות הסיכון בעת אירוע חריג) אותו יש לאכוף לאחר מתן אישור האחסנה.

לפריטי זיקוקין מקבוצת הסיכון 1.3 ו-1.4 מייחסת הרגולציה הצרפתית סיכון תרמי, ובהתאם לכך, מגדירה ארבעה אזורי סיכון. במידה וצפיפות האחסנה עוברת רף מסוים ($170\text{kg}/\text{m}^3$) פריטי הזיקוקין ייחשבו כקבוצת הסיכון 1.1 ויוגדרו עבורם חמישה אזורי סיכון שונים להם מרחקי הפרדה גבוהים יותר (על פי אפקטי לחץ הפיצוץ בעת אירוע חריג).

על פי הרגולציה הצרפתית פריטי זיקוקין ייחשבו כשייכים לקבוצת הסיכון 1.1 באם הינם מאוחסנים עם נפיצים אחרים או ללא אריזות תקניות על פי הגדרות UN⁶ (מקורות 5 ו-6).

⁵ Land Use Planning

⁶ הכוונה לסיווגי האו"ם לקבוצות הסיכון בנפיצים

3.2.2 גרמניה

החוק הגרמני לנושא נפיצים קובע כי אחסנת נפיצים חייבת ברישוי למעט כמויות קטנות המוגדרות בחוק. הנפיצים מסווגים ומוגדרים לקבוצות האחסון (SG)⁸ השונות⁸ על פי הוראות האו"ם (מקורות 5 ו-6) מקור הוראות האמנה האירופית להובלת חומרים מסוכנים (מקור 7) כמוצג בטבלה הבאה:

קבוצת אחסון (SG)	הגדרת הסיכון
1.1	חומרים, תערובות או פריטים בעלי סיכון לניפוץ כולל
1.2	חומרים, תערובות או פריטים בעלי סיכון רסס, אך לא ניפוץ כולל
1.3	חומרים, תערובות או פריטים בעלי סיכון שריפה וסיכון רסס ו/או הדף קטנים, אך לא ניפוץ כולל
1.4	חומרים, תערובות או פריטים אשר מייצגים סיכון שאינו משמעותי. קבוצה זו כוללת חומרים ופריטים אשר להם סיכון קטן בעת הצתה או ייזום

טבלה 3. קבוצות האחסון בגרמניה - הגדרת הסיכון

רק פריטים פירוטכניים אשר סווגו לקבוצות האחסון 1.4S או 1.4G יוגדרו כמותרים לשימוש צרכני (fireworks consumer). הרגולציה הגרמנית מבוססת על שילוב בין תכנון על פי מרחקי הפרדה, מרחקי מינימום ועקרונות בנייה עבור מחסני נפיצים.

לאחסון של קבוצות אחסון 1.3 ו-1.4 נדרש מבנה חסין מאש. פריטים מקבוצת האחסון 1.1 בכמויות הגדולות מ-1,000 ק"ג משקל מילוי עיקרי מחויבים להיות מאוחסנים במחסני מכוסי עפר.

הרגולציה כאמור מכילה את עקרונות מרחקי הפרדה והמרחקים המינימליים: מרחקי הגנה לכלל הציבור ומרחקי בטיחות לשמירה על בטיחות בתוך מתקני האחסנה המבוססים על עקרונות הבטיחות של NATO.

מרחקי הבטיחות לרצפטורים הציבוריים מחושבים (בדומה לשיטה בנפיצים רגילים) על בסיס עקרון "כמות-מרחק" לקבוצות האחסון 1.1 ו-1.3. כאשר לאחסון של פריטים מקבוצת האחסון 1.4 המכילים בשה"כ מעל 100 ק"ג משקל מילוי עיקרי נדרש מרחק של 25 מ' לכלל הציבור.

טבלה 4 בעמוד הבא מסכמת את כללי החישוב למרחקי הבטיחות לרצפטורים הציבוריים על פי קבוצות האחסון. יודגש כי במקרים של אובייקטים חשובים (בתי חולים, בתי ספר וכד') או אזורים בהם קיימת צפיפות גבוהה וקבועה של אנשים להם נדרש מרחק גבוה יותר מבניינים מאוכלסים (פקטור סיכון של K40 בדומה לרצפטורים "פגיעים" על פי הגדרות IATG של האו"ם שם נדרש K44.4) ניתן לבצע הפחתה אך ורק באמצעות אמצעים/תנאים להפחתת האפקטים של על לחץ ורסס הנוצרים בעת אירוע נפיצים.

⁷ Storage Group

⁸ קבוצת אחסון מוגדרת כסימון משולב של קבוצת הסיכון וקבוצת התאימות, כאן ההתייחסות היא של קבוצת הסיכון

פקטור הסיכון K ומרחקים מינימליים לרצפטורים		קבוצת אחסון
מבנים מאוכלסים (IBD)	נתיבי תחבורה ציבוריים (PTRD)	(SG)
K22 (275 מ')	K15 (180 מ')	1.1
K4, K3 (60 מ')	K4, K3 (40 מ')	1.3

טבלה 4. מרחקי הפרדה לרצפטורים ברגולציה הגרמנית

מרחקי ההפרדה בסוגריים עבור קבוצת הסיכון המוגדרות בטבלה 4 הינם המרחקים המינימליים. בקבוצת האחסון 1.1 מרחקים אלו מוגדרים לרסיסים כבדים המועפים ממקום אירוע נפיצים.

כפי שהוזכר, החוק הגרמני מפרט במקרים מסוימים אחסנת כמויות קטנות של נפיצים (בזיקוקין לשימוש צרכן/מפעיל) ללא רישוי ומרחקי הפרדה.

למשל, כאשר מדובר על אחסון **בחדר מכירות**, פריטים פירוטכניים מקבוצות הסיכון 1.4G ו-1.4S יאוחסנו עד ל-70 ק"ג משקל מילוי עיקרי ופריטים פירוטכניים מקבוצת סיכון 1.3G אסורים באחסון בכלל.

דוגמא אחרת הוא אחסון של פריטים פירוטכניים מקבוצות הסיכון 1.4G ו-1.4S **במכולה מחוץ למבנה** המוגבלים לאחסון עד 350 ק"ג משקל מילוי עיקרי ואילו פריטים פירוטכניים מקבוצת סיכון 1.3G אשר יאוחסנו במבנה זה יוגבלו ל-25 ק"ג משקל מילוי עיקרי.

3.2.3 אנגליה (UK)

החקיקה באנגליה לנושא אחסון וייצור זיקוקין מבוססת על תקנות MSER⁹ (מקור 8). הגישה לנושא מרחקי ההפרדה לרצפטורים בסביבת נפיצים הייתה תמיד על בסיס ניסויים ותאונות עבר באנגליה, ולכן גם לאחר ניסויים בשנות ה-90 לבחינת דומיננטיות הנזקים לסביבה ובהתאם עודכנו תהליכי הרישוי לנפיצים ההוראות הרלוונטיות אשר הוגדרו ב-MSER.

יצוין כי גם הניסויים שבוצעו במסגרת פרויקט CHAF¹⁰ (ראה פירוט בסעיף 8) הראו (על סמך תוצאות הניסויים בקנה מידה מלא) כי שמירה על מרחקי ההפרדה המוגדרים מבנים מאוכלסים ב-MSER הנו יותר ממספק על מנת להבטיח רמת בטיחות גבוהה לבני אדם הגרים, עובדים או נעים ליד אזור בו קיימות מכולות סטנדרטיות של זיקוקין המהווים סיכון של ניפוץ כולל בעת אירוע נפיצים.

לשם קביעת מרחקי ההפרדה לאזורים המאוחסנים זיקוקין, אנגליה משתמשת בשווה ערך 1:1 של TNT למול נתוני משקל חומר המילוי העיקרי בזיקוקין המאוחסנים. במידה ונתון זה אינו קיים, החישובים נעשים על בסיס לקיחת משקל השווה ל-25% מסך המשקל הברוטו של הזיקוקין.

מערכת הרישוי באנגליה לנושא ייצור ואחסון נפיצים הנו בסיווג הסיכון לכל סוג נפיץ (¹¹HT). קיימים ארבעה סוגי סיכונים על פי הטבלה בעמוד הבא.

