

מבוא למיגון מבנים

הרצאה לאיגוד המהנדסים

14.09.2021

מהנדס איגור סבצ'נקו

מה בהרצאה?



- אפקטים של פיצוץ
- מסגרות מגן
- ממ"ד מול מיגונית – מה ההבדל?
- פגיעות במבנים במהלך מבצע "שומר החומות"
- הצגת קורס מיגון מבנים באיגוד המהנדסים
- זמן לשאלות

אפקטי הפיצוץ

סוגי כלי נשק



מבנה טיפוס של רקטה



SIDE A



SIDE B

© INERT PRODUCTS, LLC

אפקטים של פיצוץ דטונטיבי



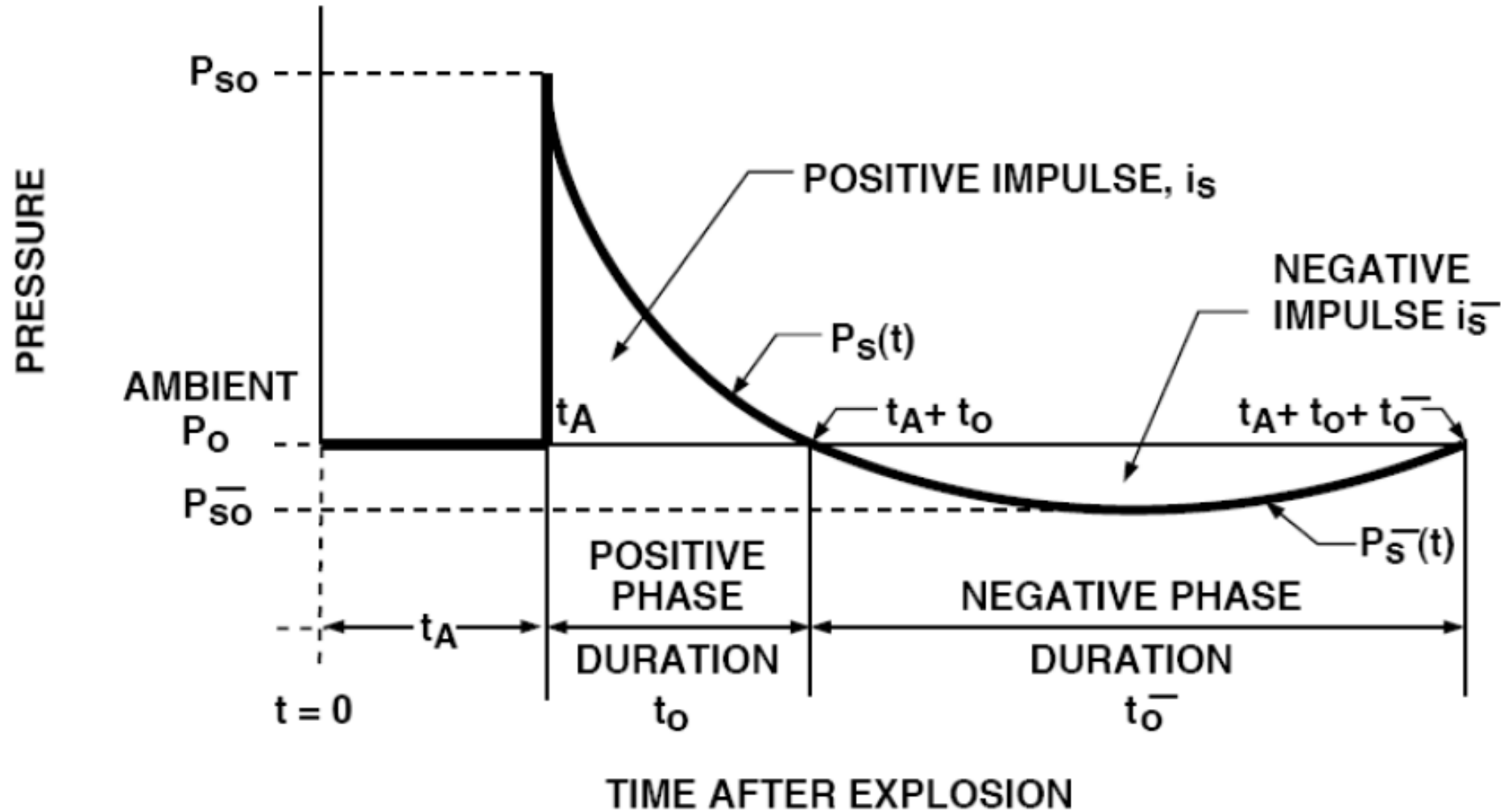
- הדף (גל הלם)
- רסיסים (ראשוניים ומשניים)
- רגמות
- מכתוש
- תזוזות קרקע (הלם קרקע)
- כדור אש



