



סיפונה של נושאת המטוסים פורסטל לאחר התפוצצות תחמושת, 1967 | בין 1966 ל-1988 היו נושאות מטוסים אמריקניות מעורבות בארבע תאונות ימיות שבהן פרצה אש על הסיפונים, וכתוצאה מכך התרחש ייזום של תחמושת. לכן אין זה מפתיע שהיזומה לפיתוח תחמושות פחות רגישות החלה דווקא בצי האמריקני

לא רוצים חרב פיפיות

על אתגרי הפיתוח של תחמושת פחות רגישה

צבאות המערב - ובכללם צה"ל - משקיעים כיום מאמץ רב בפיתוח תחמושות שלא יתפוצצו מעצמן בתרחישים קיצוניים כמו שריפה ופגיעות קליעים. תחמושות כאלה יחסכו בעתיד חיי אדם וימנעו נזקים במיליארדים

מבוא

"תחמושת פחות רגישה" (IM - insensitive munitions) היא הגדרה כוללת למגוון סוגי תחמושות בעלי רגישות מופחתת לתרחישים קיצוניים. הכוונה היא לתחמושת שפותחה במטרה להפחית את הסיכונים של ייזום (פיצוץ) עצמי הנגרמים עקב תרחישים כמו שריפה, פגיעות קליעים, פגיעות רסיסים וכדומה. הנושא הוא קריטי במיוחד

בכלי שיט צבאיים עקב גודלם, צפיפות התחמושת שבהם וסמיכותם לאנשי הצוות.

במאמר הזה מוצג הרקע ההיסטורי שהביא את מקבלי ההחלטות בארה"ב להתניע פיתוח תחמושות מהסוג הזה, נסקרים אסונות שאירעו בצה"ל ובצבאות זרים שבהם היו מעורבים סוגי תחמושת שונים, נבחנת מתודולוגיית הפיתוח הנוכחית של תחמושת בצה"ל, ומועלות המלצות לשיפור. הטענה המרכזית שמוצגת במאמר הזה

היא כי אף שרמות הבטיחות הנדרשות בצה"ל מתחמושת עומדות בסטנדרטים המחמירים ביותר בעולם ואף מעבר לכך, הרי ניתן לשפר עוד יותר את רמת הבטיחות ולהפחית את ההסתברות לנזק חמור באמצעות שינוי הגישה לסוגיה של עמידות התחמושת במתארי קיצון. מטרת המאמר הן:

1. להסביר את הצורך בפיתוח תחמושות בלתי רגישות בצה"ל בכלל ובחיל הים בפרט.
2. להמליץ על שינוי תפיסת הפיתוח של תחמושת בצה"ל, כך שתכלול דרישות לפיתוח תחמושת בלתי רגישה.

תחמושת פחות רגישה - רקע היסטורי והסיבות לנחיצותה

המונח "תחמושת פחות רגישה" נשמע כמו דבר והיפוכו. הרי תחמושת מעצם ייעודה היא מוצר עתיר אנרגיה המיועד לגרום נזק מרבי לאויב.

כיצד ייתכן אפוא שרגישותה של התחמושת תוגדר נמוכה? מתודולוגיית הפיתוח של תחמושת בצה"ל מבוססת על פקודות צה"ל¹, שבהן נקבע כי השלב של יזום הפרויקט יכול, בין השאר, "פרופיל הפעלה מבצעי למצבי אימונים, בט"ש ומלחמה". פרופיל המשימה שעל פיו נעשה הפיתוח הוא מכלול התנאים הסביבתיים שאליהם נחשפת התחמושת במשך כל תקופת חייה - עד להשמדתה באמצעות גריטה (אם לא נעשה בה שימוש לפני כן). בדרך כלל הכוונה היא לדרישות אקלימיות וסביבתיות כמו חשיפה לטמפרטורות קיצוניות, ללחות, ללחץ אוויר נמוך מאוד, למצבי רעד, לתאוצה

ולנפילות. לדוגמה, פגז ארטילריה נדרש להפגין עמידות בתאוצה של כ-50 אלף G. זוהי התאוצה האופיינית לקלע בקנה התותח. לכן תפיסת הבטיחות בפיתוח תחמושת רגילה מתבססת על ניתוחי בטיחות, על תכן נכון (בהתאם לתקנים בין-לאומיים) ועל ניסויים להוכחת התכן והבטיחות. עם זאת, לעיתים קרובות הדרישות האלה לא כוללות אבטחת עמידות התחמושת בתרחישי קיצון האופייניים לתאונות או לפגיעות כתוצאה מפעולות האויב: חשיפה לאש ולחום עקב התפתחות שריפה, פגיעת קליעים, פגיעת רסיסים וכדומה.²

"תחמושת פחות רגישה" היא כינוי למגוון סוגי תחמושת הנדרשים לעמוד במכלול דרישות בטיחות מחמירות מעבר לדרישות הבטיחות הסטנדרטיות. מדובר בעיקר במניעת ריאקציה של פיצוץ (דטונציה) בעת חשיפת התחמושת לסכנות פוטנציאליות. השאיפה היא שהן במקרה של תאונה והן במצבים מבצעיים, שבהם עלול להיגרם יזום לא רצוי של התחמושת, האירוע יסתיים לכל היותר בריאקציה של שריפה בלבד (ללא דטונציה).

בין 1966 ל-1988 היו נושאות מטוסים אמריקניות מעורבות בארבע תאונות ימיות שבהן פרצה אש על הסיפונים, וכתוצאה מכך התרחש יזום של תחמושת. קרוב ל-1,000 קצינים וחיילים נפגעו בתאונות האלה: 220 נספו וכ-700 נפצעו בדרגות חומרה שונות. התאונות האלה גרמו גם לנזקים חומריים כבדים: בגלל השריפות הושבתו כליל או נפגעו קשות 96 מטוסים, ואילו את נושאות המטוסים עצמן צריך היה להחזיר לבסיסהן לשם תיקונים. המחיר הכולל של הנזקים החומריים כתוצאה מהאירועים האלה (כאמור בצי בלבד) הוערך ביותר מ-1.3 מיליארד דולר.³

לכן אין זה מפתיע שהיזומה לפיתוח תחמושות פחות רגישות החלה דווקא בצי האמריקני. סדרת האסונות דירבנה את קברניטי הצי ליזום תוכנית לפיתוח תחמושת פחות רגישה שתפחית את קטלניות התחמושת האורגנית בכלי השיט בעקבות חשיפתה לתנאי קיצון.