⁹ Manufacture and Storage of Explosives Regulations

¹⁰ Control of the Hazards Associated with the Transport and Bulk Storage of Fireworks

¹¹ Hazard Type (8 בסעיף)

מהות	סיווג הסיכון
נפיצים אשר מהווים סיכון פיצוץ כולל - בהינתן פיצוץ מאסיבי של פריט בודד כלל גופי הנפיצים מתפוצצים יחדיו	HT1
נפיצים בעלי סיכון רסס רציני ללא סיכון פיצוץ כולל נפיצים בעלי סיכון שריפה,	HT2
נפיצים בעלי סיכון שריפה וסיכון קטן של הדף ו/או רסס, ללא סיכון פיצוץ כולל. כלומר, נפיצים המאפשרים עלייה לקרינת חום ניכרת או נשרפים על מנת ליצור סיכון קטן של הדף או רסס.	HT3
נפיצים אשר להם סיכון קל של שריפה/או פיצוץ עם אפקט מקומי. כלומר, נפיצים המהווים סיכון נמוך בעת אירוע נפיצים (ייזום/התלקחות), ללא הדף/רסס משמעותי.	HT4

טבלה 5. סיווג הסיכון לנפיצים באנגליה

הגישה האנגלית לשימוש בסוגי סיכון ולא בקבוצות סיכון (במקום סיווג האו"ם הרגיל לקבוצות סיכון לפריטים ארוזים בהובלה) נובעת מהעובדה כי סיכונים הנובעים מזיקוקין ונפיצים בכלל יכולים להיות מושפעים עקב תנאי כליאה ו"האצה" מנפיצים אנרגטיים יותר.

כאשר נפיצים מצויים באריזתם (להובלה) ניתן להגדיר כי סוג הסיכון (HT) הנו קבוצת הסיכון (12 HD) - לדוגמא קבוצת הסיכון HD1.1 תהא HT1. הדבר יכול להשתנות כתלות בנסיבות האחסנה בו ימצאו פריטי הזיקוקין.

גישה זו דומה גם לגישה הקנדית הנוקטת ברעיון פוטנציאל הסיכון (PE) לשם הגדרת הסיכונים בייצור ואחסון כפי שיוצג בהמשך המסמך.

תהליך הרישוי באנגליה לנושא הזיקוקין מחייב שמירה על האוכלוסייה האזרחית מחוץ לאתר. כל אתר בו תכולת הכמות של הזיקוקין היא מעל 2 טון דורשת רישוי לצורך הגדרת מרחק הגנה/אזור הפרדה בעת תהליך תכנון קרקע (מבוסס על כמויות וסיכונים הזיקוקין המאוחסנים/מיוצרים באותו אתר).

רשות התכנון המקומית (Local Planning Authority) חייבת להיוועץ במנהל הבטיחות והגהות האנגלי (13 HSE) לכל התפתחות באזור המתוכנן כאשר ה-HSE יכולה להתנגד לתכנון וגם באם ניתן אישור ונמשך הפיתוח האזורי, ה-HSE יכולה להפחית את מגבלות הרישוי כדי להבטיח כי כל מבנה חדש המוקם באזור יישאר מחוץ לאזור ההפרדה.

¹² Hazard Division (8 בסעיף)

¹³ Health and Safety Executive

3.2.4 דנמרק

לאחר אסון הזיקוקין בעיר קולדינג (2004), הרגולציה הדנית (2008) אסרה על אחסנת זיקוקין מעל 50 טון משקל מילוי עיקרי, כאשר אחסנה בכמויות מעל 10 טון מחויבת בחלוקת אחסון ע"י מתרסים (בטיחות אש). קבוצות אחסנה 1.3G ו-1.4G המאוחסנות יחדיו ייחשבו כ-1.3G. לקבוצה 1.4G ניתן שווה ערך של רבע (25%) באותה כמות של הקבוצה 1.3G.

מרחקי ההפרדה שנקבעו עבור הקבוצה 1.3G : לאזורי מגורים יהיו על פי פקטור הסיכון K6.4 ואילו לנתיבי תחבורה פקטור הסיכון יהא K4.3 (בדומה להוראות ה-IATG).

3.2.5 שבדיה

הרגולציה השבדית (2006) קובעת מרחקי הפרדה לרצפטורים מנפצים בעלי קבוצת סיכון 1.3 ו-1.4 על פי נוסחאות המרה. נפצים מקבוצת האחסנה 1.4G ייחשבו כ-25% באותה כמות לפי הקבוצה 1.3G (כמו ברגולציה הדנית לעיל) ואילו בקבוצה 1.4S שווה הערך לקבוצה 1.3G יהא 10% בלבד.

קיימים שלושה אזורי סיכון המוגדרים באופן הבא :

אזור I - המצאות של יותר מ-10 אנשים בדרך כלל או סיכונים כלכליים גדולים

אזור II - המצאות של פחות מ-10 אנשים בדרך כלל או אתרי תרבות חשובים

אזור III – נתיבים בהם תחבורה מתונה

הרגולציה השבדית מתירה במקרים מסוימים הפחתה של מרחקי הבטיחות עד מחציתם בהינתן אמצעי מיגון (כדוגמת קירות עפר)

3.2.6 הולנד

הרגולציה ההולנדית השתנתה באופן ניכר לאחר אסון אנסחדה (2000). רק קבוצת האחסון 1.4G נחשבת כזיקוקין לשימוש צרכני. מרחקי הבטיחות לאחסנה לרצפטורים אזרחיים עד 750 ק"ג הינם 400 מ' ו-800 מ' לאחסנה בכמויות שבין 6,000 ÷ 750 ק"ג.

קבוצת האחסון 1.3G (שימוש מקצועי בידי מפעיל זיקוקין) נחשבת כקבוצה 1.1G (עקב סיווג לקוי שבוצע בעבר). הרגולציה שהחמרה גרמה להעברת רוב אתרי האחסנה "הכבדים" למדינות שכנות להולנד.

3.3 ארה"ב

האגודה הלאומית למניעת שריפות בארה"ב (NFPA¹⁴) מגדירה בקובץ החוקים 1124 (מקור 9) מרחקי בטיחות עבור מתקנים (אזורים/מבנים) בהם מצויים זיקוקין ופירוטכניקה בין אם משמשים לפעולות ייצור/הרכבה או אחסנה (קיימות הגדרות מפורטות לפעילויות השונות).

קובץ חוקים זה תואמות את חוק חומרי הנפץ ותקנותיו (מקור 10) של רשות ה-ATF¹⁵ (השייך למחלקת המשפטים האמריקאית) אשר קובע בין השאר כי מרחקי ההפרדה מזיקוקין המוגדרים "bulk salute" (אשר לקטגוריה זו נכנסים רוב סוגי הזיקוקין של מפעילי זיקוקין) יושוו למרחקי הפרדה המוגדרים עבור חומרי נפץ.

לדוגמא, מדובר על אחסנת זיקוקין מסוג זה (כדוגמת כוורות, פגזים, נר רומאי... במבני שילוח/מחסנים, מרחקי ההפרדה עבור רצפטורים חיצוניים (מבנים מאוכלסים, נתיבי תחבורה ציבורית) יהיו על פי הטבלה הבאה:

מרחקי הפרדה (מ')						משקל (ק"ג)	
נתיבי תחבורה ציבוריים				מבנים מאוכלסים			
צפיפות גבוהה ¹⁷ /רכבת		צפיפות בינונית ¹⁶		בלי סוללה	עם סוללה	NEW	כולל
בלי סוללה	עם סוללה	בלי סוללה	עם סוללה				
123	62	68	34	165	83	125	500
205	103	104	52	275	138	625	2,500
264	132	119	60	354	177	1,250	5,000
333	167	144	72	446	223	2,500	10,000
381	191	156	78	510	255	3,750	15,000
419	210	165	83	534	267	5,000	20,000
441	221	168	84	540	270	6,250	25,000
480	240	174	87	574	287	7,500	30,000

טבלה 6. מרחקי ההפרדה לרצפטורים ברגולציה האמריקאית

המשקלים בטבלה זו נבחרו על בסיס המשקלים הכוללים המופיעים בטבלת מרחקי הפרדה המוגדרים לסביבה במדינת ישראל מאחסנת זיקוקין (ראה טבלה 1).

משקל המילוי העיקרי של הנפיצים (NEW) הנו כ-25% ומרחקי ההפרדה חושבו על פי טבלת מרחקי ההפרדה לחומרי נפץ המופיעים במקורות האמריקאים לעיל (טבלה 555.218 במקור 10).