קריטריון ההדף



הדף פוגע



הדף מוחזר

Figure 2-5 Pressure-Time Variation for a Free-Air Burst

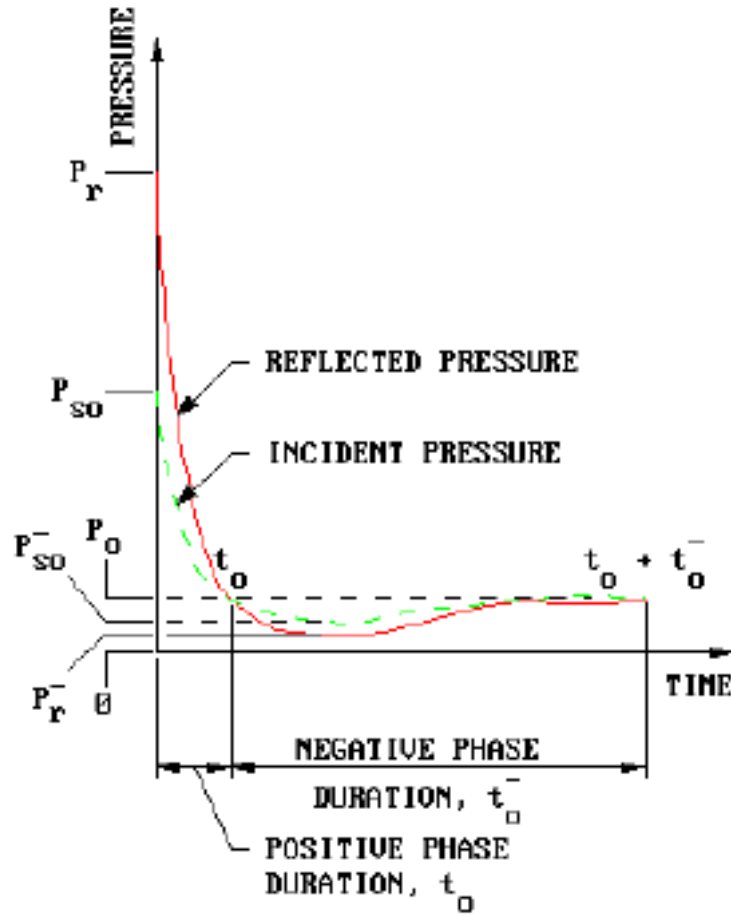
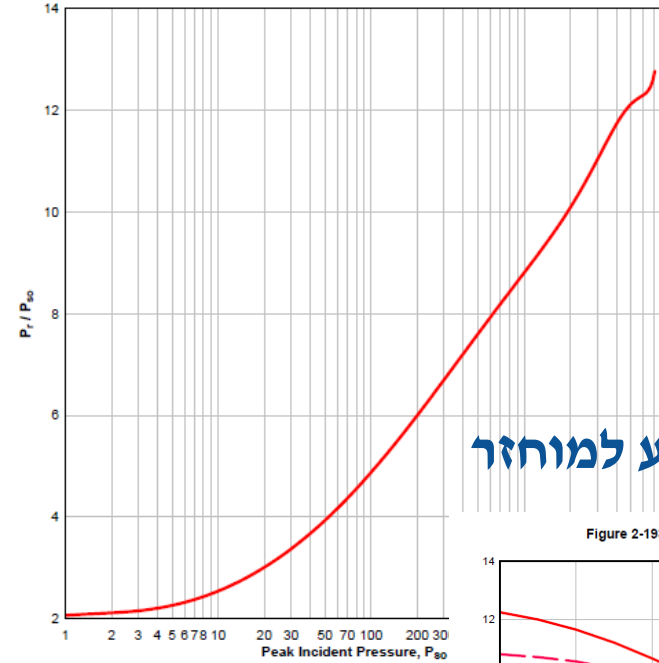
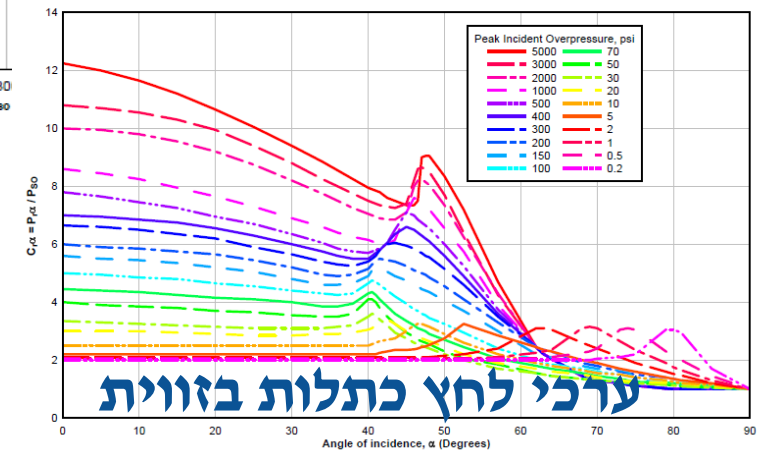


Figure 2-6 Peak Incident Pressure versus the Ratio of Normal Reflected Pressure/Incident Pressure for a Free-Air Burst



יחס בין הדף פוגע למוחזר

Figure 2-193 Reflected Pressure Coefficient versus Angle of Incidence



ערכי לחץ כתלות בזווית

structures, Continuity, Emergency management, Preparedness and Analysis



פגיעות הדרך במבנים



היפגעות אנשים מהדף

Table 1-1 Blast Effects In Man Applicable To Fast-Rising Air Blasts Of Short Duration (3-5 ms)

Critical Organ or Event	Maximum Effective Pressure (psi)*
Eardrum Rupture	
Threshold	5
50 percent	15
Lung Damage	
Threshold	30-40
50 percent	80 and above
Lethality	
Threshold	100-120
50 percent	130-180
Near 100 percent	200-250

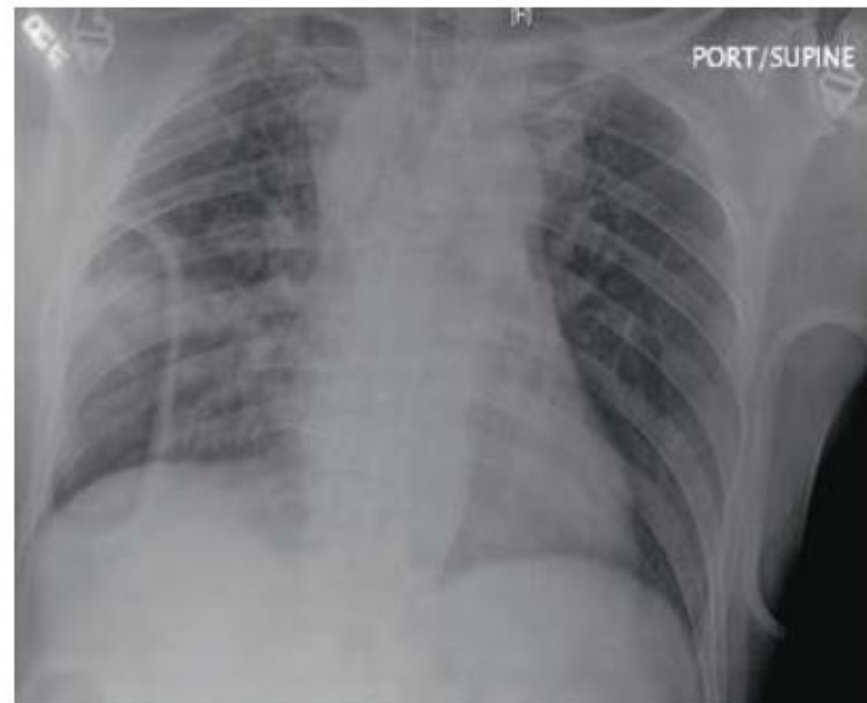


Photo 2. X-ray of severe bruising of the lung (right) as a result of a blast injury (source: Brevard et al., 2012).