המגמה כיום במערב היא לעבור באופן הדרגתי לתחמושות פחות רגישות, שאינן נופלות באיכות ביצועיהן מהתחמושות הקיימות, אך נחשבות לעליית מדרגה מבחינת הבטיחות באחסון, בשינוע ובשימוש המבצעי בתנאי לחימה. היתרונות הם בראש ובראשונה לגורמי המשתמשים (הצבא) ובעקיפין גם ליצרני התחמושת ולאוכלוסייה האזרחית.

סקירת אירועי תחמושת בצי של ארה"ב

בתקופת מלחמת העולם השנייה ולאחר מכן בשנות ה-60 וה-70 של המאה ה-20 אירעו כמה אסונות על כלי שיט של מעצמות המערב. בשנות ה-80 וה-90 גם היו כמה אסונות תחמושת ביבשה. האסונות האלה הביאו את פיקוד הצי האמריקני להבנה כי נדרש שינוי משמעותי בדרישות הבטיחות מתחמושת ימית. להלן סקירה קצרה של התאונות הימיות הגדולות:

1. בעת מלחמת העולם השנייה נפגעו וטבעו ספינות עקב פגיעת חימוש "פשוט" שגרם לייזום התחמושת שבהן. דוגמה לכך היא סירת המערכה הבריטית הוד שב-24 במאי 1941 נכנסה לקרב עם אוניית המערכה הגרמנית ביסמרק. במהלך הקרב פגע קליע ח"ש (חודר שריון) בתחמושת האורגנית של ההוד וגרם להתפוצצותה. הספינה שקעה בתוך 90 שניות, ומתוך 1,800 המלחים שהיו על



סא"ל אורן לוטן
ראש ענף מערכות ירי ומיקוש. המאמר נכתב
במסגרת פורום אפק



המטוסים במשך שלושה ימים ברציפות. הנזק הסופי: 28 הרוגים, 341 פצועים, 16 מטוסים שהושמדו, 17 מטוסים שניזוקו קשה ונזק לגוף הספינה בגובה של 133 מיליון דולר.

6. ב-26 בדצמבר 1969 טבעה ספינת האספקה באדגר שנשאה 5,336 טון של תחמושת. תנאי ים קשים גרמו לניתוק חלק מהתחמושות שהיו מאוחסנות במכולות בספינה ולנפילתן על הסיפון. אחת הפצצות - מדגם MK-82 - התפוצצה וגרמה לשריפה ולייזום תחמושות רבות אחרות. כתוצאה מכך הספינה טבעה בים, ומתוך צוות של 40 מלחים ניצלו רק 14. אלפי טונות של תחמושת, שיועדו ללחימה בווייטנאם, שקעו במצולות ואבדו.

7. בשנות ה-70 אירעו כמה תאונות תחמושת ברכבות משא בארה"ב. המפורסמת שבהן אירעה ב-1973 ליד רוזווייל. שריפה שפרצה ברכבת שנשאה כמות גדולה של תחמושת גרמה לפיצוץ עשרות פצצות במשך 32 שעות ברציפות. לא היו נפגעים בנפש, אולם הנזק החומרי עקב אובדן התחמושת ועקב הנזק לרכבת ולסביבתה הסתכם ב-24 מיליון דולר.

8. ב-26 במאי 1981 אירע אסון כבד על סיפונה של נושאת המטוסים נימיץ בעת שעגנה בפלורידה. מטוס שנחת על הסיפון התנגש במסוק ובשלושה מטוסים נוספים. דלק סילוני נשפך מכלי הטיס על הסיפון, וחלק מהחימוש של כלי הטיס התפזר אף הוא על הסיפון. פרצה שריפה גדולה, והצוות של נושאת המטוסים עשה מאמצים עילאיים לכבות אותה. לאחר שכובתה האש, ניתנה הוראה לגשת אל החימוש ולטפל בו. כשהתקרבו אנשי הצוות לטילים שנפלו על הסיפון, התפוצץ לפתע אחד מהם, ורסיסי גרמו לייזום שני טילים נוספים ולהתחדשות האש. בתקרית נהרגו 14 אנשי צוות, ו-39 נפצעו. הנזקים שנגרמו לנושאת המטוסים ולכלי הטיס נאמדו בכ-58 מיליון דולר. האסון חידד את ההבנה שחימוש עלול "להתבשל" בתנאים של חום גבוה.

9. ב-11 ביולי 1991, כמה חודשים לאחר שהסתיימה מלחמת המפרץ, אירעה תאונת תחמושת חמורה במחנה דוחה של צבאות הקואליציה בכוייט. תקלה במחמם דלק של רכב נושא תחמושת ארטילרית בקוטר 155 מ"מ גרמה להצתתו. הצוות לא הצליח להשתלט על האש, ותחמושת מהרכב התפוצצה והתפזרה לכל עבר. הרסס הרב פגע בכלי רכב ובתחמושות נוספות, ונוצרה

סיפונה ניצלו רק שלושה.

2. במרס 1945 נפגעה נושאת המטוסים האמריקנית פרנקלין משתי פצצות חודרות שריון שהטיל עליה מפציץ יפני. אלה גרמו לשריפה ולפיצוץ משנה של התחמושת האורגנית. התוצאה: יותר מ-800 הרוגים וקרוב ל-500 פצועים. לנושאת המטוסים נגרם נזק רב שתיקונו נמשך שנתיים. היא חזרה לשירות רק ב-1947, זמן רב לאחר שהמלחמה הסתיימה.

3. באוקטובר 1966 אירעה תאונה חמורה על סיפונה של נושאת המטוסים אורסקני (Oriskany). רקטת תאורה פגומה אוחסנה בטעות בתוך מחסן תחמושת שהכיל תחמושת חיה. פעולת גוף התאורה של הרקטה במחסן התחמושת גרמה ל"התבשלות" התחמושת שבמדור ולפיצוץ, וכתוצאה מכך התחוללו פיצוץ משנה במחסני תחמושת נוספים. בכלי השיט פרצה שריפה, וזו גרמה לייזום של מכלי חמצן נוזלי שנמצאו בתוך ההאנגר שבספינה. התוצאה: 44 הרוגים, 156 פצועים, שלושה כלי טיס מושמדים, שלושה כלי טיס נוספים שנפגעו קשות וכן נזק פיזי חמור לספינה עצמה. אומדן הנזק באותו אירוע: כ-11 מיליון דולר.⁴ גבורתם של אנשי הצוות, שמתוך הלהבות חילצו פצצות גדולות והשליכו אותן לים, מנעה אסון גדול הרבה יותר.

