

מאת : אהרון (אריק) גורן

חודש לאחר פיצוץ מחסן האמוניום ניטראט בנמל ביירות וב-11.9 אירעה תאונת נפיצים באתר אחסנה בירדן, מספר ק"מ מהעיר זרקא. תאונה זו, בשונה מקודמתה בביירות, לא קרתה בסמיכות לבתי מגורים ומבנים רגישים אלא באתר מרוחק יחסית אשר שימש על פי הפרסומים בתקשורת מקום אחסון לפריטי תחמושת פסולים.

גם אירוע נפיצים זה אינו שונה מאירועים דומים של תחמושת ישנה/פסולה הנאגרת תחת תנאי אחסנה לא ראויים. בפרסומים הראשונים דווח על מצבור מכולות אשר קצר חשמלי גרם להתלקחות ולייזום התחמושת. ככל שהזמן עבר פורסמו עוד נתונים אשר העידו על הימצאות תחמושת פסולה ו"לא יציבה" במכולות תחת תנאי אקלים קיצוניים ואשר גרמו לתגובות כימיות שהביאו לפיצוצים. על פי המידע שפורסם, גלי החום הקיצוניים ששטפו את המדינה גרמו ל"הרחבה תרמית" (!?) של פצצות מרגמה שאוחסנו במכולות וגרמו להפעלה הלא רצונית של כלל התחמושת באתר האחסנה.



אתר המכולות ²



אתר המכולות לאחר הפיצוץ ¹

כאן המקום להדגיש כי טמפרטורה גבוהה, רמת לחות גבוהה וקרירת שמש ישירה הינם גורמים משמעותיים בקביעת אורך חיי המדף וכשירותם של הנפיצים, אשר מתוכננים לשימוש בתנאי אקלים מוגדרים. לאורך זמן נפיצים אלו הופכים בתנאי אקלים קיצוניים ללא כשירים ולעיתים אף ללא בטוחים עד כדי יזימה עצמית. דוגמא טובה לכך נוכל לראות במקרה של פיצוץ 98 מכולות בבסיס חיל הים בקפריסין בשנת 2011, כאשר לא נמצאו אמצעים להגנה מפני תנאי סביבה לתחמושת. במקרה זה הסיכונים הקיימים באחסון היו ידועים, היתה דרישה לביצוע מעקב שלא בוצעה בפועל. שבוע לפני האירוע היתה עדות לפיצוץ נקודתי מלווה בשריפה באחת מהמכולות והפעולה שננקטה היתה קירור של המכולות באמצעות מים. מספר ימים לאחר מכן, בשעות הבוקר מוקדמות של ה-1 ליולי החלה שריפה אשר גרמה לפיצוץ קטלני והרס רב.

¹ Bloomberg QuickTake News

² Google Maps

פריטי תחמושת החשופים לקרינת שמש ישירה יכולים להתחמם בטמפרטורה זו עד כדי 50°C יותר מטמפרטורת הסביבה. באם נבחן את היסטוריית הטמפרטורות באזור בשבוע האירוע נראה כי הטמפרטורות הגיעו עד כדי 41°C . אם הפריטים היו מאוחסנים תחת כיפת השמיים הטמפרטורה שלהם היתה עלולה להגיע ל- 91°C . כאשר מאחסנים במכולות, המצב אף גרוע יותר. באחסנה במכולות סטנדרטיות, בין אם באחסנה זמנית או קבועה, יש לקיים שגרה של אוורור המכולה, הרחקת התחמושת מקירות וגג המכולה, הצללת המכולה וקיום בידוד.

