



רסס

רסס – תוצרי התפרקות מעטפת חומר הנפץ בתהליכי

דפלגרציה ודטונציה



רסס

סיכוני רסס

• יזימה IMPACT

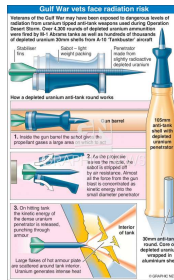
• חדירות

• הצתה

$$E = \frac{1}{2} * m * V^2$$



העברת אנרגיה קינטית ברסס



מהירות רסס התחלתית

רסס (מודל גורני)

חישוב מהירות רסס התחלתית של מגע מתכת בחומר נפץ

המודל מתייחס למספר תצורות בסיסיות

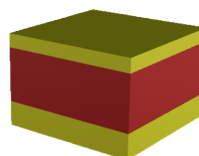
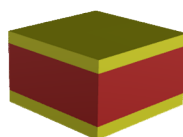
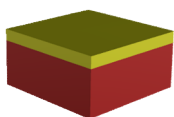
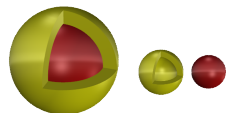
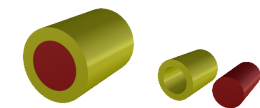
• סנדוויץ' סימטרי

• צילינדר

• כדור

• סנדוויץ' עם פאה פתוחה

• סנדוויץ' אסימטרי



מהירות רסס התחלתית

תלות מקדם גורני במהירות הדטונציה

$$\sqrt{2E} = \frac{D}{2.97}$$

D – Velocity of detonation

Explosive	ρ_0 (g/cm ³)	D	$\sqrt{2E}$	$D/\sqrt{2E}$
Composition A-3	1.59	8.14	2.63	3.095
Composition B	1.71	7.89	2.70	2.92
Composition B	1.717	7.91	2.79	2.84
Composition B	1.717	7.91	2.71	2.92
Composition B	1.72	7.92	2.68	2.96
Composition B	1.72	7.92	2.70	2.93
Composition B	1.72	7.92	2.71	2.92
Composition B	1.72	7.92	2.77	2.86
Composition C-3	1.60	7.63	2.68	2.85
Cyclotol (75/25)	1.754	8.25	2.79	2.96
H-6	1.76	7.90	2.58	3.06
HMX	1.835	8.83	2.80	3.15
LX-14	1.89	9.11	2.97	3.07
Octol (75/25)	1.81	8.48	2.80	3.03
Octol	1.821	8.51	2.83	3.01
PBX 9404	1.84	8/80	2.90	3.03
PBX 9502	1.885	7.67	2.377	3.23
PETN	1.76	8.26	2.93	2.82
RDX	1.77	8.70	2.83	2.97
Tacot	1.61	6.53	2.12	3.08
Tetryl	1.62	7.57	2.50	3.03
TNT	1.63	6.86	2.37	2.89
TNT	1.63	6.86	2.44	2.81
TNT	1.63	6.86	2.46	2.79
Tritonal (80/20)	1.72	6.70	2.32	2.89
				mean = 2.97

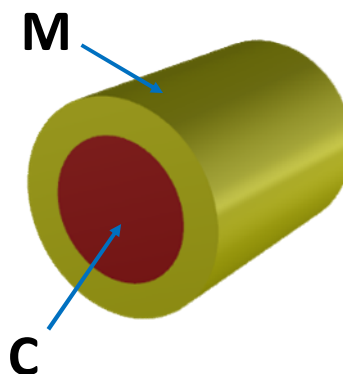
מהירות רסס התחלתית

גליל חומר נפץ עם מעטפת מתכתית

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2\frac{M}{C} + \frac{1}{2}\right)^{-1/2}$$

C – Charge mass

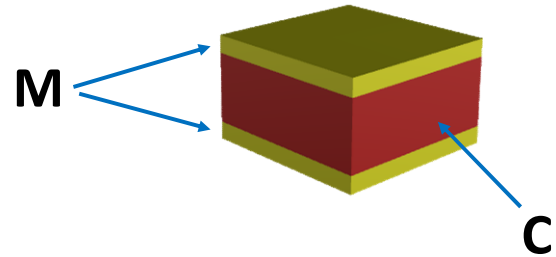
M – Metal mass



מהירות רסס התחלתית

סנדוויץ סימטרי

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2 \frac{M}{C} + \frac{1}{3} \right)^{-1/2}$$