4. תאונה נוספת אירעה על סיפונה של נושאת המטוסים פורסטל (ראו תמונות בעמודים 35-36) ב-29 ביולי 1967. רקטת שנפלטה באקראי ממטוס פנטום שהיה על הסיפון פגעה ישירות במיכל הדלק של מטוס סקיי הוק שכן. כתוצאה מכך פרצה שריפה והתפשטה במהירות לעבר שני מטוסים נוספים עמוסי דלק ותחמושת שהיו על הסיפון. התפוצצות התחמושת שעל שני המטוסים האלה קטלה את הכבאים שנאבקו בלהבות, וכך יכלה האש להתקדם באין מפריע אל הסיפונים התחתונים שבהם אוחסנו פצצות במשקל 750,500 ו-1,000 פאונד (1 פאונד = 453 גרם). האש "בישלה" את הפצצות וגרמה להתפוצצותן. במשך 10 שעות השתוללה האש בטרם כובתה, והנזק שגרמה (יחד עם התפוצצויות התחמושת) היה עצום: 134 הרוגים, 161 פצועים, עשרות מטוסים הרוסים או פגועים ונזקים לאונייה בהיקף של מאות מיליוני דולרים.

5. התאונה המפורסמת ביותר אירעה ב-15 בינואר 1969 על סיפונה של נושאת המטוסים אנטרפרייז בעת ששייטה באוקיינוס השקט, כ-70 מייל (112 ק"מ) מחופי וייטנאם. הדף שנפלט ממנוע עזר של מטוס ממריא פגע במטוס פנטום שחנה על הסיפון. המטוס הזה נשא כמה רקטות, ואלה התפוצצו עקב החום הרב שפלט מנוע העזר של המטוס הממריא. ייזום הרקטות גרר ייזום רקטות דומות שהיו מותקנות על מטוס נוסף. התוצאה הייתה פריצת מכלי הדלק הסילוני של המטוסים, פריצת סיפון הספינה וחדירת הדלק הבווער לסיפונים התחתונים שבהם אוחסנו פצצות ודלק סילוני. בסך הכול היו 18 פיצוצים בכל מחסני התחמושת בנושאת

"תחמושת פחות רגישה" היא כינוי למגוון סוגי תחמושת הנדרשים לעמוד במכלול דרישות בטיחות מחמירות מעבר לדרישות הבטיחות הסטנדרטיות



האסון על נושאת המטוסים נימץ, 1981

הוחלט לנטוש את האונייה. לאחר הנטישה התפוצצו מחסני התחמושת, והאונייה טבעה. מהפיצוצים הופעלה גם פצצת עומק, והיא גרמה לנפגעים נוספים מבין הניצולים במים. באירוע נהרגו 47 איש, ונפצעו 91. מעבר לאובדן החיים והציוד גרם האירוע הזה לפגיעה מוראלית קשה בחיל הים.

2. **אסון הנחתת אח"י בת"שבע**. ב-23 בינואר 1970, בשעת אחר צהריים, הפליגה הנחתת אח"י בת"שבע משארם א-שייח' לאילת, לאחר שהשתתפה בפשיטה על האי שדואן. הנחתת הייתה עמוסה חיילים ותחמושת. עם הגיעה לנמל הצבאי ב-24 בינואר, הוחל בפריקת משאיות התחמושת והציוד שחזרו מהמבצע. בשעה 16:10 התפוצצה לפתע על קו החוף אחת המשאיות שהייתה עמוסה ב-6 טונות תחמושת. התוצאה: 21 הרוגים, עשרות פצועים ונזק משמעותי לנחתת. ועדת חקירה שמונתה קבעה כי בתוך המשאית התפוצץ מוקש נגד אדם שהיה חמוש בניגוד לנהלים. ייזום המוקש גרם לייזום הדדי (סימפתטי) של שאר התחמושת שבמשאית.

3. **אסון הנגמ"ש בעזה**. ב-12 במאי 2004 יצא נגמ"ש של צוות המנהרות של פיקוד הדרום ובו קצין וארבעה חיילים למשימת פיצוץ של מנהרות בציר פילדלפי. בשלב מסוים נפגע הנגמ"ש מרקטת RPG שנורתה עליו מהמארב. הנגמ"ש היה עמוס חומר נפץ במשקל של טון, וזה התייזם כולו כתוצאה מהפגיעה. כל חמשת אנשי הצוות נהרגו, ונעשו מאמצים רבים כדי לגלות את שרידי גופות החללים כדי להביאם לקבורה.

4. **אסון נוף-ים**. ב-28 ביולי 1992 בשעה 08:15 התרחש פיצוץ אדיר באזור הבונקרים של מפעל התעשייה הצבאית באתר נוף-ים (מצפון להרצליה פיתוח). הפיצוץ כילה את תכולתם של 8 בונקרים ומכולות תחמושת: בסך הכול התפוצצו 240 טון תחמושת בייזום הדדי (סימפתטי) בין התחמושות. הנזק: 2 הרוגים, כמה פצועים ונזק בעשרות מיליוני שקלים למבנים בשכונת נוף-ים, ברשפון ובכפר-שמריהו. ועדת החקירה שמונתה לא הצליחה למצוא את הגורם להתפוצצות, אך המליצה על בדיקת בית בכל הנוגע למרחקי בטיחות בתוך המפעל ומוחצה לו מאתרים לאחסון תחמושת.

תגובת שרשרת של פיצוצים. עשן בגובה של מאות מטרים היתמר מעל לבסיס. האש בערה במשך שעות ארוכות. התוצאות: שלושה הרוגים, 52 פצועים קשה, 52 כלי רכב וטנקים שרופים (באירוע הזה איבד צבא ארה"ב יותר טנקי אברמס M1A1 מאשר בכל מלחמת המפרץ הראשונה) ואובדן טונות של תחמושת. הנזק הכולל נאמד בכ-40 מיליון דולר.