קריטריון הרסם



פיצוץ ראש קרב

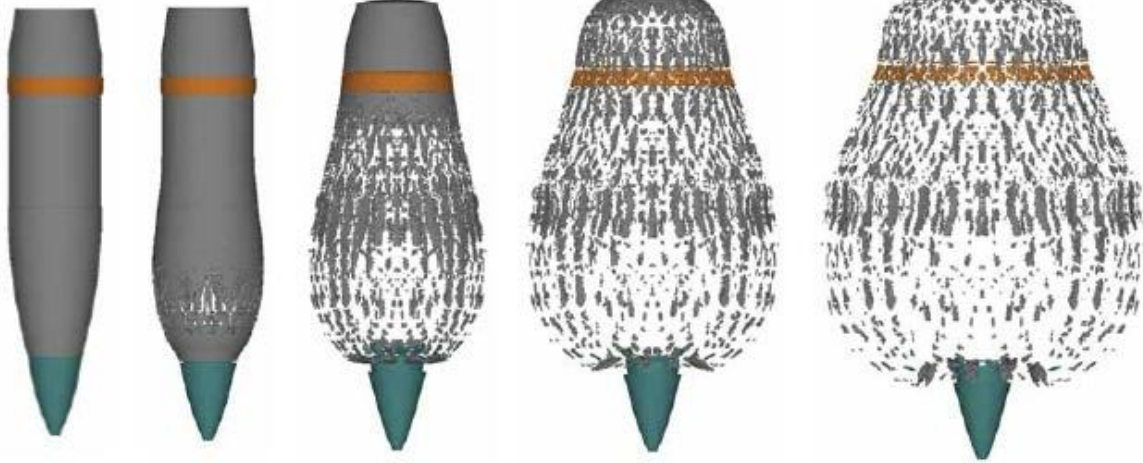


Figure 16. Fragmentation of the 105 mm HE projectile casing (Case #2): $t = 0, 30, 60, 90$ and $120 \mu s$

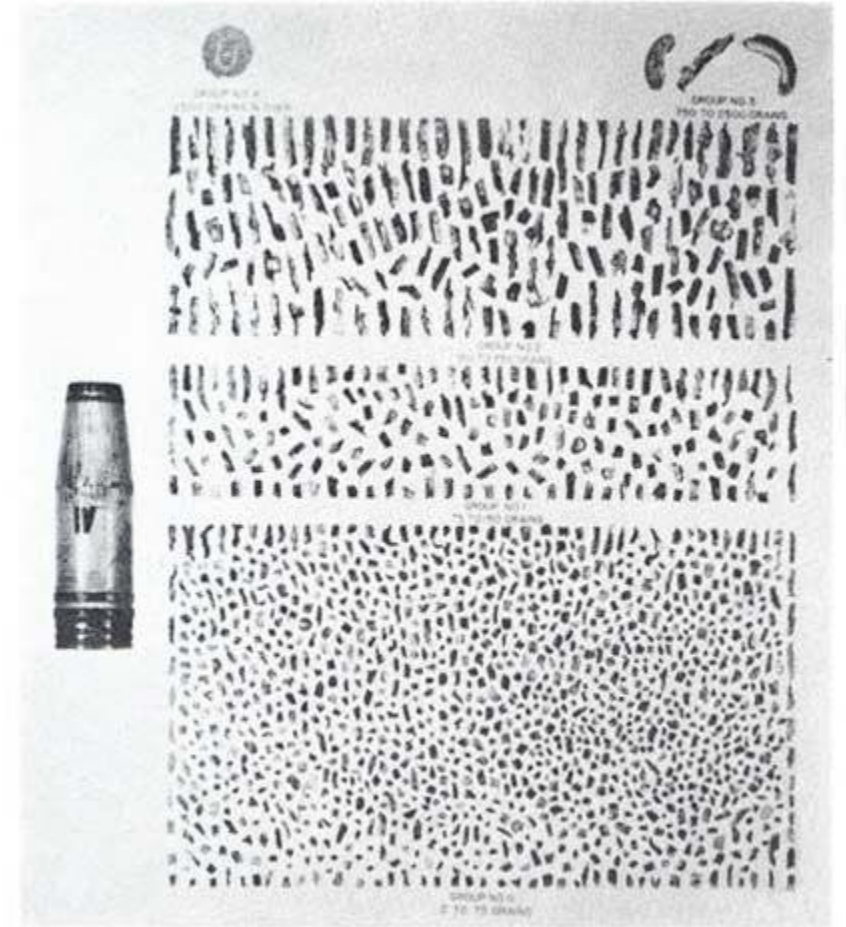
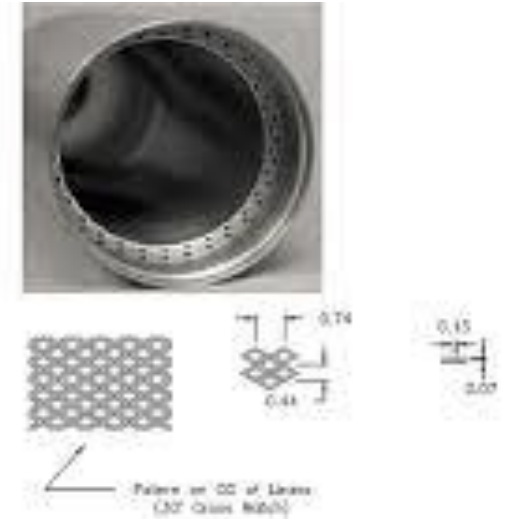
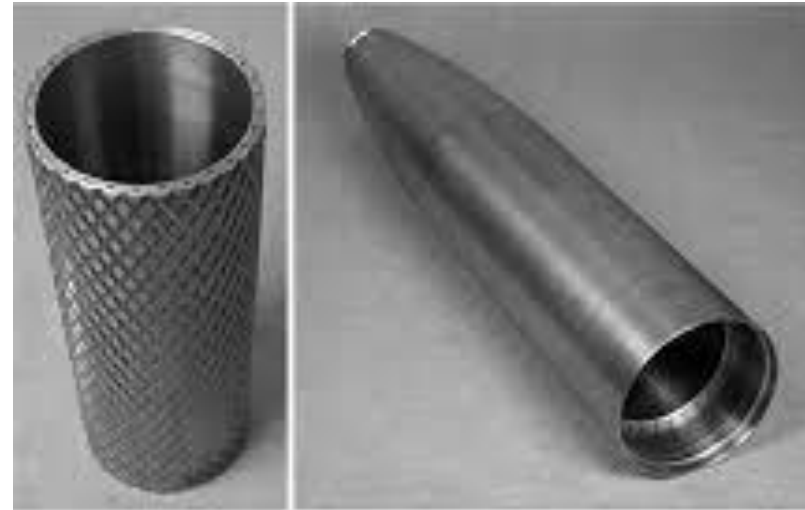