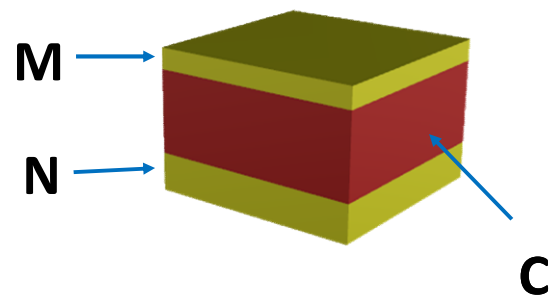


מהירות רסס התחלתית

סנדוויץ א - סימטרי

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(\frac{1+A^3}{3(1+A)} + \frac{N}{C} A^2 + \frac{M}{C} \right)^{-1/2}$$

$$A = \frac{1 + 2 \frac{M}{C}}{1 + 2 \frac{N}{C}}$$

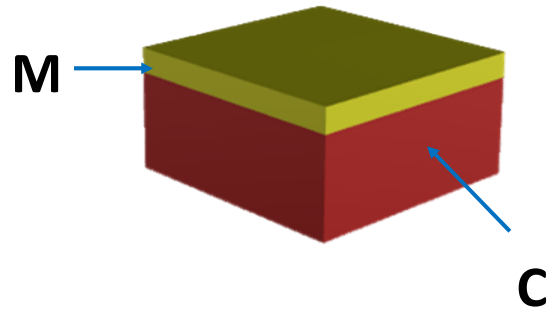


מהירות רסס התחלתית

פאה פתוחה

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(\frac{1 + (1 + 2\frac{M}{C})^3}{6(1 + \frac{M}{C})} + \frac{M}{C} \right)^{-1/2}$$

$$A = 1 + 2\frac{M}{C}$$

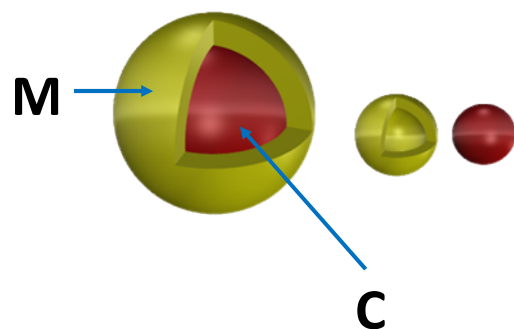
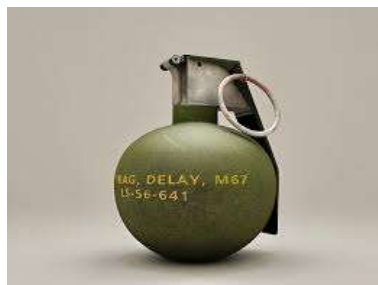


מקרה שבו $N=0$

מהירות רסס התחלתית

כדור חומר עם קליפה מתכתית

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(\frac{M}{C} + \frac{3}{5} \right)^{-1/2}$$

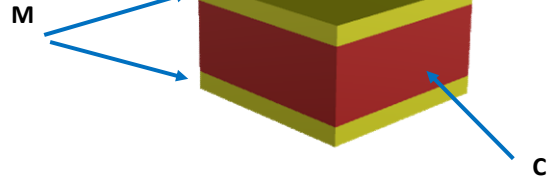


מהירות רסס התחלתית

דוגמא

Cast TNT: (C)

- Thickness: 0.5 cm.
- Density: 1.54 g/cm³
- VOD: 7.0 km/s

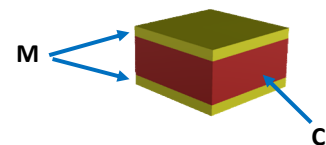


Steel Sheet : (M)

- Thickness: 0.25 cm.
- Density: 7.87 g/cm³

מהירות רסס התחלתית

דוגמא



Cast TNT : (C)