סקירת אסונות תחמושת בישראל⁵

1. **אסון המשחתת אילת**. בשעות אחרי הצהריים של 21 באוקטובר 1967 הפליגה אח"י אילת, שהייתה בשעתה אוניית הדגל של חיל הים, לסיוור שגרתי מול חופי פורט-סעיד. עליה היו 199 אנשי צוות וחניכי קורס גנ"ק (גילוי, ניווט וקשר). בשעה 17:30, כשהמשחתת הייתה במרחק של 13.5 מייל מהחוף, נורו לעברה שני טילי סטיקס מסטי"ל קומר שהיה בפתח הנמל. הטילים פגעו במרכז האונייה ושיתקו אותה לחלוטין. בבסיס התורן פרצה שריפה, והאונייה החלה לנטות על צידה. לאחר כשעה וחצי יצא קומר נוסף מפתח הנמל וירה שני טילים נוספים. האחד נפל למים, והאחר פגע בירכתיים וגרם להתלקחות מעל מחסני התחמושת של האונייה. ארגוי התחמושת שעל הסיפון החלו להתפוצץ וסיכנו את 36 הניצולים שבירכתיים. באותו השלב



פיצוץ רכבת המשא ברוזוויל, 28 באפריל 1973

5. **תקרית כיסופים.** ב־26 במרס 2010 נהרג בעזה רס"ן אליז' פרץ ז"ל, סמג"ד 12 בגולני מפגיעת קליע ברימון שנשא באפרוד האישי. פגיעת הקליע ברימון גרמה לייזום הרימון. מהפיצוץ נפצע לוחם נוסף. האסון התניע פעילות במז"י ובתע"ש לפיתוח מנגנון רימון העמיד בפני ירי.

מהי תחמושת פחות רגישה?

לקחי האסונות שאירעו על נושאות מטוסים והחשש המתמיד מפני דליפת חומרים רדיואקטיביים בעקבות פיצוץ תחמושת על כלי שיט שמונע באמצעות דלק גרעיני הניעו בסוף שנות ה-70 את הצי האמריקני ולאחר מכן - בשנים 1985-1987 - את משרד ההגנה האמריקני (DOD) להתניע מחקר שמטרתו היא לפתח תחמושות שעומדות בדרישות בטיחות מחמירות. הדרישות רוכזו ונוסחו בתקן הצבאי Mil-Std-2105, שחייב בתחילה את הצי בלבד, ובהמשך, לאחר עדכונים, את כל הכוחות המזוינים של ארה"ב (צבא היבשה, הצי וזרוע האוויר). התהליך הזה היה חדשני, שכן לפני ניסוח התקן הזה התמקדו דרישות הבטיחות מתחמושת בעיקר בתכן של אמצעי הייזום שלה (המרעומים) ובעמידותה בתנאי סביבה קשים: הרעדות, טמפרטורות קיצוניות, הפלות וכדומה. הפעם - לראשונה - נוסחו דרישות בטיחות מתחמושת הכוללות התייחסות לגורמי סיכון שמקורם בתרחישים קיצוניים: תאונות או פעולות של האויב. בהתאם לתקן החדש צריכה הייתה התחמושת להפגין עמידות במקרים הבאים:

1. פגיעת קליע (Bullet impact).
2. פגיעת רסיס (Fragment impact).
3. פגיעת מטען חלול (Jet shape charge).
4. שריפה מהירה (Fast cook-off).
5. שריפה איטית (Slow cook-off).
6. ייזום הדדי (Sympathetic detonation).
7. פגיעת פצלה (Spall impact) - פגיעה של חלק מדופן הטנק שמועף לתוך החלל של תא הצוות בעקבות התפוצצות מטען.

בדרישה לעמידות בתנאים של "בישול מהיר", לדוגמה, נקבע שהתחמושת נדרשת לעמוד בשריפה ישירה של דלק סילוני בטמפרטורה של כ־870 מעלות צלזיוס - עד למצב של ריאקציה או התפרקות ללא פיצוץ. דרישה כזאת מיועדת לתת מענה לתרחיש של שריפה כתוצאה מדליפת דלק סילוני בקרבת תחמושת. אי-פיצוץ התחמושת מאפשר לאנשי הצוות להיערך לבקרת נזקים, אך ייזום התחמושת גורם, כמובן, להחרפה משמעותית של האירוע ולהקטנת היכולת להתמודד איתו.

מטרת הדרישה לעמידות ב"בישול איטי" היא לוודא שהתחמושת שורדת עלייה ליניארית של הטמפרטורה בקצב של 3.3 מעלות צלזיוס בשעה לאחר שחוממה במשך 8 שעות לטמפרטורת הסביבה. דוגמה למצב כזה היא התחמושת של מחסן תחמושת עקב שריפה בסביבתו החיצונית הגורמת לחימומו ולחימום תכולותיו.

באופן דומה נוסחו וגובשו הדרישות האחרות בתקן כדי לתת מענה לסכנות ולמצבים אמיתיים ככל האפשר הן באחסנה ובשינוע של תחמושת והן בשימוש מבצעי בתחמושת. הצי הציב לעצמו יעד: להמיר את כל התחמושת הישנה שלו בתחמושת פחות רגישה עד 1995. בפועל, עמד הצי ביעד הזה באופן חלקי בלבד עקב קשיי תקציב ועקב קשיים טכנולוגיים: התעורר קושי לעמוד בחלק מדרישות התקן. עם זאת, המעבר לתחמושת פחות רגישה נעשה עד היום באופן הדרגתי.

ב־1992 הקימו חברות נאט"ו ועדה משותפת לפיתוח תחמושת פחות רגישה (NIMIC). מטרתה הייתה ליצור מוקד ידע שירכז את המחקר ואת הפיתוח בתחום הזה ויתווה את הדרך להמשך.

כיום הדרישה בצי האמריקני היא שתחמושות חדשות יפותחו בהתאם לדרישות התקן ובהתאם לקשת האיזמים הרלוונטית לחימוש. הסבת המלאי הקיים נעשית בהדרגה, בהתאם לסיכון הנשקף מהתחמושת ולתחמושת וכן על סמך הבשלות הטכנולוגית והכדאיות הכלכלית. יש לציין שעל אף ההתקדמות הטכנולוגית הרבה שהושגה בתחום הזה, עדיין קיימים פערים טכניים משמעותיים בכמה סוגיות. הבולט שבהם הוא פיתוח הודפים למנועים רקטיים העומדים בדרישות התקן. הסיבה לכך היא שהודפים הם חומרים מורכבים יותר מחנ"מים, טמפרטורת ההצתה שלהם נמוכה יותר, ולכן אם ייחשפו לאנרגיות ייזום גבוהות, הם עלולים להתפוצץ ולא לבעור. את הפתרון לבעיה הזאת מחפשים כיום בתעשייה בהודפים פולימריים משולבים בחנ"מים. סביר להניח שבשנים הקרובות יישאו המאמצים האלה פרי. כמו כן קיים עדיין פער טכנולוגי בתחום של ייצור חנ"מים שעמידים בפני פגיעות רסיסים ובמיוחד מפני פגיעות של מטענים חלולים. פתרונות זמניים וחסכוניים לבעיות האלה ממומשים כבר היום. מדובר, בין היתר, במאזנים משופרים לתחמושת ובאימוץ פתרונות מכניים בראשי הנפץ ובמנועים.