FIGURE 29.—Fragments recovered from a German 88 mm. high explosive shell.

סוגים נוספים של רסיסים



חדירת רסיסים בבטון

$$X_f = 1.92 * 10^{-3} W_f^{0.37} v_s^{0.9}$$



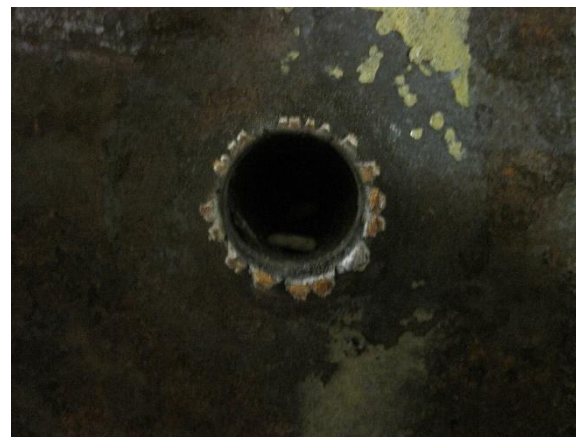
חדירת רסיסים בפלדה

$$x = 0.21 W_f^{0.33} V_s^{1.22}$$

x = depth of penetration (in)

Wf = fragment weight (oz)

Vs = striking velocity of fragment (kfps)





מכתוש



פיצוץ קרקעי או תת קרקעי יוצר מכתש
המכתש נוצר מדחיסת קרקע והעפת עפר
קוטר המכתש ועומקו תלויים בגורמים הבאים:

- כמות וסוג חומר הנפץ
- מיקום החומר ביחס למפלס הקרקע
- סוג הקרקע (חול, חרסית, סלע וכד')
- קיום שכבת מצע עליונה (בטון, אספלט)

כדור אש



פגיעה ישירה



היפגעות אנשים מרסס

Table 1-3 Threshold Of Serious Injury To Personnel Due To Fragment Impact

Critical Organ	Weight (lbs)	Fragment Velocity (fps)	Energy (ft-lb)
Thorax	>2.5	10	4
	0.1	80	10
	0.001	400	2.5
Abdomen and limbs	>8.0	10	9
	0.1	75	9
	0.001	550	5
Head	>8.0	10	12
	0.1	100	16
	0.001	450	3

דוגמה להיפגעות אנשים – פגז 155 מ"מ

TABLE 8

INJURIES IN OPEN SPACE FROM A TYPICAL HE 155 MM PROJECTILE AT VARIOUS DISTANCES⁵⁴

DISTANCE FROM DETONATION	MORBIDITY AND MORTALITY	
	Blast injury	Fragmentation injury
0 to 15 m	Death, eardrum rupture	Death
15 to 25 m	Eardrum rupture	Death
25 to 40 m	Temporary hearing injury	Injury
40 to 550 m	None	Possible injury

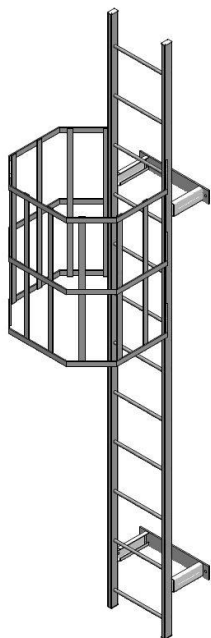
Source: Champion, Holcomb, & Young, 2009.

מסגרות מגן

מה זה מסגרות מגן?

❖ כל פריט המותקן במרחב מוגן:

- דלתות
- חלונות
- צינורות אוורור
- מעברי צנרת
- סולמות ופתחי מילוט



ת"י 4422 – פריטי מסגרות למקלטים ולמרחבים מוגנים

התקן מחולק ל-3 חלקים:

- חלק 1 – פריטי מסגרות למקלטים : מקלטים שאינם מרחבים מוגנים- דרישות, בדיקות והתקנה
- חלק 2 – פריטי מסגרות למרחבים מוגנים – דרישות ובדיקות
- חלק 3 – פריטי מסגרות למרחבים מוגנים - התקנה

סוגי דלתות

דגשים	קיר מגן	משקל [ק"ג]	עובי [מ"מ]	מידות	צורה	סוג הדלת
	לפי הפתחים	כ-70	3	70/80/200	צירית חד כנפית או נגררת	דלת הדף דירתית
	חובה	כ-100	~5	85-100/200	צירית חד כנפית או נגררת	דלת הדף מוסדית
	עד 2 מ' מהפתח	כ-280	18	70/80/200	צירית חד כנפית	דלת הדף ורסיסים דירתית משופרת
נדרש עיבוי קיר	עד 4 מ'	כ-170	8	70/80/200	צירית או נגררת	דלת "דלית"
	עד 1 מ' לקטנה עד 3 מ' לגדולה	כ-500	25	70-100/200	צירית חד כנפית	דלת הדף ורסיסים 25 מ"מ
משקוף נירוסטה	עד 1 מ' לקטנה עד 3 מ' לגדולה	500-1000	25	70-240/210	חד או דו כנפית צירית	דלת הדף ורסיסים למוסדות בריאות

מבנה דלת מגן

אגפי דלתות הדף מיוצרים מפחים דקים מכופפים עם קורות חיזוק פנימיות. עובי הפחים נע בין 1-4 מ"מ.