עובדה מעניינת נוספת היא ההצמדה של המכולות אשר תורמת לייזום סימפטי ³ של נפצים הסמוכים זה לזה. התפשטות הפיצוץ והמשך האירוע תלויים באופי קבוצות הסיכון והרגישות של הפריטים המאוחסנים לייזום סימפטי ובמקרים מסוימים כתוצאה מ"התבשלות" ממושכת של המכולות אשר מביאה לייזום פנימי כדוגמת אסונות הזיקוקין באנסחדה (הולנד, 2000), קולדינג (דנמרק, 2004), חוות מארלי (אנגליה, 2006) ופיצוץ בבסיס (קפריסין, 2011).



אתר המכולות בבסיס חיל הים הקפריסאי ⁵



אתר המכולות בירדן לאחר הפיצוץ ⁴



תמונות אחרונות לפני פיצוץ המכולה בחוות מארלי ⁶

³ ייזום של מטען חומר נפץ ע"י מטען הצמוד אליו (כמו גם ראקציה סימפטית בין פריטי תחמושת)

⁴ Bloomberg QuickTake News

⁵ MSIAC POSTER - Cyprus , 11 July 2011 - The preventive measures that should have occurred per NATO standards

⁶ Correct as of 2.12.2020 Please visit the ESFRS website to check for the latest information www.esfrs.org

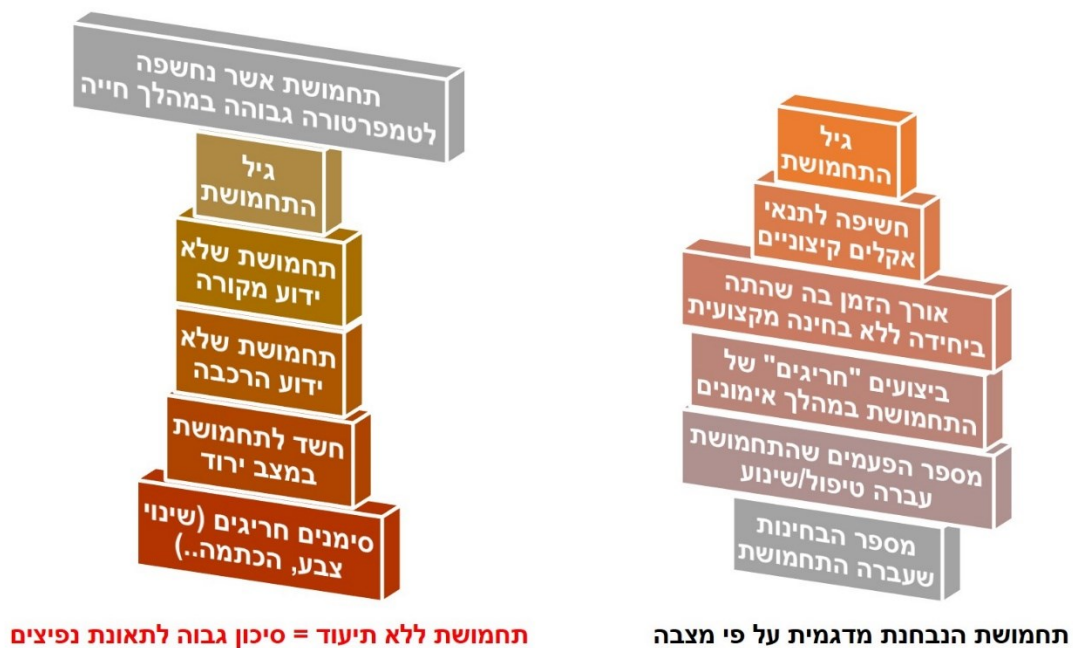
החשיבות במתן תנאי אחסנה ראויים תוך ידיעה כי פוטנציאל הסיכון לסביבה אינה שונה בין נפצים תקינים וכאלו המוגדרים לא כשירים/פסולת נפצים. יתרה מזו, ההסתברות לאירוע עולה ככל שפריטי התחמושת מוגדרים כ"לא כשירים"/"לא יציבים"/"רגישים" לתנאי אקלים קיצוניים.