לאור העובדה שהושגה התקדמות ניכרת בטכנולוגיה שמאפשרת ליצור ראשי נפץ העומדים ברוב דרישות התקן, מופנה כעת המאמץ לכיוונים אחרים. מההנחיות הטכניות שפירסם באחרונה משרד ההגנה האמריקני⁶ עולה כי המאמץ מתמקד כעת בפיתוח מנועים רקטיים שיעמדו בדרישות התקן.

מעט (מאוד) פיזיקה

הייזום של חומרי נפץ תלוי בפרמטרים רבים כמו סוג החנ"ם, צפיפותו, דרגת הניקיון והגיאומטריה שלו, הכליאות (מעטפת התחמושת), סוג היוזם, צורת הייזום ועוד. המודל הבסיסי לייזום חומר נפץ הוא מודל תרמי המבוסס על מנגנון ייזום של נקודות חמות (מודל Hot spots). המודל הזה "מתרגם" דפורמציות מכניות קטנות (הנגרמות מאנרגיה המועברת לחנ"ם) לחום וכן לריכוזי מאמצים באזורים קטנים שבהם "נכלאו" בועות אוויר בתהליך יציקת החנ"ם. באזורים האלה נוצרות נקודות חמות. אם פיזור החום אינו יעיל דיו, יגרמו הנקודות החמות לחימום מקומי של החנ"ם, ותתחיל תגובה שעלולה להתפתח -

היעד של מדיניות הבטיחות בצה"ל היא "לגעת באפס תאונות ואירועי בטיחות". בחברה הישראלית של היום יש מעט מאוד סובלנות לנפגעים

במילים אחרות: ההנחיות הן בעיקר למפעיל הכוח ופחות מכוונות לבונה הכוח.

על פי מדיניות הבטיחות בצה"ל יש להשתמש בכלי לניהול סיכונים שיטתי בהתאם למתודה מובנית הכוללת כמה שלבים: זיהוי הסיכונים, הערכת הסיכונים, החלטה בנוגע לקבילותו של כל סיכון, יישום אמצעים להפחתת הסיכונים, בקרה ופיקוח על יישום ההחלטות, תחקיר, הפקת לקחים והטמעתם.⁸ לכאורה ניתן לזהות בתהליך הזה דרישות המופנות לבונה הכוח בתחום החימוש, ובכלל זה דרישות למקרה של תרחישים קיצוניים שעלולים להשפיע על בטיחות התחמושת (כמו חשיפתה לשריפות ולירי), אולם בפועל ההגדרה שניתנת ל"סיכון נסבל או קביל" היא עמומה: "סיכון שהוגדר לרמה שצה"ל מוכן לשאת בהתייחס למחויבותיו על פי החוק ובהתאם למדיניות ניהול הבטיחות שלו".⁹ ההגדרה הזאת מעלה כמובן את השאלה: מהו סיכון נסבל? האם פגיעת כדור תועה בחימוש אורגני הנישא בשינוע מנהלתי באופן שיביא לייזומו ולפגיעות בנפש היא "סיכון נסבל"? האם שריפה בתוך סטי"ל שתגרום לפגיעה בטורפדו שלא תוכנן להיות "פחות רגיש", ייזומו של הטורפדו והטבעת כלי השיט על צוותו הם "סיכון נסבל"? השאלות האלה נותרות ללא מענה משום שההגדרה החוקית של "סיכון נסבל" אינה ברורה. לכן היעד של "לגעת באפס תאונות" הוא ערטילאי. הוא אינו מוגדר כמותית, וניתן לפרשו לכאן ולכאן.

בהיבט הפיתוח, פריטי תחמושת תקינים בצה"ל מפותחים בהתאם לדרישות של תקנים צבאיים בינלאומיים (כמו MIL-STD-1316, MIL-STD-882, MIL-STD-331 וכדומה) המגדירים כי קריטריון תכן החימוש נדרש להבטיח כי ההסתברות לאירוע בעל אפקט נזק קטסטרופלי תהיה נמוכה מ- 10^{-6} (1 למיליון) לאורך כל חיי המוצר. אולם דרישת התקן הזאת אינה מדיניות שמחייבת את הצבא באופן גורף והיא מטילה את האחריות לניתוח הבטיחות הכולל על הגוף המתכנן. בהיעדר קריטריון כמותי צה"ל המגדיר מהו "סיכון נסבל", קצרה הדרך לפרשנות מקילה ולהשפעות חיצוניות על שיקוליו של בונה הכוח.

במאמרו "ממדיניות בטיחות לגופי הפעלת הכוח למדיניות בטיחות כוללת"¹⁰ דן הכותב במדיניות הבטיחות בצה"ל וכותב כי "קיים ספק אם ניתן להגיע ליעד הבטיחות המוצהר ולשמור על ההישג הזה לאורך זמן... ראוי כי תפיסה משלימה תכלול את כלל המרכיבים (אדם, מערכת, סביבה) ותופנה לכלל האחראים להם, קרי מפקדים בגופי הפעלה ומפקדים בגופי בניין הכוח". המאמץ לפתח תחמושת פחות רגישה עונה על הדרישה הזאת - לפחות בחלקה - שכן מדובר במוצר שנועד לתת תשובה הן לתרחישים קיצוניים והן לטעויות אנוש שהם גורמי סיכון שעלולים לפגוע בתחמושת. ליתר דיוק, תחמושת פחות רגישה עונה לדרישה שתוצאות הפגיעה בתחמושת לא "יחריפו את האירוע".

בהתקיים תנאים נוספים - לדטונציה (פיצוץ). לכן הפחתת רגישותה של התחמושת נעשית בכמה דרכים עיקריות:

1. הפחתת הכמות של בועות האוויר בחנ"ם (הדבר נעשה באמצעות דחיסה איטית ומבוקרת של החנ"ם בוואקום באופן שמאפשר יציאה של הבועות בתהליך הייצור).
 2. פיתוח חנ"מים הרגישים פחות לחום.
 3. מניעת התפתחות של ריכוזי מאמצים ושל כוחות גזירה בחנ"ם באמצעות מעבר משימוש בחנ"ם מוקשח ויצוק (כמו TNT) לחנ"ם המכיל מרכיב אלסטי (כמו משפחת החנ"מים מסוג PBX לסוגיו).
 4. תכנון מחודש של מעטפות התחמושת לעמידות בתנאי הסביבה המתפתחים (לדוגמה, יצירת נקודות חולשה במעטפת שיאפשרו "פריקת" לחץ).
 5. שיפור והקשחה של האריזות ושל המכלים לנשיאת התחמושת כך שיתנו בידוד והגנה טובים יותר.
 6. וכמובן, שילוב של כל הפתרונות הנ"ל.
- בסופו של דבר המטרה היא לפתח חנ"מים חדשים שיעמדו בדרישות החדשות, אך יחד עם זאת לא יפלו מהחנ"מים הקיימים בכל הנוגע לתכונות הניפוץ הבסיסיות.