¹⁴ National Fire Protection Association

¹⁵ Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives

¹⁶ צפיפות בינונית - נפח תנועה עד 3,000 רכבים ביום (כולל)

¹⁷ צפיפות גבוהה - נפח תנועה מעל 3,000 רכבים ביום

3.4 קנדה

הגישה הקנדית, כאמור, נוקטת ברעיון פוטנציאל הסיכון (^{18}PE) לשם הגדרת הסיכונים בייצור ואחסון של זיקוקין הכמעט זהה לגישה האנגלית/סיווג קבוצות הסיכון על פי האו"ם.

פריטי הזיקוקין והפירוטכניקה מסווגים בקנדה כקבוצה F בסיווג הנפיצים (מקור 11) בחלוקה לארבעת קבוצות באופן הבא :

- **קבוצה F.1 - Consumer Fireworks** : זיקוקין לשימוש צרכני בלבד, סיכון נמוך לסביבה.
- **קבוצה F.2 - Display Fireworks** : פריטי זיקוקין גדולים בעלי פוטנציאל סיכון לפיצוץ מאסיבי תוך קבלת גלי הלם לסביבה. יש להיזהר בפריטים בעלי מחמצנים/תרכובות מתכתיות (כמו פכלורטים) או במבנה אחסנה המוסיף לאפקט כליאה בעת אירוע חריג (לדוגמא אחסנת כמויות גדולות במכולות סטנדרטיות).
- **קבוצה F.3 - Special Effect Pyrotechnics** : נפיצים המשמשים ליצירת אפקט מיוחד בעת הפקת סרט צילום, אימונים וכד' (כדוגמת פיצוץ, ביום יר).
- **קבוצה F.4 - Fireworks Accessories** : אביזרים נלווים (אביזרי הפעלה כמו פתילים, ראש גפרור וכד').

כאשר מדובר על אחסנת זיקוקין מפוטנציאל הסיכון PE1 (פיצוץ מאסיבי כולל של כלל התכולה) בכמויות גדולות, חישוב משקל המילוי העיקרי לקביעת מרחקי הפרדה ייעשה תחילה על פי שווה ערך של 75% מהמשקל הכולל. לאחר מכן יבוצע חישוב שווה ערך בהתאם לחומר הקיים בזיקוקין פקטור של 70% לאבקת פלאש ופקטור של 50% לכל השאר.

שווה ערך זה ($^{19}NEEQ$) מהווה שווה ערך TNT (מקור 12) לצורך קביעת מרחקי הפרדה על פי התקן הלאומי הקנדי למרחקי הפרדה לסביבה ממתקן/אתר האחסנה של הזיקוקין (מקור 13).

נושא הכליאה ונפח המחסן הפנוי בעת אחסנת הזיקוקין מהווה אף הוא פרמטר בקביעת פוטנציאל הסיכון. למשל, אחסנת זיקוקין מפוטנציאל הסיכון PE3 (סיכון שריפה עם סיכון קטן לפיצוץ ו/או רסיסים, ללא סיכון פיצוץ מאסיבי) יוגדרו כך רק באם נפח המחסן הפנוי עולה על 40% מנפחו הכולל והמחסן אינו מוגדר כ"כלוא", אחרת, יוגדרו כפוטנציאל הסיכון PE1.

באחסנת פריטי זיקוקין מפוטנציאל הסיכון PE1 (סיכון שריפה ו/או סיכון קל לפיצוץ, עם אפקט מקומי בלבד) פוטנציאל הסיכון לסביבה יהיה תלוי במשקל הכולל וכן בהתניות הקשורות באחסנה (מעברים רחבים בין מארזים, הימצאות מתזים).

יצוין עוד כי הרגולציה הקנדית, בדומה לרגולציה הצרפתית, לוקחת בחשבון גם את צפיפות האחסנה כאשר היא קובעת מרחקי הפרדה. ככל שהזיקוקין "דחוסים" יותר באחסנה, נדרש "מקדם תיקון" למרחקי הפרדה (למשל, בצפיפות העולה על 1,000 ק"ג NEQ למ"ק נדרש להוסיף 30% למרחקי הפרדה המחושבים).

הטבלאות בעמוד הבא מסכמות את אופן הסיווג ודוגמאות לחישוב של זיקוקין בכמויות שונות על פי הגישה הקנדית.

¹⁸ Potential Effect

¹⁹ NET EFFECTIVE EXPLOSIVE QUANTITY

הטבלה הבאה מציגה דוגמאות לסוגי הזיקוקין למול קביעת פוטנציאל הסיכון (המשמש כקבוצת הסיכון לצורך קביעת מרחקי הפרדה על פי מקור 13) בעת ייצור ואחסנה (מתוך מקור 12)

סוג	קבוצת האחסנה	דוגמאות	סיווג הסיכון	קבוצת הסיכון	הערות
F.1	1.4G	זיקוקין לשימוש צרכני	PE4	1.4	25% מהמשקל הכולל = NEQ
	1.4G		PE3	1.3	75% מהמשקל הכולל = NEQ
F.2	1.3G	פגזים עד קוטר 155 מ"מ (כולל)	PE3	1.3	75% מהמשקל הכולל = NEQ
	1.3G		PE1	1.1	אחסנה בכמויות מעל 50,000 ק"ג NEQ
			PE1	1.1	נפח פנוי פחות מ-40% מסך נפח המחסן
	1.2G	PE2	1.2	מחסן בעל אפקט "כליאה"	
	1.1G	פגזים עד קוטר 155 מ"מ (לא כולל)	PE1	1.1	$NEQQ = 0.7 \cdot NEQ$ (לזיקוקין המכילים אבקת פלאש)
	1.1G		PE1	1.1	$NEQQ = 0.5 \cdot NEQ$ (לזיקוקין ללא אבקת פלאש)
F.3	1.4G	אפקטים מיוחדים	PE4	1.4	50% מהמשקל הכולל = NEQ
F.4	1.3G	פריטי הדלקה לזיקוקין	PE3	1.3	75% מהמשקל הכולל = NEQ

טבלה 7. סיווג הסיכון לזיקוקין בקנדה

מרחקי ההפרדה המוגדרים בקנדה (מקור 13) עבור קבוצות PE3 ו-PE4 (לשימוש צרכני) הינם מוגדרים עבור ארבעה סוגי פעילות שונים לכל קבוצה. מרחקי ההפרדה הינם זהים לאלו של הוראות האו"ם (IATG) המבוססות על ההוראות האירופיות (מקור 14) ובעלי אותם מקדמי סיכון לחישוב.

הטבלה הבאה מפרטת דוגמאות של מרחקי הפרדה לרצפטורים אזרחיים בכמויות שונות של קבוצות אלו :

מרחקי הפרדה (מ')				משקל NEQ (ק"ג)	סיווג הסיכון לזיקוקין
נתיבי תחבורה ציבוריים (*)			מבנים מאוכלסים (כולל מבנים פגיעים)		
גבוה	בינוני	נמוך			
110	73	60	110	5,000	PE3
140	92	69	140	10,000	
240	160	120	240	50,000	
300	200	150	300	100,000	
42	23		42	5,000	PE4
46	25		46	10,000	
60	30		60	50,000	
70	33		70	100,000	