- Thickness: 0.5 cm.
- Density: 1.54 g/cm³
- VOD: 7.0 km/s

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2\frac{M}{C} + \frac{1}{3}\right)^{-1/2}$$

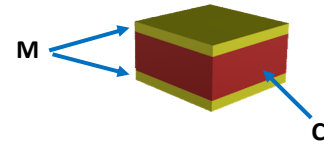
Steel Sheet : (M)

- Thickness: 0.25 cm.
- Density: 7.87 g/cm³

מהירות רסס התחלתית

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2\frac{M}{C} + \frac{1}{3}\right)^{-1/2}$$

דוגמא



Cast: (C)

- Thickness: 0.5 cm.
- Density: 1.54 g/cm³
- VOD: 7.0 km/s

$$\sqrt{2E} = \frac{D}{2.97} = \frac{7.0}{2.97} = 2.357 \text{ km/s}$$

Steel Sheet : (M)

- Thickness: 0.25 cm.
- Density: 7.87 g/cm³

מהירות רסס התחלתית

תלות מקדם גורני במהירות הדטונציה

$$\sqrt{2E} = \frac{D}{2.97}$$

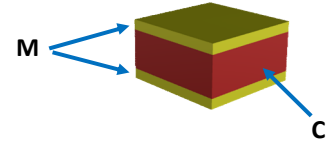
D – Velocity of detonation

Explosive	ρ_0 (g/cm ³)	D	$\sqrt{2E}$	$D/\sqrt{2E}$
Composition A-3	1.59	8.14	2.63	3.095
Composition B	1.71	7.89	2.70	2.92
Composition B	1.717	7.91	2.79	2.84
Composition B	1.717	7.91	2.71	2.92
Composition B	1.72	7.92	2.68	2.96
Composition B	1.72	7.92	2.70	2.93
Composition B	1.72	7.92	2.71	2.92
Composition B	1.72	7.92	2.77	2.86
Composition C-3	1.60	7.63	2.68	2.85
Cyclotol (75/25)	1.754	8.25	2.79	2.96
H-6	1.76	7.90	2.58	3.06
HMX	1.835	8.83	2.80	3.15
LX-14	1.89	9.11	2.97	3.07
Octol (75/25)	1.81	8.48	2.80	3.03
Octol	1.821	8.51	2.83	3.01
PBX 9404	1.84	8/80	2.90	3.03
PBX 9502	1.885	7.67	2.377	3.23
PETN	1.76	8.26	2.93	2.82
RDX	1.77	8.70	2.83	2.97
Tacot	1.61	6.53	2.12	3.08
Tetryl	1.62	7.57	2.50	3.03
TNT	1.63	6.86	2.37	2.89
TNT	1.63	6.86	2.44	2.81
TNT	1.63	6.86	2.46	2.79
Tritonal (80/20)	1.72	6.70	2.32	2.89
				mean = 2.97

מהירות רסס התחלתית

דוגמא

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2\frac{M}{C} + \frac{1}{3}\right)^{-1/2}$$



Cast TNT: (C)

- Thickness: 0.5 cm.
- Density: 1.54 g/cm³
- VOD: 7.0 km/s

$$\frac{M}{C} = \frac{\text{צפיפות X עובי X רוחב X אורך}}{\text{צפיפות X רוחב X אורך}} = \frac{0.25 \times 7.87}{0.5 \times 1.54} = \frac{0.25 \times 7.87}{0.5 \times 1.54}$$

$$\frac{M}{C} = \frac{(0.25) \times (7.87)}{(0.5) \times (1.54)} = 2.555$$

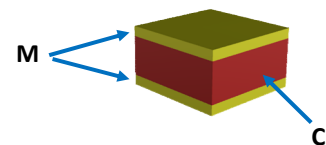
Steel Sheet : (M)

- Thickness: 0.25 cm.
- Density: 7.87 g/cm³

מהירות רסס התחלתית

דוגמא

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2\frac{M}{C} + \frac{1}{3}\right)^{-1/2}$$



$$\sqrt{2E} = \frac{D}{2.97} = \frac{7.0}{2.97} = 2.357 \text{ km/s}$$

Detonation Sheet : (C)