המצב בצה"ל בכלל ובחיל הים בפרט

חומרי הנפץ וההודפים מפותחים בארץ בעיקר בתעשייה הצבאית וברפאל. בשתי החברות האלה הושגה בשנים האחרונות התקדמות ניכרת בפיתוח חנ"מים פחות רגישים (ממשפחת ה-CLX בתע"ש וממשפחת ה-PX ברפאל). מרבית החנ"מים האלה הפכו לחנ"מים צה"ליים תקינים ונמצאים כיום בשימוש במגוון תחמושות. עם זאת יש לציין כי שימוש בחנ"ם פחות רגיש בחימוש הוא תנאי שאי-אפשר בלעדיו, אך לא מספיק, משום שהדרישה היא שהחימוש בכללו יעמוד במבחן. ייתכן מצב שבו פריט חימוש מסוים ייכשל בבדיקות גם אם הוכן מחנ"ם פחות רגיש, למשל אם לא תוכנן נכון ו/או יוצר בצורה שגויה.

היעד של מדיניות הבטיחות בצה"ל היא "לגעת באפס תאונות ואירועי בטיחות".⁷ בחברה הישראלית של היום יש מעט מאוד סובלנות לנפגעים בצבא בעת לחימה (בבט"ש ובמלחמה) ואפס סובלנות לנפגעים באימונים ובפעולות שגרה. כתוצאה מכך נוצר מתח - שרק הולך וגדל - בין תחום העיסוק הצבאי, שמטבעו טומן בחובו גורמי סיכון מובנים ומורכבים (כמו העיסוק בחימוש והצורך להתאמן כדי לשמר כשירות מבצעית), לבין חוסר הסובלנות כלפי תאונות ופגיעה בחיי אדם. מהסיבה הזאת כוללת מדיניות הבטיחות של צה"ל סדרה של הנחיות שונות, כמו יישום תוכניות שנתיות לניהול הבטיחות, תוכניות הדרכה, ניהול סיכונים, דיווח, משמעת תחקיר וכו'. אולם הפעולות האלה נגזרות ברובן מיישום לקחים שהופקו ממקרים שקרו.

המגמה כיום במערב היא לעבור באופן הדרגתי לתחמושת פחות רגישות, שאינן נופלות באיכות ביצועיהן אן נחשבות לעליית מדורגה מבחינת הבטיחות באחסון, בשינוע ובשימוש המבצעי בתנאי לחימה

לקח שהופק מהקרב בעזה שבו נהרג רס"ן אליזר פרץ ז"ל, סמג"ד 12 בחטיבת גולני, במרס 2010. כפי שכבר צוין, רס"ן פרץ נהרג מפיצוץ רימון שנשא בתוך אפודו ושנפגע מקליע שירה מחבל.

שימוש בתחמושת פחות רגישה הוא גורם בטיחותי מהמעלה הראשונה במיוחד בזרוע הים. כלי שיט צבאי הוא פלטפורמה יקרה, אין בו כמעט מקום לטעויות, אין בו מקום להתחבא מפני השלכות של תרחישים קיצוניים, ובחלק מהמקרים גם נטישת הכלי אינה אפשרית. כלי שיט צבאיים מאופיינים בכמות גדולה של תחמושת המאוחסנת בצפיפות רבה, בצמידות למדורי מגורים ולאמצעים דליקים רבים (כמו דלק מטוסים, שמנים וכדומה). שריפה מקומית בכלי שיט עלולה להתפשט במהירות לאזורי האחסון של התחמושת, כדור שנפלט על הסיפון או נורה לעבר כלי השיט עלול לפגוע בתחמושת. בשני המקרים האלה עלולה התחמושת להתפוצץ ולגרום למספר רב של נפגעים ולנזקים אדירים. כמובן, בפעילות מבצעית, בתרחיש שבו נפגע כלי השיט מטיל או מטורפדו, עלול הנזק להיות מוחמר בכמה סדרי גודל, אם התחמושת האורגנית של כלי השיט נפגעת משריפה או מרסיסים של החימוש שירה האויב.

לכן חשוב מאוד שהתחמושת על כלי השיט תהיה עמידה בתרחישים קיצוניים כמו שריפות, חום מוגבר, פגיעות כדורים ורסיסים. מעבר להיבט הבטיחותי, עמידות התחמושת בתנאים האלה מגבירה את כושר ההישרדות ואת רציפות הלחימה של כלי השיט. בנושאות המטוסים של הצי האמריקני הדרישה הזאת חשובה במיוחד עקב הכמות הגדולה של מטוסים חמושים בתחמושת ומתודלקים בדלק סילוני שחונים על הסיפון בצפיפות גדולה מאוד.

גם חיל הים הישראלי משקיע משאבים רבים כדי שחימושים חדשים יעמדו בדרישות הבחינה המחמירות של תחמושת פחות רגישה, וכיום קיימים כמה פרויקטי פיתוח שהדרישות המחמירות האלה הן תנאי סף לצורך אישורם בחיל. בהקשר הזה יש להזכיר את פגיעת טיל החזבאללה מדגם C-802 באוניית הדגל של חיל הים מדגם "סער 5", אח"י חנית, במלחמת לבנון השנייה. השריפה שפרצה בספינה, המצוידת במיטב המערכות לכיבוי אש, התפשטה למרבה המזל לאזורים שלא אוחסנה בהם תחמושת. התפשטות השריפה לאזורים המכילים תחמושת הייתה גורמת נזקים קשים הרבה יותר בנפש ובחומר.

השלכות של יישום התקן לייצור תחמושת פחות רגישה

יישום הדרישות לעמידות התחמושת בתרחישים קיצוניים טומן בחובו יתרונות אדירים הן לתעשייה והן לכל זרועות צה"ל. אנסה למנות את המרכזיים שבהם.

התוצאה המיידית של היעדר הגדרה ברורה של מהו "סף הסיכון הנסבל" בתחום של פיתוח התחמושת היא שאין כיום בצה"ל הגדרה של מדיניות ברורה לבונה הכוח בנושא של עמידות תחמושת בתרחישים קיצוניים.