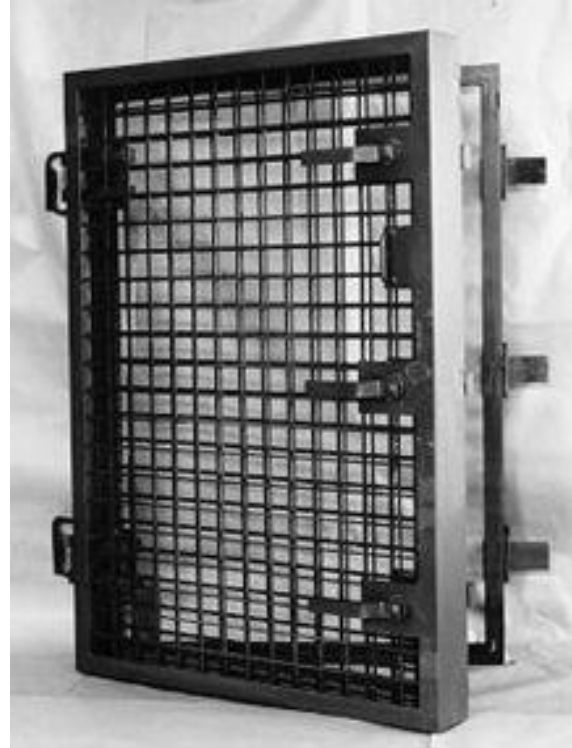
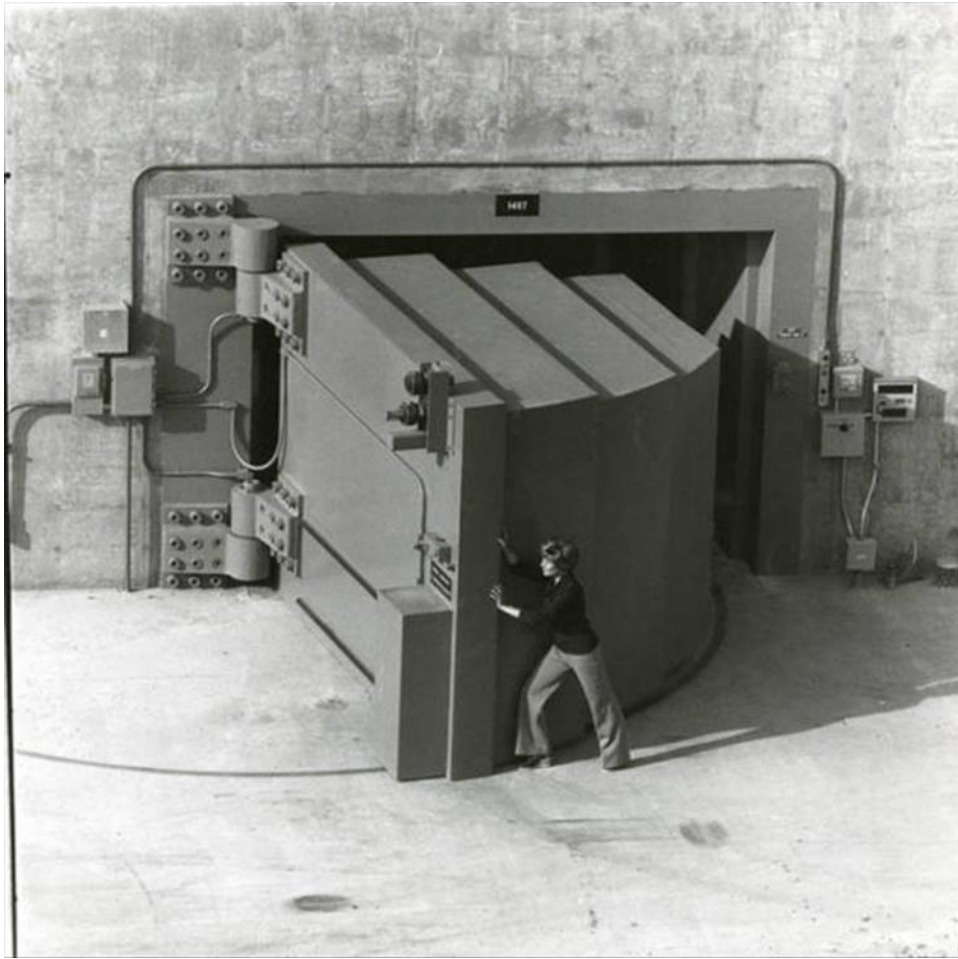
מלבן הדלת (משקוף) מיוצר
מפח מכופף בעובי 2-3
מ"מ (תלוי בעומק
המלבן)

דלת הדף ורסיסים דירתית
או למוסדות בריאות
בנויה מלוח פלדה בעובי

18/25 מ"מ



Continuity, Emergency management,
Preparedness and Analysis



חלון מגן

דור ישן

חלון חיצוני מגן - מבוסס על לוח פלדה בעובי המתאים
לייעוד החלון +
חלון פנימי – אטום בפני חדירת גזים, זכוכית רב שכבתית



דור חדש

חלון חיצוני מגן - מבוסס על לוח פלדה בעובי המתאים
לייעוד החלון ובנוסף אטום בפני גזים
חלון פנימי - לא מוגן מסוג כנף על כנף