- Thickness: 0.5 cm.
- Density: 1.54 g/cm³
- VOD: 7.0 km/s

$$\frac{M}{C} = \frac{(0.25) \times (7.87)}{(0.5) \times (1.54)} = 2.555$$

Steel Sheet : (M)

- Thickness: 0.25 cm.
- Density: 7.87 g/cm³

$$V = \sqrt{2E} \times \left(2\frac{M}{C} + \frac{1}{3}\right)^{-0.5} = 2.357 \times \left(2 \times 2.555 + \frac{1}{3}\right)^{-0.5} = 1.01 \text{ km/s}$$

מהירות רסס התחלתית

דוגמא

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2 \frac{M}{C} + \frac{1}{2} \right)^{-1/2}$$

$$V(shell) = 2 * \pi * 20 * (5 - 0.5) = 565 \text{ cm}^3$$

$$V(explo) = \pi * r^2 * h$$

$$V(explo) = \pi * 4.5^2 * 20 = 1272 \text{ cm}^3$$

Composition B:

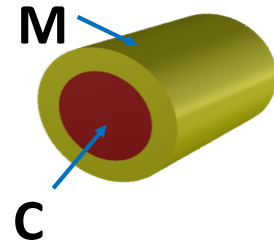
- Radius : 5 cm.
- Height : 20 cm
- Density: 1.72 g/cm³
- VOD: 7.9 km/s

Steel shell:

- Thickness: ½ cm
- Density: 7.87 g/cm³

$$M = 565 * 7.87 = 4446 \text{ g}$$

$$C = 1272 * 1.72 = 2187 \text{ g}$$



מהירות רסס התחלתית

דוגמא

$$\frac{V}{\sqrt{2E}} = \left(2 \frac{M}{C} + \frac{1}{2} \right)^{-1/2}$$

$$M = 565 * 7.87 = 4446 \text{ g}$$

$$C = 1272 * 1.72 = 2187 \text{ g}$$

Composition B:

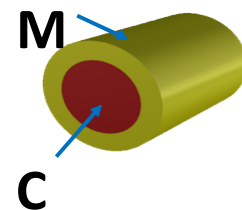
- Radius : 5 cm.
- Height : 20 cm
- Density: 1.72 g/cm³
- VOD: 7.9 km/s

Steel shell:

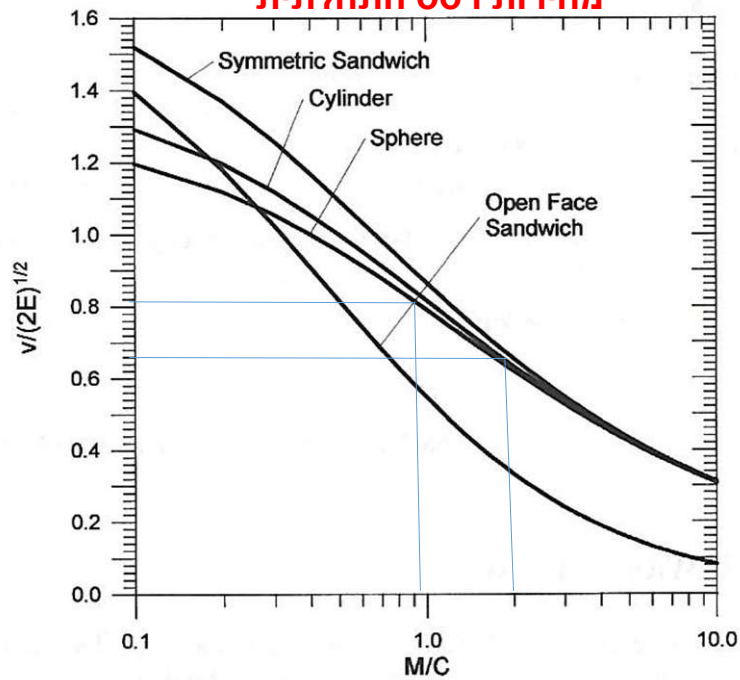
- Thickness: 0.5 cm
- Density: 1.54 g/cm³

$$V = \sqrt{2E} * \left(2 * \frac{M}{C} + \frac{1}{2} \right)^{-0.5}$$

$$V = 2.66 * \left(2 * \frac{4446}{2187} + \frac{1}{2} \right)^{-0.5} = 1.24 \text{ km/sec}$$