מפרכי הייצור והבחינה של תחמושת כוללים דרישות שונות לבחינת הבטיחות והאמינות של החנ"מים (כמו דרישות לבדיקת הרגישות של החנ"ם, דרישות להבטחת האיכות ועוד) אולם אינם מחייבים עמידות בתרחישים קיצוניים כמו שריפה, חום, פגיעות קליעים ורסיסים וכדומה, והדבר נתון בעיקר לשיקול דעתו של גוף המטה, שלעיתים מקדיש תשומת לב רבה להיבטים האלה ולעיתים מקדיש להם פחות תשומת לב.

מכאן שהעלאת דרישות לתחמושת פחות רגישה היא בעיקר לקח שהופק ממקרים שקרו. דוגמה לכך היא פיתוח שהושלם באחרונה



בחיל החימוש בשיתוף תע"ש המשפר את עמידות המצת (מנגנון ההפעלה) של רימון הרס הצה"לי בפני פגיעת כדור. המנגנון החדש מפריד בין החומר הרגיש הנמצא במנגנון ההפעלה, שתפקידו ליזום את שרשרת הניפוץ לאחר שחרור הנצרה, לבין חומר הנפץ האדיש, שהוא המטען העיקרי ברימון. הפתרון הזה צפוי להיות מיושם בקרוב בכל הרימונים שבמלאי של מז"י. יש לציין כי גם המנגנון הנוכחי שקיים ברימוני הרסס מבודד בין חומר הנפץ לבין המצת, אולם פגיעה של קליע או אפילו של רסיס במצת הקיים עלולה לגרום לפיצוץ ולפגיעה בלוחם הנושא את הרימון ואף בשאר הלוחמים הסובבים אותו. באמצעות מנגנון ההפרדה מובטח שמנגנון הרימון לא יופעל בעת פגיעת קליע או רסיס. הפיתוח הזה, אף שהוא פשוט יחסית, ועלותו הכספית שולית בהשוואה לעלות המנגנון הקודם, יושם רק בעקבות

הרעיון שעומד בבסיס הפיתוח של כל תחמושת הוא שהרסניותה ועוצמתה יופנו נגד האויב בלבד. הדרך ליישום הדרישה הזאת הוא פיתוח תחמושת פחות רגישה



אח"י חנית לאחר הפגיעה בה במלחמת לבנון השנייה | בעקבות פגיעת טיל החזבאללה מדגם C-802 באוניית הדגל של חיל הים מדגם "סער 5", אח"י חנית, המצוידת במיטב המערכות לכיבוי אש, פרצה בה אש. זו התפשטה למרבה המזל לאזורים שלא אוחסנה בהם תחמושת. התפשטות השריפה לאזורים המכילים תחמושת הייתה גורמת נזקים קשים הרבה יותר בנפש ובחומר

מסלולי הנסיעה והפחתת כמויות התחמושת המאושרות לשינוע בכל משאית. שיפור עמידותה של התחמושת בתרחישים קיצוניים יאפשר לתת הקלות בדרישות הבטיחות, ולכן יאפשר לייעל את לוגיסטיקת השינוע של התחמושת. במילים אחרות: הרבה יותר יקר לשנע תחמושת רגישה מאשר תחמושת פחות רגישה.

3. **הרחבת היצוא.** פיתוח וייצור של תחמושת פחות רגישה יקל על התעשייה המקומית לשווק את תוצרתה לחו"ל, ובמיוחד לצבאות נאט"ו. הגדלת היצוא תפחית את עלויות התחמושת לצה"ל.

4. **הפחתת שיעור האבדות בנפש ובציוד עקב טעויות אנוש.** בבסיס צבאי, שבו פעולות השגרה נעשות בסביבה עתירת סיכונים, עלולה כל טעות אנוש לגרום לאסון. לדוגמה, פליטת כדור מנשק אישי בעת העמסת טורפדו או טיל על כלי שיט של חיל הים בבסיס חיפה, עלולה לגרום לייזומו על הרציף. הבטחת עמידותו של הטורפדו במקרה של פגיעה כזאת תמנע את האסון הבא.

החיסרון, לכאורה, של תחמושת פחות רגישה טמון בעלויות הפיתוח שלה בהשוואה לעלויות הפיתוח של תחמושת סטנדרטית. בהקשר הזה יש לציין שהעלות השולית של הפחתת הרגישות של תחמושת נמוכה בהשוואה לעלות הכוללת של פיתוח תחמושת חדישה. הסיבה לכך היא שהתחמושת המיוצרת כיום היא עתירת טכנולוגיה מתוככמת ויקרה מאוד. עלות הפיתוח של תחמושת פחות רגישה זניחה בהשוואה לעלות הפיתוח של ראשי ביות מתקדמים. בכל מקרה, ההשקעה בהווה

ההשלכות בלחימה

1. **שיפור השרידות של מערכות לחימה ושל פלטפורמות באמצעות** הקטנת הנזק השיורי הנגרם מפגיעות האויב. לדוגמה, פגיעת אש נ"מ בטיל שנושא מסוק עלולה לגרום לייזום הטיל - מה שיביא לאובדן המסוק. אם ראש הנפץ של הטיל יעמוד בסטנדרטים של תחמושת פחות רגישה, יפחת משמעותית הסיכון לייזום עצמי ולאובדן המסוק.
2. **הקטנת שיעור האבדות והגדלת הסיכוי להשלים את המשימה.**
3. **הפחתה בשיעורי אובדן התחמושת** עקב פגיעות של האויב במערכי לוגיסטיקה ובשטחי היערכות וכינוס. הנושא רלוונטי במיוחד למציאות הנוכחית שבה יש איום משמעותי של רקטות ושל טילים על העורף הצבאי ועל שטחי הכינוס וההיערכות של כוחות היבשה.