השפעת תנאי אקלים קיצוניים על נפצים תלויה בתצורת האחסנה. במקרה של אחסנה במכולות ISO סטנדרטיות, התחמושת אומנם נמצאת במבנה המגן מפני קרינת שמש ישירה, אך זה מהווה לעיתים מתקן "המבשל" את פריטי התחמושת עד כדי התכת החומרים האנרגטיים בהם (כדוגמת מילוי TNT או עשן מתפוצץ).

למשל במקרה של מרבית סוגי ההודפים, חיי המדף יתקצרו בחצי עם כל עליה של 10°C מעל 30°C בטמפרטורת סביבה רצויה. לדוגמא על פי התיאוריה האמריקאית (המוזכרת גם במדריכי הבטיחות של NATO והוראות IATG), חיי המדף של 15 שנה עבור הודפים, עלולים לרדת לחי מדף של פחות משנה בטמפרטורה של 70°C . במצב זה ההודפים נמצאים במצב מסוכן ומיועדים מיידית להשמדה (דעיכה של המייצב בהודף המביאה להצתה ספונטנית). במקרה של 90°C , אגב, חיי המדף היו יורדים עד לפחות משלושה חודשים.

ברור אם כן, כי במקרה של אחסנה במכולות בקיץ באקלים ים תיכוני המלווה בגלי חום קיצוניים, מן הראוי לבצע מעקב אחר התחמושת ולערוך בחינות להוכחת כשירותה.

התרשים הבא מציג את המנגנון לקביעת תכנית מעקב ובחינה לתחמושת על פי הוראות IATG 07.20, תוך השוואה בין תחמושת הנבחנת בצורה סדורה לבין תחמושת ללא תיעוד אשר יציבותה מוטלת בספק.



באם נבחן את הנושא לפי הוראות IATG נראה כי תכנית המעקב הנדרשת תלויה במספר קריטריונים שהראשונים בהם הם גיל התחמושת ומידת חשיפתה לתנאי אקלים קשים.

הדבר מצריך תשומת לב מיוחדת ודחיפות לביצוע בעיקר כאשר התחמושת בעלת סיכון גבוה לתאונות נפוצים (צד שמאל של התרשים). בתחמושת זו יש לשקול פעולות של בחינות יציבות והשמדה מיידית, וכל עוד חסר מידע היא תהיה מופרדת במידת האפשר מנפוצים אחרים.

פריטי תחמושת מיוצרים תחת הנחות של תנאי סביבה מסוימים. שינויי האקלים הקיצוניים עקב התחממות כדור הארץ, מהווים עליית מדרגה במיוחד כאשר מדובר באחסנה בתנאי שדה. אחסנה במכולות המשמשות לשינוע הנפוצים חייבת להישקל, ובמידה והדבר מחויב המציאות, יש להתנות אחסנה זו בפעילות בקרה שוטפת, תוך ביצוע פעולות מנע כדוגמת ריווח של פריטי התחמושת לקירות /גג המכולה ופתיחת דלתות המכולה להזרמת אויר קריר יותר לתחמושת.

נושא השפעת תנאי אקלים קיצוניים על יציבות החימוש נבחן בתאונות גם שמדובר בתאונה שנראית תחילה כתוצאה מטעות אנוש. למשל, בתאונה ב-2016 במאלי (מערב אפריקה), בעת תרגיל ירי של פצצת מרגמה (פצמ"ר) 60 מ"מ אירע פיצוץ בקנה המרגמה אשר גבה את חייהם של שני אנשי כיתת המרגמות ופציעתו הקשה של שלישי. בעקבות התאונה נערכה חקירה מעמיקה לנסיבות האירוע ע"י מועצת הבטיחות ההולנדית, כאשר בין השאר בוצע ניתוח לנושא מידת ההשפעה של טמפרטורת האחסון והלחות על שלושת סדרות הפצמ"רים שהיו בתקופת האירוע במאלי. על פי אותה חקירה, הפצמ"ר שהיה בתאונה הקטלנית היה חלק מרכש מהיר של FMS⁷ שבוצע לכוחות ההולנדיים ב-2006 (עוד באפגניסטן), כאשר אלו הניחו כי צבא ארה"ב המשתמש בתחמושת זו ערך בדיקות כשירות ובטיחות לפצמ"רים ולא בצעו בדיקות לאיכותה של התחמושת הנרכשת. למרות שבחווה הרכישה צוין במיוחד כי תחמושת זו לא היתה בשימוש צבא ארה"ב וכי ממשלת ארה"ב אינה יכולה להבטיח את איכות ובטיחות התחמושת ולא יכולה היתה לספק מפרטים טכניים שנדרשו ע"י ההולנדים - עסקת הרכש נחתמה ע"י ההולנדים "על עיוור".