(*) על פי צפיפות התנועה המוגדרת לאותו נתיב תחבורה

טבלה 8. מרחקי הפרדה לזיקוקין בקטגוריות נמוכות בקנדה

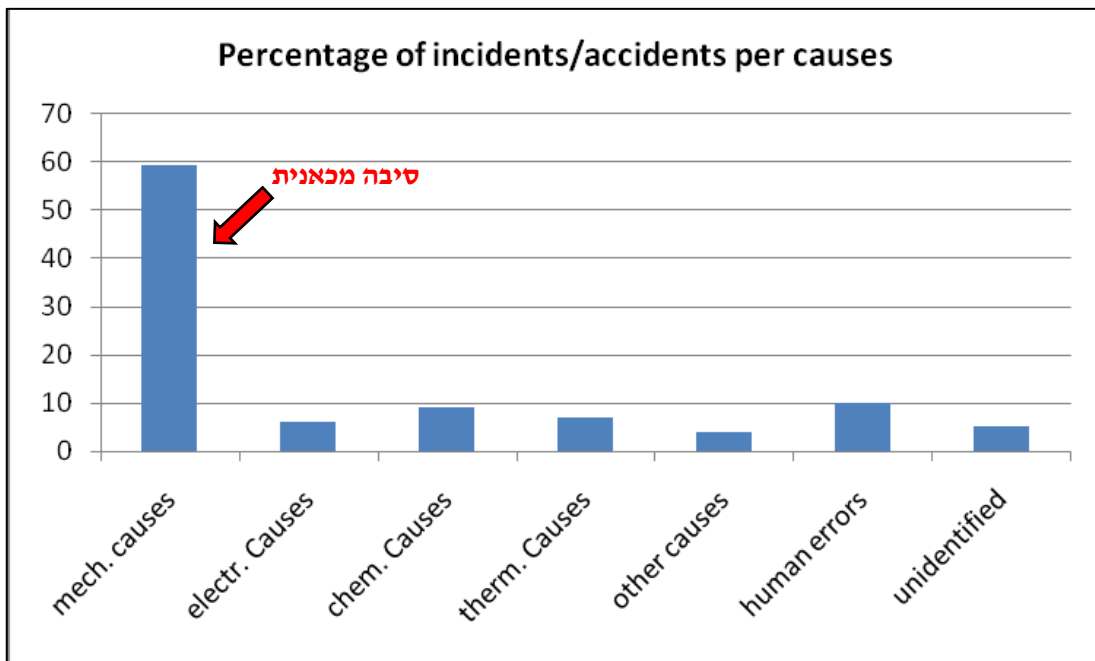
4. סיווג הזיקוקין ופוטנציאל הסיכון

סיווג הזיקוקין הנעשה לרוב על פי הוראות האו"ם/ADR²⁰ (מקורות 5, 6 ו-7) קובע את פוטנציאל הסיכון של הזיקוקין לסביבה (בריטניה וקנדה מסווגות מעט אחרת את פוטנציאל הסיכון אך בצורה מאוד דומה לסיווג האו"ם). ברם, יש לזכור כי הסיווג הניתן לרוב ע"י היצרן אינו ערובה כי הוא הסיווג הנכון ולעיתים אף לא קיימת כלל מערכת לסיווג (בין אם בניסוי או בקביעה על פי טבלת ברירת מחדל של האו"ם) מאותה מדינה בה נרכשים הזיקוקין.

4.1 חומ"ס בזיקוקין והגורם להפעלה

פוטנציאל הסיכון אף קשור לגורמים כמו אופי התרכובות הפירוטכניות (רגישותן) בסוגי הזיקוקין השונים כמו כן בתנאי האחסנה שלהם. מסמך חברת Ineris (המעבדה הלאומית צרפת לבדיקת חומ"ס למעט חומרים רדיואקטיביים) שהופץ ב-2014 פירט ניתוח סיכונים שבוצע עבור זיקוקין המיובאים במכולות סטנדרטיות מארצות המזרח (מקור 15).

המסמך ניתח את תאונות העבר במכולות זיקוקין למול סוגי התרכובות וסיבת הפגיעה.

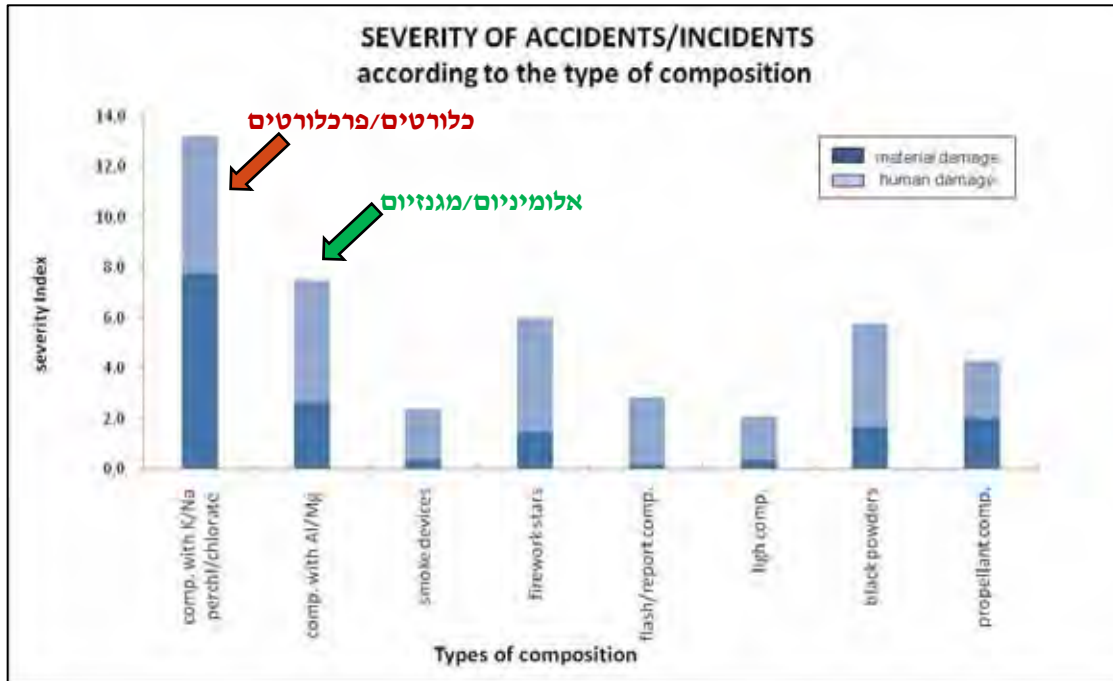


איור 1. תאונות זיקוקין מול גורמים (מקור 15)

ניתן לראות מתוך איור 1 כי פגיעה מכנית (בכלל זה מכה, חיכוך, נפילה, ריסוק וכד') מהווה את הסיבה העיקרית לתאונות הזיקוקין (כדוגמת אסון כרמל באוסטרליה ואסון קולדינג בדנמרק).

האמנה האירופית להובלת חומרים מסוכנים²⁰
European Agreement concerning the
International Carriage of Dangerous
Goods by Road

בניתוח נוסף המוצג באיור 2 שערך החברה הוכח כי זיקוקין בהם תרכובות המבוססות אלמנטים מתכתיים (מגנזיום, טיטניום, אלומיניום באבקות דקיקות) הינם המסוכנים ביותר.



איור 2. חומרת תאונות זיקוקין למול תרכובות (מקור 15)

עקב המגוון הרב של סוגי הזיקוקין ואריוזותיהם קיימת טבלת "ברירת מחדל" לסיווג הזיקוקין המומלצת על פי הוראות האו"ם וה-ADR (מקור 7). הסיווג לזיקוקין בטבלה זו נותן הגדרה לפוטנציאל הסיכון (במונחי קבוצות הסיכון) הגבוה ביותר האפשרי. ככלל סיווג הזיקוקין המשויכים למספרי האו"ם²¹ ניתן לביצוע ע"י מבחני הסיווג של האו"ם (סדרה 6) וניתן לבקש מהיצרן לבצע זאת במקרה של אי הסכמה (מקור 15).

עם זאת מציין מסמך Ineris כי קיימות בעיות גם במצב הקיים. עקב אפשרויות ההובלה הימית הנמוכות יחסית למוצרים נפיצים מ-CLASS 1 וחוסר תקנות המבהירות את נושא הסיווג לזיקוקין (קיים מגוון "אינסופי" לסוגי הזיקוקין הקיימים בשוק החופשי ושיטות הסיווג המבוצעות לנפיצים לא ניתנות לאכיפה), יבואנים רבים נטו להמעיט בעבר ברמת הסיכון למוצרי הזיקוקין השונים **וסוגי זיקוקין המשויכים לקבוצות 1.1/1.2/1.3 סווגו בפועל לקבוצות הסיכון 1.3/1.4**.

הדבר הוביל למעשה לאחסנה של כמויות אדירות של פריטי זיקוקין בקבוצות סיכון "נמוכות" ברחבי אירופה, ללא התחשבות בפוטנציאל הסיכון האמיתי שקיים לזיקוקין אלו עד לתאונות בהן נהרגו ו/או נפצעו מספר רב של אנשים (כדוגמת אירועי אנסחדה בהולנד וקולדינג בדנמרק) אשר גרמו לשינוי גישה ברגולציה ונקיטת תגובה חריפה מצד הרשויות.

²¹ UN 0333/0334/0335/0336/0337

הרשויות דרשו סיווג זיקוקין על פי טבלת "ברירת מחדל", הנחיות בטיחות של הדירקטיבה האירופאית בדבר אחסנת זיקוקין, שיקול מחדש ושדרוג בדרישות האבטחה לפריטי הזיקוקין ברגע הגעתם בהובלה ימית לנמל האירופאי הראשון תוך סיווג מחדש לרמת הסיכון המתאימה (היישום יהא על ידי היבואן כאשר הנחת היסוד היא כי הסיווג שניתן בסיף לפריט זיקוקין הנו תקף עד לאחסנתו הראשונה באירופה) ובהתחייבות הקיימת בקוד IMDG²² (תיקון 08-34) של הצהרת השולח לתיאור מדויק ומלא של תכולת המטען לסיווג, אריזה, סימון וכו' על פי התקנות הלאומיות והבינלאומיות.