מהירות רסס התחלתית



כלים בסיסיים להערכת נזקי רסס

ITAG – International Technical Ammunition Guidelines

For fragmenting munitions when public access is possible to the demolition range area. $D = 634(AUW)^{1/6}$	D = Distance (m) AUW = All Up Weight of Ammunition or Bare Explosives (kg)
For fragmenting munitions when public access is denied to the demolition range area. $D = 444(AUW)^{1/6}$	
For bare exposed explosive only. $D = 130(AUW)^{1/3}$	

Table 24: Simple Range Safety Distances

$$D = 634 * 5^{\frac{1}{6}} = 829 \text{ meter}$$

חישוב עבור 5 קילוגרם חומרי נפץ **ורסס** בסמוך לתשתיות ואזרחים

$$D = 130 * 5^{\frac{1}{3}} = 222 \text{ meter}$$

חישוב עבור 5 קילוגרם חומרי נפץ **בלבד** בסמוך לתשתיות ואזרחים



שווה ערך חומרי נפץ

שווה ערך של חומרי נפץ
השוואת כמות אנרגיה אגורה בחומר נפץ ביחס לחומר נפץ מסוג TNT

כמות האנרגיה ב 1 קילוגרם אמוניום ניטרט שוות ערך
לכמה קילוגרם TNT?

שווה ערך	תצורה	חומר נפץ
1.0	יצוק	TNT
0.65	פתיתים	TNT
1.33	פלסטי	4C
0.82	פרילים 94/6	ANFO
0.6	אבקה	AN
0.65	אבקה	TATP
0.8	90/10	ANSU
0.8	93/7	ANC
1.33	82/18	AN/Alu

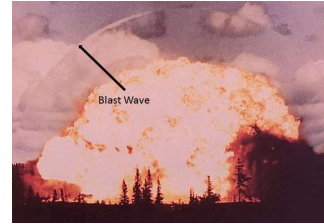
$$\text{ANFO tnt eq} = 0.6$$

$$1 \text{ kg TNT} = 1/0.82 = 1.21 \text{ kg ANFO}$$

גל הדף

גל הדף

- גל ההדף נוצר בעקבות עליית לחץ חדה ופתאומית כתוצאה משחרור אנרגיה רבה בנפח נתון קטן.
- התפשטות הגזים מביא לדחיסת האויר בסביבה ולהיווצרות חזית גז דחוס.
- חזית גל ההדף מלווה בזרימת אויר בלחץ שלילי (פקט שאיבה חזרה)



גל הדף

היווצרות גל הדף

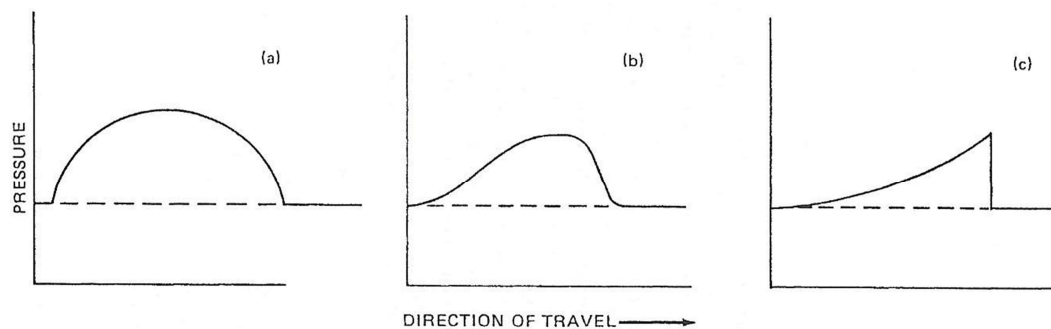
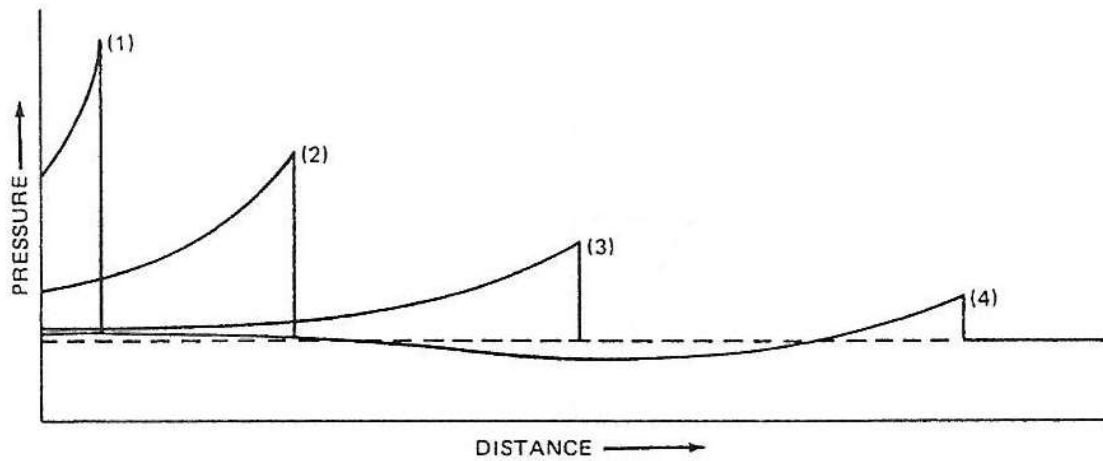