אילוסטרציה של אנשי הצוות (ימין) בעת התאונה ומכולות האחסנה של הפצמ"רים (שמאל)⁸

⁷ Foreign Military Sales, נוהל מכירות לצבאות זרים כאשר בתהליך זה הרכש ובחירת התחמושת נעשה על ידי הצבא האמריקאי

⁸ Dutch Safety Board, סרטון הדרכה 2017

גם בחינות פנימיות כגון סיווג נכון של פריטי התחמושת וסימנים/פגמים שהתגלו בסמוך לשימוש ובביצוע הירי בתחמושת זו לא שינו דבר כמו גם ההנחה המוטעית של משרד ההגנה ההולנדי לחיי המדף ארוכים יותר ולטמפרטורת האחסון גבוהה יותר של אותה תחמושת מאשר אלו שנקבעו ע"י היצרן.

התחמושת עצמה אוחסנה במכולות מתכת (ראה תמונה שמאלית בעמוד הקודם) אשר לא עמדו בדרישות האחסנה/הובלה של משרד ההגנה - וכתוצאה מהיעדר הגנה בפני השמש ובקרת אקלים - סף טמפרטורה המקסימאלי המותר על פי הוראות היצרן נחצה פעמים רבות (על פי הממצאים, טמפרטורות האחסנה במכולות עלו מעל 60°C).

מעבר לפגם המכני שהתגלה באותה סדרת מרגמות נקבע בתוצאות החקירה כי תנאי אחסנה לקויים, המלווים בטמפרטורות גבוהות וחדירת לחות, היו בעלי השפעה שלילית על המרעום (קורוזיה, יציבות חומרים אנרגטיים וכד'). בזמן התאונה, טמפרטורת מרעומי המרגמות בשטח הגיעה עד כדי 60°C (מעל טמפרטורה של 50°C , שהיתה הטמפרטורה המותרת ע"י הספק).

על פי ממצאי החקירה, מועצת הבטיחות ההולנדית הסיקה כי הצטברות המחדלים לנושא איכות ובטיחות התחמושת בכל שלושת השלבים העוקבים של הרכש, האחסון והשימוש בפצמ"רים יצרו יחדיו את הקונטקסט בו יכלה התאונה להתרחש. בעקבות זאת, שנה לאחר התאונה הקטלנית, התפטרה שרת ההגנה ההולנדית מתפקידה.

השימוש הנרחב במכולות סטנדרטיות, כמתקן אחסנה המבוסס על מוצר קיים, אכן הנו בעל יתרון בעת פריסה בשטח ו/או מחסור באזור אחסנה זמין. עם זאת, יש לזכור כי הדבר גורר חסרונות שאותם נדרש לקחת בחשבון. בהיעדר אלטרנטיבה מתאימה, ניתן לטייב את תנאי האחסנה ע"י בקרת הטמפרטורה והלחות בצורה מאולצת כמו גם בידוד המכולה, צביעתה, ביצוע שינויים (פתחים), מתן הגנה מחשיפה לקרינת שמש ישירה וכד'. מעבר לעובדה כי הגנה בפני תנאי אקלים קיצוניים יכולה להאריך משמעותית את חיי המדף של פריטי התחמושת, יש לזכור כי יש לבצע "סדרי עדיפויות" לנושא החימוש ומידת רגישותו.