ההשלכות בעיתות רגיעה

1. **צמצום נפחי האחסנה ושטחי האחסנה הנדרשים לחימוש.** כשהתחמושת פחות רגישה, אין חשש לייזום הדדי בין מערומי תחמושת - מה שמאפשר להגדיל את כמויות התחמושת בבונקרים וכן להפחית את מרחקי הפרדה בין בונקרים בבסיסי האחסנה.
2. **שינוע יעיל יותר של התחמושת.** החשש מתקלת בטיחות בתחמושת בעת שינועה בקרבה לריכוזי אוכלוסייה מחייב כיום עמידה בדרישות נוקשות. הדרישות האלה כוללות הארכה של

האתגר של צה"ל הוא לקבוע מדיניות בנוגע לתחמושת פחות רגישה. ברור כי בצידה השקעת משאבים רבים, אולם זו תשתלם בעתיד בהפחתת מספר התאונות, בהפחתת מספר הנפגעים בתאונות, בהפחתת הנזק החומרי ובשיפור השרידות של הפלטפורמות

רגישה. התחמושות האלה זקוקות להסבה או ליישום פתרונות אחרים כמו מיגון מארז התחמושת באמצעות חומרים מיוחדים. עלות הפתרונות האלה היא כבדה, ולכן כדי לטפל בסוגיה יש צורך בעבודת מטה שבמסגרתה ימופו כל המערכים בהתאם לקריטריונים הבאים: רמת האיום, אורך החיים של החימוש, רמת הסיכון למשתמש ולפלטפורמה והמשמעות התקציבית הכרוכה בביצוע ההתאמה (לדוגמה, ברור כי הסיכונים הנשקפים מתחמושת פירוטכנית, שאינה עוברת תהליך ניפוץ, נמוכים משמעותית מהסיכונים הנשקפים מתחמושת נפיצה). תוצרי העבודה יכללו מפת סיכונים של מערכי החימוש והמלצה על תוכנית עבודה בנושא.

סיכום

הרעיון שעומד בבסיס הפיתוח של כל תחמושת הוא שהרסניותה ועוצמתה יופנו נגד האויב בלבד. הדרך ליישום הדרישה הזאת היא פיתוח תחמושת פחות רגישה. תכנון תחמושת כזאת מחייב להביא בחשבון תרחישים קיצוניים הנגרמים כתוצאה מפעולת אויב ו/או מטעויות אנוש. התוצאה הסופית צריכה להיות תחמושת שיכולה להכיל את כל התרחישים הקיצוניים האלה בלי שייגרמו נזקים נוספים.

בין 1966 ל-1988 אירעו ארבע תאונות קשות בנושאות מטוסים אמריקניים. הנזק הישיר של התאונות האלה היה 220 הרוגים, 700 פצועים ונזק חומרי בסך 1.3 מיליארד דולר. נזקים חמורים נוספים - בנפש וברכוש - התרחשו בתאונות קשות אחרות, כולל בצה"ל. מבדיקה שנערכה בדיעבד בצי ארה"ב עולה כי אילו עמדה לרשותו תחמושת פחות רגישה בתקופה שבין 1966 ל-1988, שבה הוא סבל מכמה אסונות ימיים גדולים, הוא היה חוסך לעצמו 67% מהנפגעים ו-84% מהנזק החומרי.

היישום של דרישות התקן קריטי במיוחד בספינות, העמוסות תחמושת רבה ודלק בצפיפות רבה. לכן מאמץ רב מושקע דווקא בחיל הים כדי ליישם את מרבית דרישות התקן בחימושים החדשים בלי לפגוע בכשירות או במוכנות.

האתגר של צה"ל הוא לקבוע מדיניות ברורה בנושא, שברור כי בצידה השקעת משאבים רבים. אולם זו תשתלם בעתיד בהפחתת מספר התאונות, בהפחתת מספר הנפגעים בתאונות, בהפחתת הנזק החומרי, בשיפור השרידות של הפלטפורמות ובהגברת האמינות המבצעית שלהן.

ההערות למאמר הזה מתפרסמות בסוף הגיליון.

בפיתוח תחמושת פחות רגישה תשתלם ללא ספק בעתיד במניעת תאונות, בשרידות משופרת ובהפחתת האובדן של חיי אדם.

קול קורא למיסוד הדרישות לפיתוח תחמושת פחות רגישה בצה"ל

הנחת העבודה שצריכה, לדעתי, להוביל את מפתחי התחמושת בצה"ל היא שהתרחיש הגרוע ביותר יתממש בסופו של דבר. לכן התפיסה של פיתוח התחמושת צריכה להביא בחשבון את ההשפעה שעלולה להיות לתקלות מערכתיות ולטעויות אנוש על הבטיחות. לפיכך יש צורך בטכנולוגיה שתאפשר את הכללת האירוע לאחר שהתאונה כבר התרחשה. זוהי טעות קשה לפתח תחמושת ש"עומדת בפרופיל המשימה", בלי ש"פרופיל המשימה" כולל תרחישים שקשה מאוד עד בלתי אפשרי לכמת את הסתברותם באופן מתמטי. כל הסכנות האפשריות - כמו פגיעות רסיסים, שריפות, חום קיצוני, פגיעות נק"ל, פגיעות מטענים - חייבות להיות מובאות בחשבון בעת שקובעים את פרופיל המשימה של החימוש. כאמור, לפי תקני תחמושת בין-לאומיים צריך תכן החימוש להיות כזה שהסיכון לתקלה קטסטרופית יהיה בהסתברות הנמוכה מ-1 למיליון במשך חיי החימוש. הבעיה היא שכל ניסיון לכמת את סבירותם של התרחישים הקיצוניים שצוינו לעיל, גם אם יצלח (כיצד ניתן לקבוע כי ההסתברות שקליע אויב יפגע במטען שנושא חייל בקרב היא נמוכה מ-1 למיליון?), לא יאפשר לעמוד בקריטריון הזה. מכאן שיש צורך שהתחמושת תהיה עמידה בתרחישים הקיצוניים שצוינו. התהליך שיש, לדעתי, לעשות במערכות החימוש בצה"ל הוא בשני תחומים:

- 1. תחמושת בפיתוח.** יש לנסח מדיניות לכלל צה"ל מתוך ראייה כוללת של תפיסת הבטיחות הנדרשת מתחמושת תקנית. התפיסה הבסיסית צריכה, לדעתי, לכלול דרישות להבטחת בטיחות התחמושת גם בתרחישים הקיצוניים הנגזרים מפרופיל המשימה. אין הכרח, כמובן, (ובשלב הזה גם אין בשלות טכנולוגית) להבטחת עמידותה של התחמושת בכל דרישות התקן. לכן המנדט בנוגע להוספה או לגריעה של דרישות נתון בידי בוני הכוח בזרועות. הם יקבעו זאת מתוך ראייה מפוכחת של פרופיל המשימה שיכלול ניתוח מפורט של הסיכונים הקיימים הן עקב טעויות אנוש והן עקב פעילות האויב. בפרויקטי פיתוח חדשים מומלץ כי כל ויתור על דרישה מסוימת יהיה מוגבל בזמן ויחייב את מפתח התחמושת לחזור לעבודת המו"פ ולעשות פעולות תיקון בסדרות הייצור הבאות.
- 2. תחמושת במלאי.** במערך של צה"ל יש מגוון גדול של תחמושות מסדרות ייצור ישנות. התחמושות האלה לא תוכננו להיות פחות רגישות, ולכן אינן עומדות בדרישות התקן לתחמושת פחות