Figure 6-1 Illustrating the development of explosive shock. Assumed initial pressure pulse is shown as (a) and successive configurations (b) and (c) are formed by differing speeds of its parts.

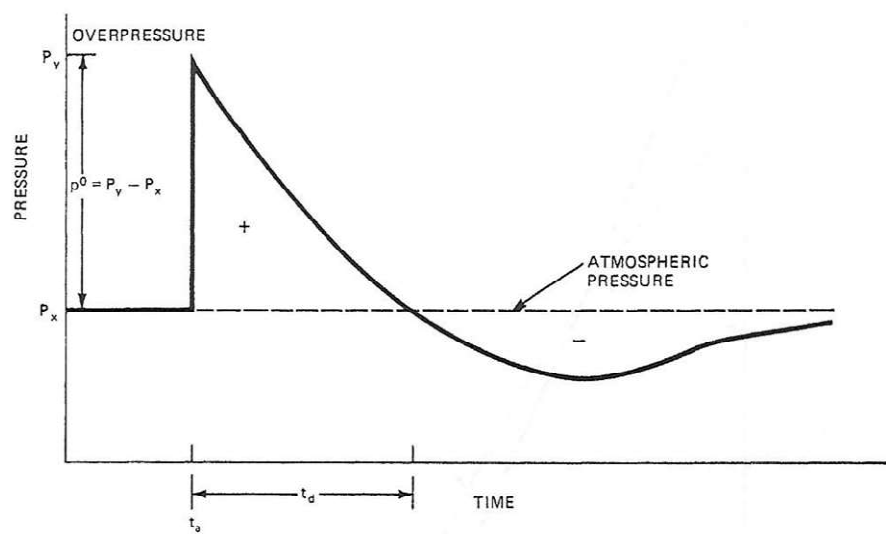
גל הדף

היווצרות גל הדף



גל הדף

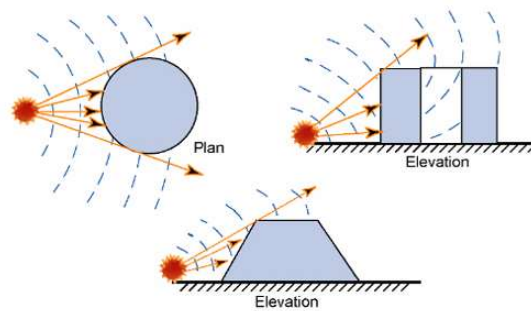
היווצרות גל הדף



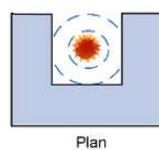