מכולה מקורה עם הפרדת מתרסי מגן (ימין) ⁹ מכולה "משודרגת" מול רגילה (שמאל) ¹⁰

⁹ Utilizing the IATG in conflict-affected and low-capacity environments, UNIDIR 2019
¹⁰ Cyprus, 11 July 2011 - The preventive measures that should have occurred - MSIAC POSTER per NATO standards

ניתן לראות כי התמונה מימין אף מדגישה את הצורך בקיום ההפרדה בעת אירוע חריג. מחקרים בנושא מידת ההתפשטות של פיצוצים סימפטיים נעשו עוד משנות ה-90 המאוחרות. מחקרים אלו נעשו לבחינת מרחקי הפרדה ריאליסטיים למכולות סטנדרטיות ובחינת שיטות לצמצום מרחקי הפרדה לאתרי מכולות זמניים.

מכולות, הגם שנחשבות מבנה קל, מאפשרות בתנאים מסוימים הפחתה של מרחקי הפרדה פנימיים בקבוצות הסיכון הגבוהות כאשר תוספת מתרסים ביניהן מהווה הגנה משמעותית נוספת (לדוגמא, סוללת עפר בעלת עובי של ½ מטר ומעלה, נמצאה אפקטיבית כנגד נזקי רסס בקבוצת הסיכון הגבוהה ביותר). במקרה של תאונת הנפצים בירדן, ניתן לראות את מראה "התנפחות" המכולות הצמודות באתר. התנפחות מכולה, מהווה עדות לשריפה ו/או פיצוץ פנימיים של התכולה כמו במקרה של אסון המכולות בקפריסין (יולי 2011) בה נראתה בבירור מכולה שכזו שבוע לפני. קצין חיל הים הקפריסאי שניצל בנס ביום האירוע, קיריאקוס פואניס, תיאר בחקירה כי חש שמשוהו אינו כשורה באותו השבוע כאשר אחת מ-98 המכולות "התנפחה" והוא נדרש ע"י מפקדו להכין חדר מיוחד לצוות בדיקה אשר כללו בין השאר אנשי צבא וכיבוי לבחינת המכולה¹¹.



מכולות "מנופחות" בסמוך למוקד האירוע (ימין) ¹² המכולה "הבולטת" בקפריסין (שמאל) ¹³

בניסויים שונים שנעשו במכולות כדוגמת שריפה של הודפים במכולת 40 רגל לבחינת מרחקי הפרדה עבור מבנים מאוכלסים (ימין) ¹⁴ וניסוי שריפה חיצונית למכולת זיקוקין לבחינת השפעות צפיפות הנפצים במכולה על תוצאות האירוע¹⁵

¹¹ Mary inquiry: The seven minutes that saved my life 17/9/2011

¹² Bloomberg QuickTake News

¹³ MSIAC POSTER - Cyprus , 11 July 2011 - The preventive measures that should have occurred per NATO standards

¹⁴ Realistic Assessment of Hazard Division 1.3 Events

¹⁵ Large-scale Bonfire test of fireworks in 20 foot container, ISF 2019 Mexico

על פי הפרסומים שכללו תמונות מרגעי התאונה וצילומי פריטי התחמושת שנמצאו באתר התאונה בירדן נראה כי חימוש התפזר והועף כאשר אירעה שרשרת התפוצצויות.



"כדור האש" (שמאל) ואחד מהפיצוצים (ימין) שנראו מכיוון זרקא בו ניתן לראות העפה של רסס בוער¹⁶

על פי האפקטים שנצפו, שלמות המכולות הסמוכות למוקד האירוע, פיזור הנפצים בסביבה ואופי הפיצוצים נראה על פניו כי לא בוצע ייזום מלא של כלל הנפצים והתקיימו רמות תגובה שונות, מדפלגרציה¹⁷ ועד ניפוץ חלקי, התלויות באופי הפריטים שאוחסנו ומידת הכליאה של המכולות.