עם זאת הממצאים אשר הוצגו במסמך Ineris מראים כי בנמלים אשר נבחנו בביקורות של הרשויות למול ההתחייבות הני"ל (כדוגמת במכולות בנמל המבורג בגרמניה ונמל פליקסטו בבריטניה שנבדקו טרם פריקתן מהספינות) הזיקוקין סומנו ברמה הנמוכה ביותר (1.4G) או לא סווגו כלל, כאשר בפועל בוצע סיווג מחדש לקבוצות סיכון גבוהות יותר (מ-1.3/1.4 ל-1.1/1.2/1.3) לסוגי זיקוקין אשר נבחנו ע"י הרשויות האירופאיות (מקור 16).

כפי בתואר קודם במסמך, נושא צפיפות האחסון והכליאה הינם פרמטרים נוספים בקביעת פוטנציאל הסיכון. צפיפות התרכובת באריות הזיקוקין כמו גם רמת הכליאה של אריות הזיקוקין באחסנה מהווים גורמים בעלי משקל בעת תאונת זיקוקין. זיקוקין על פי סוג, כמות וכליאה יכולים בעת אירוע חריג לגרום ל:

- פיצוץ מאסיבי של כלל התכולה המאוחסנת
- אפקט תרמי מוגבר (בעירה חזקה) העלול לעבור לפיצוץ מאסיבי במקרה של צפיפות אחסנה גבוהה
- בעירה מתונה לסביבה הקרובה

4.2 קרינת חום ("כדור אש")

תוצאות של אפקט תרמי מוגבר העובר לפיצוץ כולל של תכולת האחסנה הוכחו בניסויים של פרויקט CHAF שמומן ע"י האיחוד האירופי (ראה פירוט במקור 17), כאשר בו נבחנו בצד ייזום בקנה מידה מלא של מכולות גם ניסויי כליאה לבחינת עליית הלחץ בעת בעירה חזקה של זיקוקין. יצוין כי בפרויקט זה נצפו תוצאות אשר העידו על אמיתות הסיווג של פריטים על פי הוראות האו"ם למעט חריגה בפריטי "מפלים" (Waterfalls).

פוטנציאל הסיכון של הזיקוקין אינו מסתיים רק בנושא ההדף או הרסיסים/רגמות המשוגרים בעת ייזום. גם בעת שריפה חזקה הניתנת לשחרור יש לבחון את רמות שטף החום המותרות לסביבה.

הזיקוקין, אשר סיווגם במגוון רב של פריטים הוא קבוצת הסיכון 1.3 (בעירה חזקה עם סיכון משני לרסס/רגמות) מהווים (גם ללא פיצוץ כולל) פוטנציאל סיכון של קרינת חום עקב תופעת "כדור האש" (Fireball).

בשנים האחרונות נבחן נושא זה על ידי מומחים לאמיתות מרחקי ההפרדה בקבוצה זו הנקבע כיום על בסיס קוטר כדור האש (המחושב למול משקל המילוי העיקרי המאוחסן) ונמצא כי אינו מהווה מרחק קביל במקרים של אירועים חריגים (מקורות 18 ו-19). שינויים אלו החלו לבוא לידי ביטוי גם במדריכים בינלאומיים אשר החלו להדגיש את רמת "מנת החום" המותרת לאדם בעת אירוע שריפה של קבוצת סיכון זו.

²² International Maritime Dangerous Goods (ההנחיות הבינלאומיות להובלה ימית של חומ"ס)

במקרה של חישוב הרמה הקבילה, שינוי הגישה הנו לנושא חישוב ההספק התרמי והזמן בו חשופים הרצפטורים, כפי שנעשה באירוע BLEVE²³. מנת החום (Thermal dose) המותרת למבנים מאוכלסים על פי מדריכי הבטיחות האירופיים/האוו"ם הינה $62.8kJ/m^2$ (מקור 20) ונוכל לראות כי הינה מתאימה לרמת השטף התרמי המוגדרת ל- $5kW/m^2$ אשר מוגדרת כמספקת עבור "אנשים הרואים אש והיכולים להחליט על כיוון המנוסה על מנת להגדיל את הטווח בינם לבין האש ובכך להפחית את הפגיעה בהם או שהם יכולים למצוא מבנה להסתתר בו. אנשים הנמצאים כבר בתוך מבנה הינם מוגנים כבר ברמה זו מהקרנה התרמית (רמת קרינה זו אינה גבוהה דיו כדי להצית מבנה)". (מקור 18).

גם בהוראות הבינלאומיות שהוזכרו לעיל מוגדר כי רק אנשים המצויים במבנים לא ייפגעו למעט אלו הנמצאים למול חלונות הפונים לשריפה העלולים להיפגע באזורי גוף חשופים (אדמומיות) כמו אלו הנמצאים בשטח הפתוח לאש (מקור 20).

לשם הגבלת האפקטים התרמיים מזיקוקין אשר מאוחסנים במכולות בעת הובלה ימית, ניתן להיעזר בהמלצות אשר הוגדרו ע"י מסמך Ineris מתוך בחינת ממצאי הניסויים בפרויקט CHAF. בין השאר - טעינת מכולה עד מחצית מתפוסתה המלאה כדי למנוע פיצוץ מאסיבי כשל קבוצת סיכון 1.1 ואפקטים של עליית לחץ.

יצוין כי קיימות אף המלצות נוספות לנושא אריזות מועדפות לזיקוקין, כמויות מותרות לספינת מטען, הגנות כנגד שריפה ומיקום המכולות בספינה.

טבלה 8 מציגה את הקומבינציות השונות על פי קבוצות הסיכון למכולות סטנדרטיות (20 רגל) לזיקוקין (עבור מכולות של 40 רגל יש להכפיל פי 2).

משקל מילוי עיקרי מרבי	קבוצת אחסנה	שילוב
110 ק"ג למניעת תופעת על לחץ כאשר המכולה מוקפת במכולות ריקות	1.1G	סוג 1
1,890 ק"ג או יותר במידה והכמות של 1.1G נמוכה מ-110 ק"ג	1.4G ו/או 1.4S	
עד 2,000 ק"ג	1.3G או 1.2G	סוג 2
כל מה שנשאר (מקבוצות 1.3G או 1.2G) עד 2,000 ק"ג	1.4G ו/או 1.4S	

טבלה 9. שילובים מומלצים להקטנת אפקטים תרמיים במכולות זיקוקין

²³ Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

5. קביעת מרחקי הפרדה לזיקוקין

כפי שהוצג בעמודים הקודמים, קיים שוני בקביעת מרחקי הפרדה במדינות השונות. הסיבות לכך נעות בין שינויי רגולציה/גישות לנושא פוטנציאל הסיכון עקב תאונות ו/או מחקרים עד לקביעת מרחקי הפרדה הנחשבים "מעשיים" יותר.

דוח ה-OECD (מקור 4) מציין כי הבסיס לקביעת תכנון אתר האחסנה וקביעת מרחקי הפרדה לסביבה בעת אחסנת זיקוקין בנוי של שלושה פרמטרים עיקריים: **סיווג הזיקוקין כנפיצים (קבוצת הסיכון), משקל המילוי העיקרי (NEQ) וסיווג הרצפטורים** החשופים בסביבת אתר האחסנה. הסעיף הקודם במסמך זה דן בנושא **חשיבות הסיווג (קבוצת הסיכון) לשם קביעת פוטנציאל הסיכון**.

משקל המילוי העיקרי (במידה ולא הוגדר בצורה מסודרת ע"י היצרן) נלקח לרוב כ-20% מסך המשקל המלא (Gross product). ישנן ארצות כדוגמת שבדיה ודנמרק המגדירות נוסחאות לחישוב ספציפי עבור קבוצות הסיכון 1.3 ו-1.4.

סיווג הרצפטורים המצויים בסביבת מבנה אחסנה/פעילות זיקוקין מהווה גם הוא פרמטר לרמת החשיפה המותרת אם כי הגדרת האזורים לרמות החשיפה השונות יכולה להשתנות בין מדינות.