**יש לפרק את הכנפיים של החלון
הפנימי בחירום !!!**

**אסור לפרק את
החלון הפנימי**

פריטי מסגרות למרחבים מוגנים

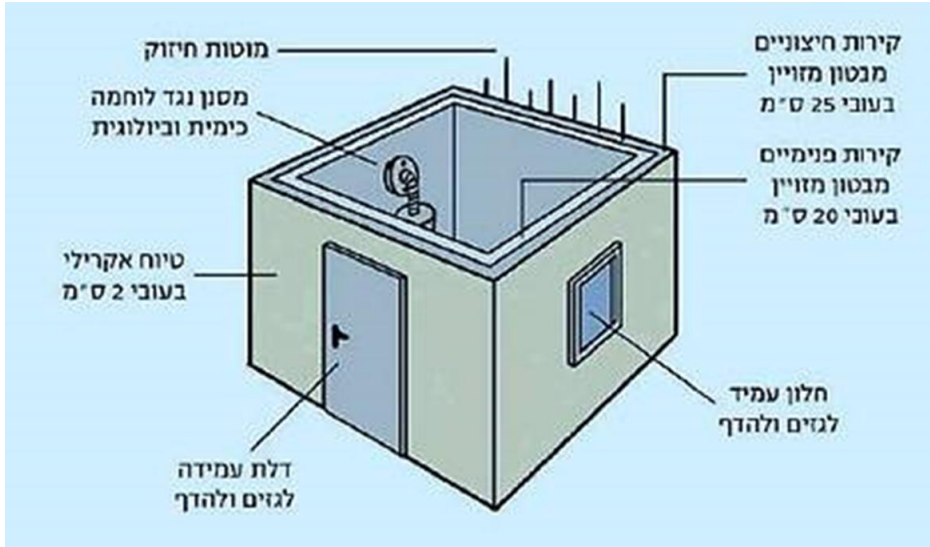
רוחב או גובה (ס"מ)	עובי פלטה (מ"מ)	סוג
80/90/100	18	חלון הדף דירתי נגרר חד כנפי ודו כנפי
		חלון הדף דירתי צירי-דו כנפי בלבד
	24	חלון מוסדי נגרר חד כנפי
	24	חלון הדף דירתי לישוב קדמי צפוני
	32	חלון הדף דירתי לישוב קדמי דרומי

תוצאות פיצוץ – חלון דור ישן



ממ"ד מול מיגונית

ממ"ד – מרחב מוגן דירתי



- מוצר תיקני, לאיום ייחוס מוגדר, מבוקר
- תכנון ומבוקר בביצוע על ידי פיקוד העורף
- ✓ מבנה בטון דמוי תיבה
- ✓ רציף עד ליסודות (יציב)
- ✓ נמצא בתוך מעטפת המבנה (למעט חריגים)
- ✓ יכול לשמש כחדר בעל שימושים שגרתיים
- ✓ מפזר את הסיכון
- ✓ מבוצע ביציקה כחלק משלד המבנה



נושא	פרמטרים	הערות
רמת מיגון	אופטימלית	
מענה ל-	פגיעה קרובה של סקאד B	
עובי בטון [ס"מ]	25-40	תלוי בסוג, בגודל ובתכנון
שטח	9 מ"ר נטו מינימום	
מענה לחל"כ	אטום + מאו"ס	
מסגרות מגן	דלת, חלון, צינורות אוורור	
רגולציה	תקנות	בקרה בתכנון ומסירה

מיגונית (כל מה שלא ממייד...)

- ✓ מוצר לא תיקני, לאיום ייחוס מוגדר (דרומי), אינו מבוקר בתכנון ואינו מבוקר בביצוע על ידי אף גורם
- ✓ מיועד במקור להגנה בדרך למיגון תקני
- ✓ מבנה בטון דמוי תיבה בתצורת שונות – תלוי תכנון
- ✓ מחוץ למעטפת מבנה – ניתן לחבר לבית
- ✓ עם או בלי מסגרות
- ✓ מקטין את הסיכון – בתכנון נכון ובאזורים רלוונטיים



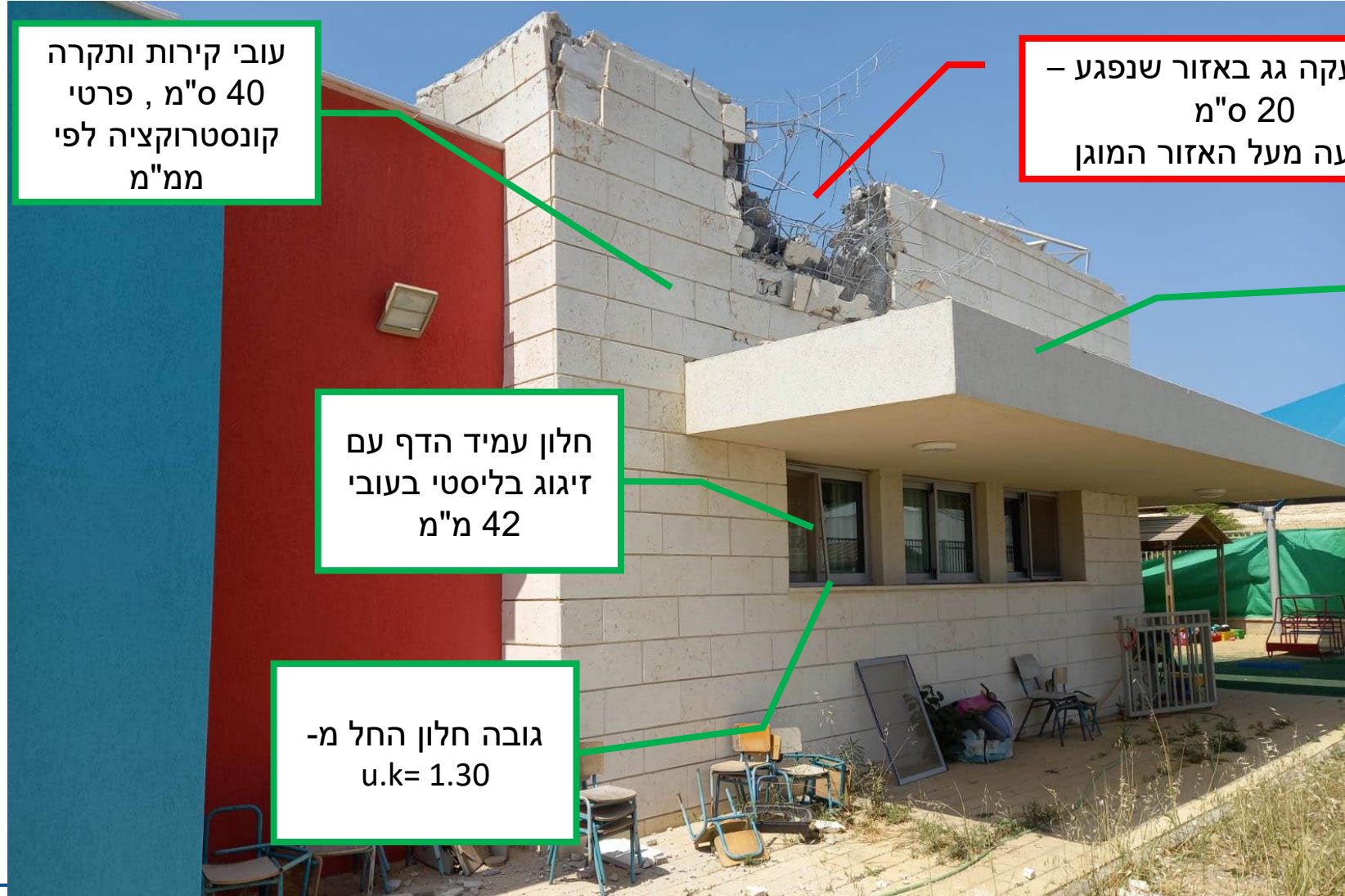
נושא	פרמטרים	הערות
רמת מיגון	בינונית ומטה	
מענה ל-	פגיעה קרובה של רש"קים קלים	נותן מענה לרסס בלבד חלקי להדף
עובי בטון [ס"מ]	20-40	תלוי בסוג, בגודל ובתכנון
גודל מירבי	לא מוגבל	מוגבל ביכולות שינוע והנפה
מענה לחל"כ	לא קיים	
מסגרות מגן	לרוב לא קיימת	
רגולציה	לא קיימת	