פריטי תחמושת באתר: פצמ"ר מפורק בצד פצמ"ר שעבר כנראה ניפוץ חלקי (ימין) פגז שרוף במרחק כמה עשרות מטרים ממוקד האירוע (שמאל)¹⁸

פיזור הפריטים השרופים/הלא שרופים בטווחים שונים מעידים גם הם על רמות תגובה אלו, למרות חוסר הרב במידע לנושא רמות הנזקים לסביבה (מבנים סמוכים, מכתשים בקרקע, אחוז הפריטים שיוזמו וכד'). רמות התגובה ניתנות לבחינה על פי קריטריונים של אפקטים נצפים או נמדדים בעת ניסויים לפריטי תחמושת ומוגדרות לשש רמות שונות מניפוץ ועד חוסר תגובה (Type I עד Type 6), אשר ניתן לזהותן בעת בחינת ממצאים פורנזיים באתרי תאונות נפיצים.

¹⁶ PHOTOS: ZAIDBENJAMIN5/TWITTER, 11/9/2020

¹⁷ דפלגרציה – פיצוץ בו הראקציה הכימית מתקדמת בתווך הנמוך ממחירות הקול בעיקר ע"י הולכה תרמית

¹⁸ Bloomberg QuickTake News

למרות שלא דווח על נפגעים ונזק בהיקפים נרחבים לרכוש עקב המיקום המרוחק יחסית למול הרצפטורים בסביבה - גם כאן - כמו בכל תאונות נפוצים ניתן ללמוד כי היה ניתן למנוע ע"י תכנית סדורה של אחזקה שוטפת, מעקב ובחינה לנפוצים המאוחסנים.

במקביל פעולות של הפרדת המכולות, קיום מתרסים ושמירה על מרחקי הפרדה פנימיים על פי קבוצות הסיכון ורגישות הפריטים להתפשטות האירוע היו תורמות רבות למזעור האירוע.

יש לציין את העובדה כי בכל מתקני הנפוצים שהוזכרו - אתר האחסנה של הצבא הירדני, בסיס חיל הים הקפריסאי ואתר האחסנה של הכוחות ההולנדים באפריקה – לא התבצע "פיקוח רגולטורי" מספק, אם בכלל, לנושא מצב החימוש אשר היה מפחית את פוטנציאל הסיכון הגלום בתחמושת ש"נשכחה".

לסיכום, אירוע הנפוצים בירדן מדגישה את הצורך במודעות לפוטנציאל הסיכון גם ובמיוחד לנפוצים אשר התיישנו ו/או מיועדים לסילוק. צבירה מוגברת של אלו ללא מעקב שוטף מהווה סיכון מיותר וראויה לתשומת לב מיוחדת בעיקר באזורים בעלי תנאי אקלים קשים המועדים לפורענות.

אהרון (אריק) גורן

המרכז הישראלי לבטיחות בנפוצים.

הערה : מאמר זה מכיל תמונות ממקורות שונים כאשר נעשה מאמץ רב באיתור בעל הזכות וקבלת אישור היוצרים. בחלק מהתמונות לא ידוע ולא אותר המקור/בעל הזכות עליהן. השימוש בכלל התמונות אינו למטרה מסחרית (סעיף 27א' לחוק זכויות יוצרים 2019, תיקון 5). במידה ויימצא בעל הזכות לתמונה מהמאמר או תתקבל פניה להסרת התמונה על ידי בעל הזכות בה, יופסק השימוש מיידית בתמונה על פי הודעת בעל הזכות.

המאמר פורסם לראשונה ב"ישראל דיפנס" בתאריך 14.12.20.