עם זאת, פרמטרים אלו אינם תמיד "מוחלטים" ויש לבחון ולנתח סיכונים בטרם קביעת מרחקי הפרדה לסביבה.

אנו נתייחס במסמך זה לאופן חישוב מרחקי הפרדה על בסיס סוגי הזיקוקין (קבוצות הסיכון) בהינתן כמות המאוחסנת במכולה (בהגעה לארץ, טרם ההעברה לבונקר מאושר, באחסנה זמנית/לא זמנית בטרם הפעלה, בעת בחינה וכד').

5.1 דוגמא לחישוב מרחקי הפרדה לזיקוקין על פי מדינות

באם ניקח את סוגי המכולות שנבחנו בפרויקט CHAF, נוכל לבחון מצבים הרלוונטיים לאחסנה בארץ של סוגי זיקוקין בקבוצות סיכון שונות. מסמך ה-OECD (מקור 4) מציג טבלה השוואתית למול סיווג הזיקוקין המקובל אשר ממנה ניתן ללמוד על קבוצות הסיכון השונות (בהנחה שסווגו כראוי) של הזיקוקין למול מדינות כל מדינה.

לשם המחשה, ניתן לבחון מהם מרחקי הפרדה הדרושים למכולה סטנדרטית כדוגמת המכולות הנבחנו בארץ ע"י המעבדה הלאומית לזיקוקין אשר ניתן לאחסן בן עד כ-22 טון זיקוקין (משקל מלא).

בטבלאות הבאות ניתן לראות את מרחקי הפרדה הנדרשים על פי הגישה הנהוגה במדינות השונות, כאשר נלקחו לדוגמא שלוש תכולות טיפוסיות של פריטים שסווגו על פי מבחני ה-UN למול הרגולציה הקיימת בכל מדינה.

פריטי הזיקוקין אשר נבחרו הינם בדומה לאלו ואשר נמצאו בזירת התאונות ובאתרי האחסנה של היבואנים בארץ.

הדגשים לגישה לקביעת מרחקי הפרדה בין אחסנת זיקוקין למבנים מאוכלסים בשתי הטבלאות לכל מדינה הינם (כפי שהוזכרו גם במסמך):

- **צרפת** - הגישה לקביעת מרחקי הפרדה מבוססת על צפיפות האחסון.
- **הולנד** - כל סוגי הזיקוקין לשימוש "מקצועי" (מפעיל זיקוקין) הם בעלי סיכון פיצוץ ומובלים לאחסנה עד 6,000 ק"ג משקל מלא של הזיקוקין עם מרחק הפרדה מינימאלי של 800 מ' למבנים מאוכלסים.
- **ארה"ב** - כל סוגי הזיקוקין לתצוגה מוגדרים כבעלי סיכון לפיצוץ כאשר מרחקי הפרדה מוגדרים עבור אחסנה עם/בלי סוללה (מרחק נמוך/גבוה בהתאמה).
- **קנדה** - כל סוגי הזיקוקין לתצוגה מוגדרים כבעלי סיכון לפיצוץ אלא במידה ומחסן הזיקוקין מכיל פחות מ-50,000 ק"ג של זיקוקין (100,000 ק"ג משקל מלא), בעל נפח פנוי מעל 40% ומוגדר כמחסן "לא כלוא".
- **אנגליה** - הסיווג לקבוצת הסיכון לכל סוג הזיקוקין נקבע בתהליך הרישוי ונאסף ע"י הרגולטור.
- **גרמניה** - הסיווג להובלה (UN) הנו הסיווג לקבוצת הסיכון באחסנת זיקוקין.
- **שבדיה** - מרחקי הפרדה המבוססים על כמות הזיקוקין המאוחסנת מוגדרים ביחס לכמות האנשים במבנה המאוכלס בקביעות (מתחת/מעל ל-10 איש יקבע מרחק נמוך/גבוה בהתאמה).
- **דנמרק** - לא מוגדרת דרישה לסוללות מגן.

מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים (מ') על פי הנהוג בכל מדינה								NEQ (ק"ג)	סוג פריטים
קבוצת סיכון 1.3				קבוצת סיכון 1.1					
דנמרק	שבדיה	גרמניה	אנגליה	קנדה	ארה"ב	הולנד	צרפת		
115	116/136	115	136	320	270/539	800	395	5,789	פגזי מ"מ 150
112	116/136	111	136	311	267/533	800	383	5,288	פגזי מ"מ 75

טבלה 10. מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים מקבוצת סיכון 1.3 במדינות שונות

בטבלה 9 בעמוד הקודם ניתנו דוגמאות לזיקוקין אשר סווגו במקור להובלה לקבוצת הסיכון 1.3 אך סווגו אחרת במדינות בהן הרגולציה הינה שמרנית יותר ביחס לפוטנציאל הסיכון הקיים לפיצוץ מאסיבי של הזיקוקין.

בטבלה 10 מוצגים מרחקי הפרדה על פי אותו חתך מדינות לקבוצת הסיכון 1.1 המקובלת לרקטות הזיקוקין בכל המדינות.

מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים (מ') על פי הנהוג בכל מדינה								NEQ (ק"ג)	סוג פריטים
קבוצת סיכון 1.1									
דנמרק	שבדיה	גרמניה	אנגליה	קנדה	ארה"ב	הולנד	צרפת		
380	424/513	376	475	306	267/533	800	376	5,011	רקטות

טבלה 11. מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים מקבוצת סיכון 1.1 במדינות שונות

5.2 מרחקי הפרדה באירוע פורת

כפי שתואר במקורות, קיימת מורכבות רבה לקביעת פוטנציאל הסיכון/קבוצת הסיכון לסוגי הזיקוקין השונים ומכאן גם במתן מרחק הפרדה מתאים בעל דיוק גבוה לרמות החשיפה הנדרשות לרצפטורים בסביבה. על פי נתוני הממצאים בזירת תאונת הזיקוקין בפורת, כפי שנותחו בתחקיר הראשוני, פריטי הזיקוקין אשר כללו בין השאר פגזים, רקטות וכוורות מסוגים שונים גרמו לניפוץ ובעירה חזקה בזירה אשר גרמה לגל הדף וזריקת רסיסים ורגמות כשל קבוצת הסיכון 1.1.

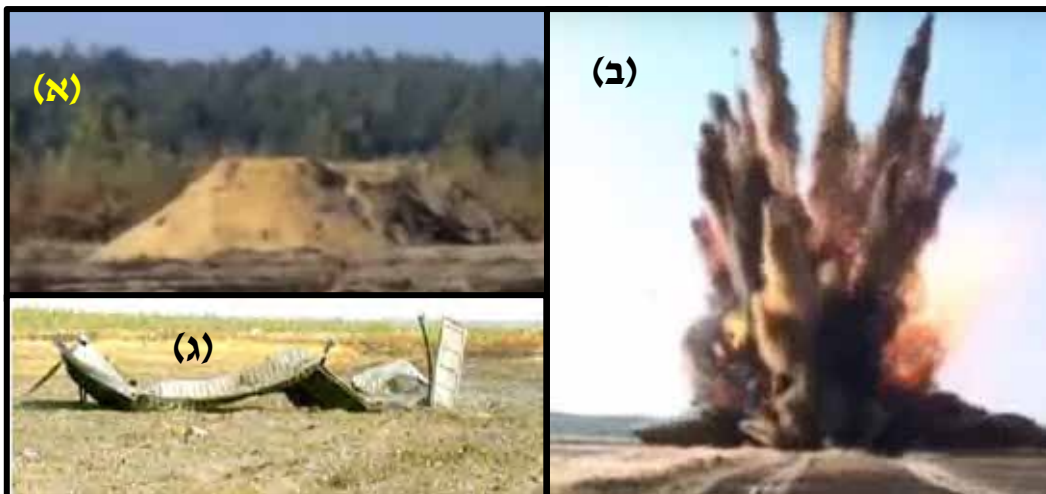
טווחי הביטחון למבנים מאוכלסים הניתנים על פי נוהל הבטיחות בעבודה (מקור 2) ממחסי זיקוקין בארץ למול מרחקי ההפרדה שהוצגו על פי חתך המדינות השונות בסעיף 5.1 הינם נמוכים משמעותית.