פגיעות במבנים במהלך מבצע שומר החומות

אירוע מספר 1 – פגיעה בגן ילדים ממוגן



גן ילדים ממוגן – דרישות עיקריות

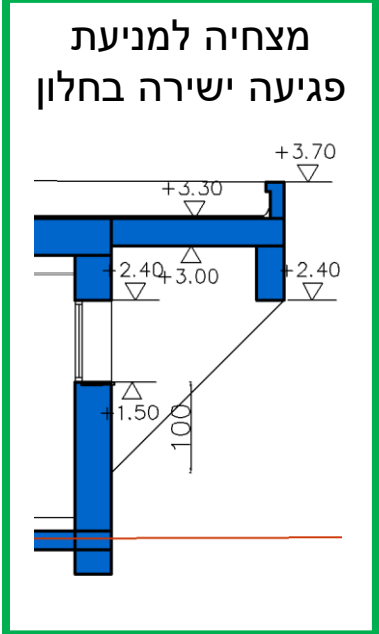


עובי קירות ותקרה
40 ס"מ , פרטי
קונסטרוקציה לפי
ממ"מ

עובי מעקה גג באזור שנפגע –
20 ס"מ
הפגיעה מעל האזור המוגן

חלון עמיד הדף עם
זיגוג בליסטי בעובי
42 מ"מ

גובה חלון החל מ-
u.k= 1.30



אירוע מספר 2 – פגיעה חלון ממ"ד

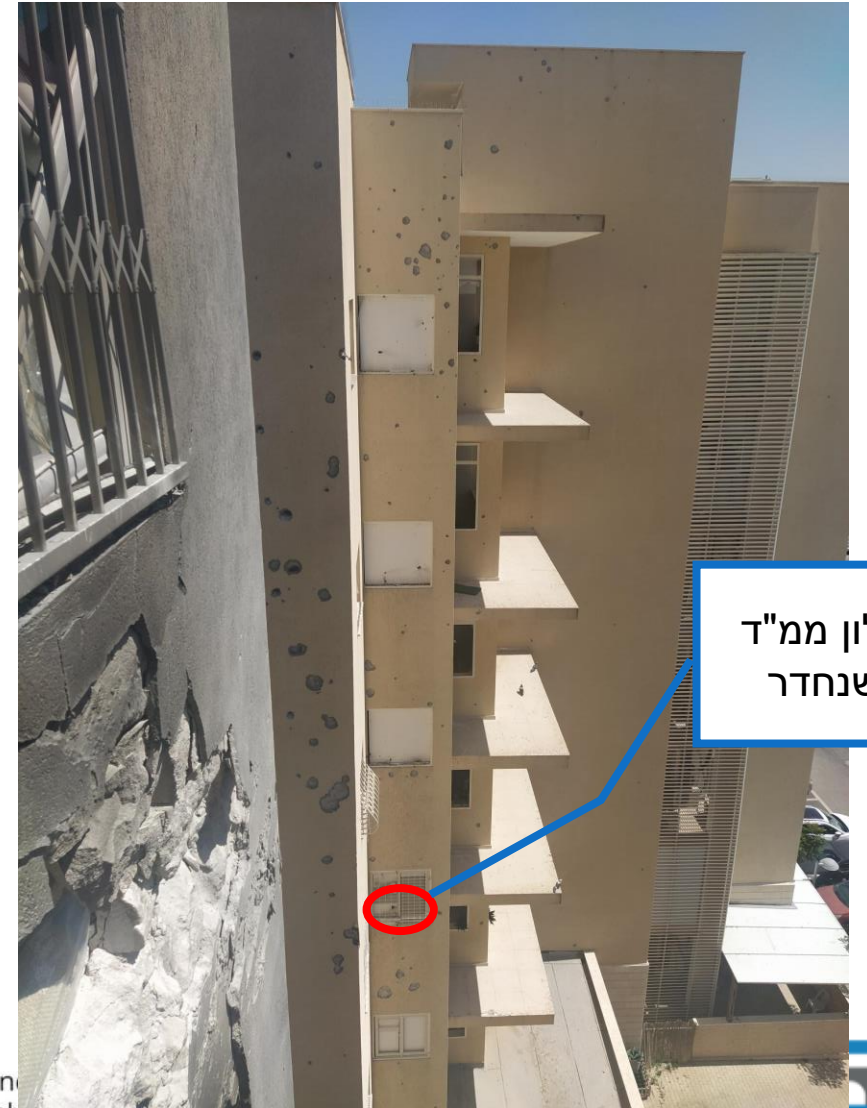


מקום פגיעת
הרקטה

מסלול הרסיס
שחדר את החלון

חלון ממ"ד
שנחדר

Infrastructure, Emergency Preparedness and Analysis

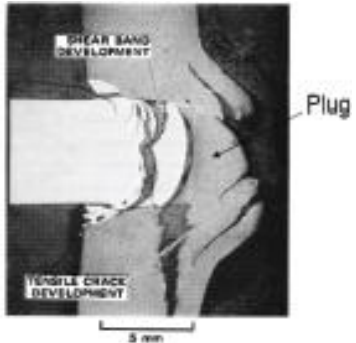


חלון ממ"ד
שנחדר

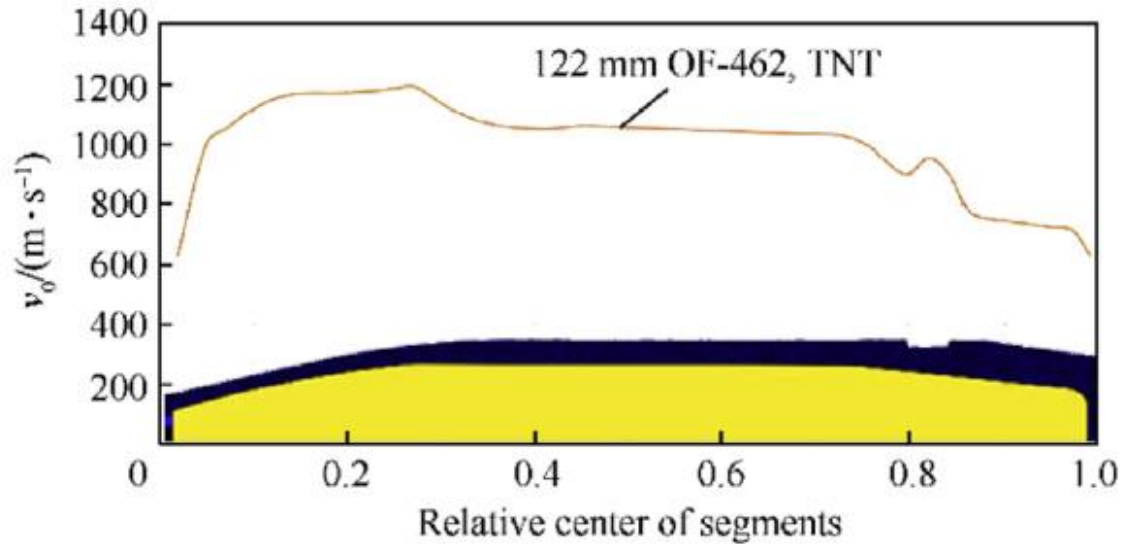
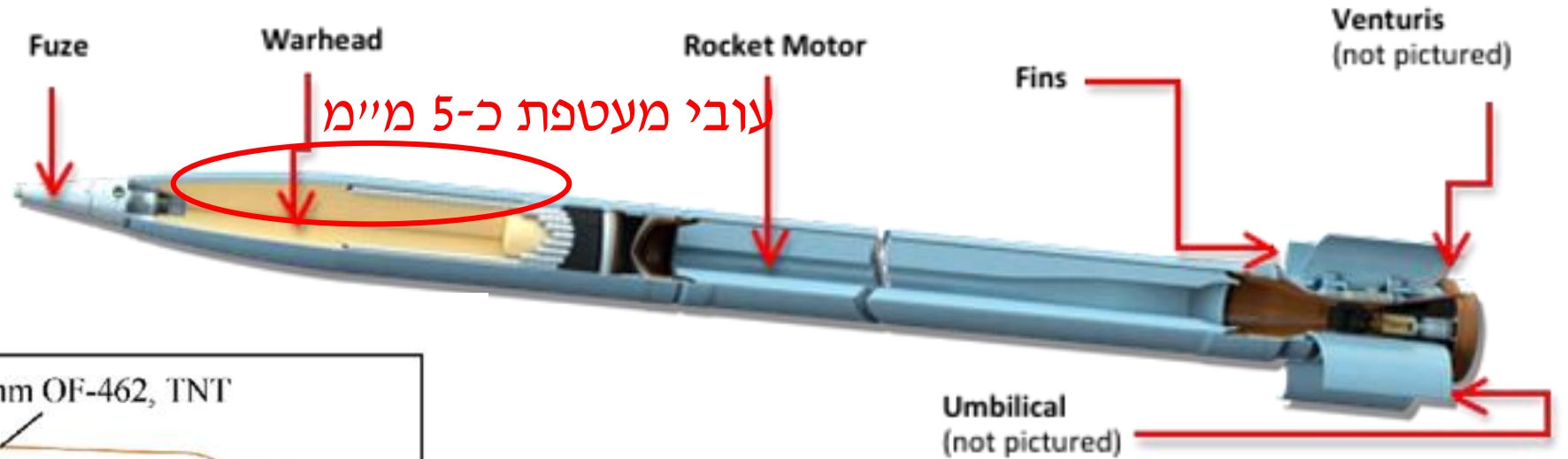
צילום מתוך הממ"ד שנפגע



חור חדירת רסיס