מבלי לדון כיצד בוצע הסיווג לפריטים אלו בפועל, נוכל לומר בוודאות כי באם היו נשמרים מרחקי ההפרדה על פי המינימום הנדרש לקבוצת הסיכון הגבוהה על פי כל מדינה (כ-270 מ' ומעלה) היו נמנעים רוב הנזקים שנמצאו בתחקיר הראשוני בפורת אשר גם מסקנתו לנושא מרחקי ההפרדה על פי הוראות האו"ם (IATG) היתה בשמירת טווח מינימלי של 270-400 מ' ממיקום הזיקוקין אשר הופעלו והתפוצצו ביישוב, ואף מרחקים אלו ראוי שייבחנו מחדש גם לאתרים בהם אושרו מחסנים.

5.3 סוג המחסן וסיווג הזיקוקין

יצוין כי נושא האחסון המועדף חייב גם להיבחן למול כליאה אפשרית במכולה סטנדרטית עמוסה בפריטים או מחסן מכוסה עפר, שאף הוא יכול בתנאי אי שטח אפקטיבי לשחרור לחץ/גזי שריפה לגרום לתופעת ה"כליאה" העלולה לגרום ניפוץ כולל.

בפרייקט CHAF, כדוגמה, נבחנה התנהגות של פגזי 150 מ"מ במכולה מכוסה בעפר לצורך מתן תנאי כליאה, כאשר התוצאה גרמה לפיצוץ מאסיבי של התכולה לעומת הניסוי במכולה רגילה ללא כיסוי בה התקבל "כדור-אש".



תמונה 1. ניסוי CHAF לפגזי 150 מ"מ (קבוצת סיכון 1.1) :

(א) מכולה מכוסה בעפר ל"כליאה", (ב) פיצוץ מאסיבי של הפגזים, (ג) שרידי המכולה

אחת מהמסקנות שנבעו מעבודה זו היא שהסיווג המתאים לרקטות ופגזי 150 מ"מ היא קבוצת הסיכון 1.1 (ולא קבוצת סיכון 1.3 כפי שסווגו במקור). יש לזכור כי שבחלק ממבחני ה-UN (סדרה 6) לסיווג קבוצת הסיכון בנפצים, אשר נערכים בקנה מידה מלא, נבחנים הפריטים/חומרים **במצב כליאה**.

במילים אחרות, בפריטים אשר לא נבחנו בתנאי כליאה "על פי הספר" קיימת אפשרות של סיווג שגוי לקבוצת הסיכון, דבר שיוביל לפוטנציאל סיכון שונה לחלוטין בעת מתן תנאים המביאים לייזום ופיצוץ מאסיבי של תכולת הזיקוקין.

כאשר מתבצע תהליך סיווג לקבוצת סיכון בו נבחנים בהחמרה כלל האפשרויות, סביר להניח כי חיזוי התוצאות/האפקטים של האירוע החריג לרצפטורים סביבה יהיו נכונים יותר במגוון רחב יותר של סוגי מבנים לאחסנה, כמו גם באירוע פורת אשר קרה במבנה אשר שימש לעבודה כ"מחסן קדמי" (הכנת ערכות זיקוקין לאתרי הפעלה).

מכולות סטנדרטיות מלאות על תכולתן גם הן יכולות לעבור פיצוץ מאסיבי כולל (גם ללא כיסוי עפר) בהינתן כליאה, או להיפך, שחרור של הלחץ המצטבר מונע פיצוץ. בניסויי CHAF ניתן היה לראות כיצד מכולה אשר דלתותיה נפתחו מעוצמת הלחץ גרמה "רק" לתופעת "כדור האש" ללא פיצוץ מאסיבי.



תמונה 2. ניסוי CHAF לפגזי 75 מ"מ (קבוצת סיכון 1.3) - "כדור אש" (מקור 17)

6. מודעות והשיבות באחסנת זיקוקין

חוסר ההתחשבות לפוטנציאל הסיכון הקיים באחסנת זיקוקין מסוגים שונים הנובע לעיתים מחוסר מודעות ו/או רצון מצד האוכלוסייה המעורבת והלא מעורבת בטיפול בזיקוקין מהווה לא אחת הגורם העיקרי לפגיעה בנפש ורכוש בעת אירוע חריג.

היצרן, היבואן, המפעיל, כוחות ההתערבות והרצפטורים בסביבה כולם מהווים אוכלוסיות אשר השרשת המודעות לפוטנציאל הסיכון החבוי בכל אריזת/מוצר זיקוקין באשר הוא מהווה תנאי לשמירה על רמות חשיפה קבילות (מרחקי הפרדה) לרצפטורים בסביבה בעת אירוע חריג.

תאונת הזיקוקין הקטלנית בחוות מארלי במזרח סאסקס באנגליה ב-2006 מהווה דוגמא טובה לנושא זה. מפעל לזיקוקין בשם "אלפא זיקוקים בע"מ" עסק בהכנת זיקוקין לתצוגה שהייתה מיועדת ל"פסטיבל זיקוקין" בעיר איסטבורן. בזמן הטיפול בצידוד ובפריטי הזיקוקין פרצה שריפה אשר החלה להתפשט ולהפעיל זיקוקין בכלל האתר.

כבאים שהוזעקו למקום ניסו לכבות את האש ובשלב מסוים מכולה שהכילה זיקוקין בכמות גדולה ואשר הוצבה ללא רישיון התפוצצה כאשר יוצרת כדור אש בקוטר כמה מטרים, גל הדף חזק, רסיסים ורגמות.



תמונה 3. זירת האירוע בחוות מארלי

שני אנשי כיבוי אשר סייעו במהלך פעולות ההצלה כאשר אחד מהם (מתנדב אשר תיעד את האירוע עד לרגע הפיצוץ) נהרגו במקום וכעוד 20 שוטרים וכבאים נפצעו.

התמונה הבאה מראה את אנשי הכיבוי אשר שהו בסמוך למכולה שהתפוצצה (מסומנת בחץ צהוב), כמה דקות טרם האירוע.



תמונה 4. כוחות הכיבוי בסמוך למכולת הזיקוקין (מקור 21)

הדוח המקצועי שהתבצע ע"י שירותי הכבאות וההצלה של מזרח סאסקס (מקור 21) במסגרת חקירת התאונה כלל פירוט מקיף של כלל האירוע ותיעוד הממצאים בזירה.

הדוח כלל 66 המלצות שניתנו בו כללו בין השאר שיתוף מידע בנושא הסיכונים הקיימים בזיקוקין ועל הסיכונים העומדים בפני כוחות הכיבוי הנזעקים לטיפול בתאונת זיקוקין, כמו גם הנחיות לנושא שימוש בקסדות, כפפות ושאר אמצעי הגנה (למול בחינת נזקי פגיעה בראיה ושמיעה) וכיבוי אש. כמו כן הובאו המלצות לנושא הליכי פינוי בשעת חירום של תאונות מסוג זה.

בעלי המפעל, אב ובנו, נמצאו אשמים ברשלנות ונידונו לשנות מאסר בגין הריגה.

יצוין כי בעל המפעל ידע (על פי הממצאים) על הסיכון בכליאה במכולה עמוסת זיקוקין והואשם על ידי השופט כי "רצית שהם (הכבאים) יילחמו באש בשבילך כאשר ידעת בפועל כי סיכון של פיצוץ מאסיבי משמעותו פינוי של כלל האנשים מאתר האירוע והעברתם למרחק רב ממנו".

מקרה זה הנו קלאסי לנושא חוסר המודעות בקרב הציבור וכוחות ההצלה. הציבור אינו מודע בצורה מספקת לאיום הקיים מאחסנת זיקוקין בסמוך אליו ואילו כוחות התערבות המוזעקים למקום האירוע אינם לוקחים בחשבון את האפשרות לייזום זיקוקין כשל חומר נפץ.

7. סיכום

מסמך זה עסק בבחינת השיטות הנהוגות בעת תכנון אתרי אחסנה לזיקוקין למול דרישות הבטיחות לרצפטורים בסביבתם. המסמך פירט את הגישות הנהוגות בארץ ובח"ל, תוך הדגשת מרחקי הפרדה הנדרשים בעת תכנון מיקום אתר הזיקוקין.

ניתן לראות כי המדיניות בקביעת מרחקי הפרדה הפכה להיות שמרנית יותר, תוך מתן דגש על אי הבהירות הקיים לנושא פוטנציאל הסיכון בפרטי זיקוקין אשר סיווגם מוטל בספק. קיימים כלים לסיווג על פי הוראות בינלאומיות בין עם בניסויי סיווג לקבוצות סיכון על פי מבחני ה-UN ובין אם מדובר בטבלת "ברירת מחדל" המהווה כלי עזר לבחינת הסיכון על פי נתוני פריט הזיקוקין.

עם זאת, ניתן לראות כי קיימות מדינות השוללות מראש סיווגים שנעשו ע"י יבואן חיצוני "רק על פי הגדרה" וכי תאונות עבר וניסויי לחקר אחסנת הזיקוקין הכתיבו מדיניות השונה בין מדינה למדינה הקובעת את ההגבלות האחסון על פי כמות, צפיפות וסיווג מחמיר.

ההמלצות העיקריות הן :

סיווג מתאים של קבוצות הסיכון - על פי דוגמאות האחסנה שהוצגו במסמך זה ואל מול הדרישות הבינלאומיות שפורטו, ניתן לומר כי השימוש בהגדרה מחמירה לסיווג הזיקוקין (אלא אם כן נתמכת בסיווג על פי ניסויי UN/טבלת האו"ם).

מרחקי הפרדה - קביעת **מרחקי הפרדה** (שימוש ב"מרחק - כמות") על פי הוראות IATG תוך מתן מרחקי מינימום לרסס/רגמות (HFD) תאפשר הגנה טובה יותר לרצפטורים בסביבה על פי סיווגם ומידת רגישותם.

העלאת המודעות והמקצועיות – למידת פוטנציאל הסיכון באחסנה וטיפול בפרטי זיקוקין כנפיצים לכל דבר וענף הינה הדבר החשוב ביותר. הזיקוקין חייבים להיות מזוהים כחומ"ס נפיץ אשר בהינתן התנאים המתאימים מהווה חומר נפץ אנרגטי רב עוצמה אשר תוצריו לסביבה מהווים סיכון גבוה.

בחינת ההוראות הקיימות – ההוראות הנוגעות לתכנון ומיקום אתרי אחסנה לשם "יישור קו" בין כל הרגולטורים ונותני האישור הנוגעים לפעילות בזיקוקין, בכל מקום בו קיימת אחסנת זיקוקין, בין אם הינה זמנית במכולה (בטרם שינוע, אתר הפעלה וכד') ובין אם מדובר באחסנה קבועה (מכולה/מחסן).

שליטה ובקרה לבטיחות הסביבה - יש לוודא קיום מרחקי הפרדה מינימליים לשמירה לרמות החשיפה לסביבה כמו לכל סוגי הנפיצים ע"י קיום ביקורות שוטפות ליישום הוראות הבטיחות כמו גם ביצוע אכיפה של נתוני כמויות וסוגים של הזיקוקין המיועדים לאחסנה/הפעלה בצד בחינת היבוא/שיווק/מכירה של הזיקוקין ע"י המשתמש (יבואן/מפעיל זיקוקין/צרכן).

חיידוד ההוראות המקצועיות – מתן הוראות לכוחות ההתערבות כפי שנעשה בעולם ולבחון קיום הדרכה מסודרת לאוכלוסיות הרלוונטיות.

8. הגדרות ומונחים

- **קוד סיווג לסיכון HCC (Hazard Classification Code)** - סימול אלפא נומרי לציון אופיו הייחודי של הפריט ומורכב מקבוצת הסיכון ומקבוצת התאימות הייחודית לו.
- **סוג הסיכון HT (Hazard Type) או קבוצת סיכון HD (Hazard Division)** - קבוצה המציינת את סוג הסיכון הצפוי בעת אירוע חריג של נפיצים. הקבוצה היא תת קבוצה של Class 1 (קבוצה 1 בחומרים מסוכנים עבור תחמושת וחומרי נפץ) המגדירה את אופיו והסיכון הדומיננטי של הנפיץ המשוך אליה.
- **קבוצת תאימות CG (Compatibility Group)** - קבוצה המציינת את תאימות הנפיצים אשר ניתן לאחסנם או להובילם ביחד מבלי להגדיל בצורה משמעותית את ההסתברות לתאונה, או, עבור כמות נתונה, את חומרת התוצאות של תאונה כזו. סוגי נפיצים מאותה קבוצת תאימות יהיו בעלי מאפיינים דומים ואפקט חזוי דומה בעת תאונה פוטנציאלית.
- **NEW (Net Explosive Weight)** - הוא משקל הנטו הכולל של חומר הנפץ שעשוי להיות מעורב בפיצוץ אקראי. באם לא הוכח ניסויית הנו מהווה את סה"כ משקל חומר המילוי האנרגטי ו/או הפירוטכני בפריט/במבנה/המחסן ומיועד לשימוש בחישוב מרחקי הפרדה על פי "כמות-מרחק".
שמות נוספים : **NEQ (Net Explosive Quantity)**, **NEC (Net Explosive Content)**, **NEM (Net Explosive Mass)**.
- **משקל מלא של פריטי זיקוקין (Gross product)** - המשקל המלא של הזיקוקין על אריזתם וזיוודם על משטחים.
- **מרחק כמותי Q-D (quantity distance)** - המרחק המינימלי המותר בין PES לבין ES המבוסס על עקרון "כמות-מרחק". מוגדר לרוב כ"מרחק הפרדה". קיימים מרחקי הפרדה פנימיים וחיצוניים אשר נקבעים על פי רגישות הרצפטור/ES.
- **מרחק הפרדה מינימאלי לרסס (HFD)** - מרחק הפרדה מרסיסים ורגמות בעת אירוע פיצוץ מאסיבי. דומיננטי יותר (בסיכון לרצפטורים סביבה) מההדף בכמויות קטנות.
- **פרויקט CHAF** - פרויקט שמומן בחסות האיחוד האירופי לניתוח התנאים הגורמים לפיצוץ מאסיבי באחסנת אריזות זיקוקין ושיפור שיטות החיזוי לסיכונים המתקבלים באחסון זיקוקין בכמויות גדולות.

9. רשימת מקורות

1. טיוטת נוהלי בטיחות בעבודה עם זיקוקין דינור, 2009
2. טיוטת נוהל בטיחות בעבודה עם זיקוקין דינור תשע"ו 2017, משרד העבודה, הרווחה והשירותים החברתיים, מנהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית עדכון 9.8.2017
3. <http://www.firework-review.org.uk/safe-fireworks-storage/>
4. OECD Safety practices related to the storage of fireworks in the context of land use planning, Issue paper September 9th 2009
5. United Nations Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). ST/SG/AC.10/30/Rev.5. Geneva. United Nations. 2013
6. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 01.50 - UN explosive hazard classification system and codes, Second edition 2015-02-01
7. European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, United Nations, New York and Geneva, 2016
8. HEALTH AND SAFETY - The Manufacture and Storage of Explosives Regulations 2005 (2005 No. 1082)
9. NFPA 1124 - Code for Manufacture, Transportation, Storage and Retail Sales of Fireworks and Pyrotechnical Articles. National Fire Protection Association, 2017
10. U.S. Department of Justice, Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives, Enforcement Programs and Services - ATF, Federal Explosives Law and Regulations, 2012
11. Canada Minister of Justice, SOR/2013-211 : Explosives Regulations, 2013 (Current to December 5, 2017)
12. Natural Resources Canada, G05-05 : Determination of Potential Effects for Explosives, 2015
13. National Standard of Canada, CAN/BNQ 2910-510/2015 : Explosives - Quantity Distances, 2015
14. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 02.20 - Quantity and separation distances, Second edition 2015-02-01
15. Risk analysis of fireworks transport in cargo container ships, Ruddy Branka, Guy Marlair, Brigitte Nedelec Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), 2014
16. ST/SG/AC.10/C.3/70 REPORT OF THE SUB-COMMITTEE OF EXPERTS ON THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS ON ITS THIRTY-FIFTH SESSION, 2009

17. Realistic Safe-Separation Distance Determination for Mass Fire Hazards, NAVAL AIR WARFARE CENTER WEAPONS DIVISION, 2013
18. Can We Better Address the Siting of Hazard Division 1.3 Systems, Department of Defense Explosives Safety Board Seminar (34th), 2010
19. HAZARDS ASSOCIATED WITH THE LARGE-SCALE STORAGE OF FIREWORKS - HUMAN FAILURE AND ITS CONSEQUENCES, SYMPOSIUM SERIES NO. 156, 2011
20. INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINE - IATG 05.20 - Types of buildings for explosives facilities, Second edition 2015-02-01
21. The Marlie Farm Explosion – Significant Findings of the Investigation into the Fire and Fatal Explosion, East Sussex Fire and Rescue Service, 2011



המשרד להגנת הסביבה
وزارة جودة البيئة
Ministry of the Environment