דוגמה : בדיקת חדירת רסס בחלון ממ"ד – גראד 122 מ"מ



Resilience, Continuity, Emergency management, Preparedness and Analysis

דוגמה - בדיקת חדירת רסס בחלון ממ"ד (18 מ"מ)



רסיס	מידות (ס"מ)	משקל (גרם)	חדירה בלוח פלדה (מ"מ)	האם חודר חלון ממ"ד?
כדור	קוטר 6 מ"מ	0.9	7.2	לא
כדור	קוטר 8 מ"מ	2.1	9.6	לא
פראי	1*1.5*0.5	5.88	13.5	לא
פראי	1.5*2*0.5	11.77	17	גבולי
פראי	1.5*2.5*0.5	14.7	18.2	חודר

הערה: מהירות הרסיס כ-1000 מטר לשניה, חישוב לפי נוסחת חדירה בפלדה

לפי החישוב ניתן לראות שחלון הממ"ד חדיר לרסיסים כלומר – צפויים מקרים נוספים של חדירת רסס בממ"ד

מיכאל ישלים שקף הצגה לקורס של איגוד המהנדסים

שאלות?

תודה רבה על ההקשבה! פרטים ליצירת קשר:

מיכאל ואטנמכר
michael@i-cepa.com
054-4733236

איגור סבצ'נקו
igor@i-cepa.com
052-2479382