גל הדף

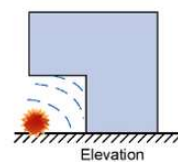
היווצרות גל הדף



SHAPES THAT DISSIPATE AIR BLAST



Plan

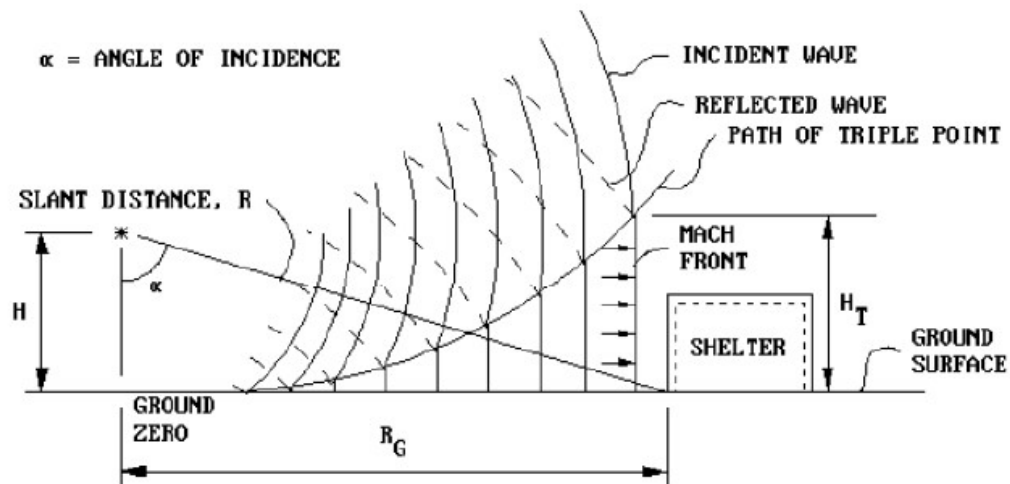


Elevation

SHAPES THAT ACCENTUATE AIR BLAST

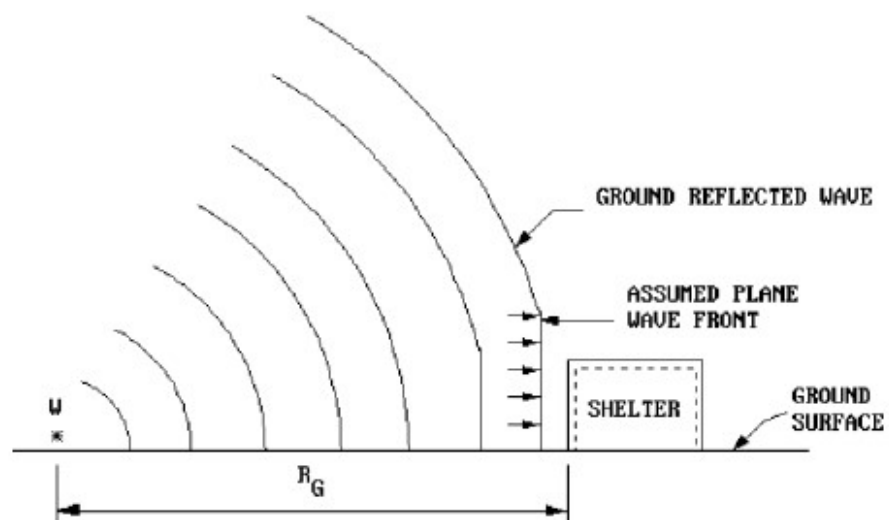
גל הדף

התפשטות גלי הדף מעל הקרקע



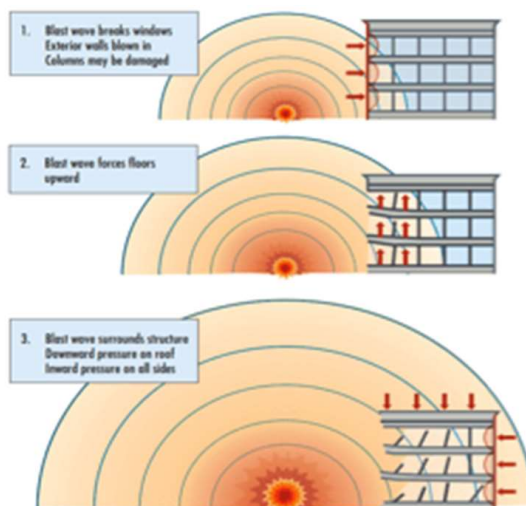
גל הדף

התפשטות גלי הדף על פני הקרקע



גל הדף

התפשטות גלי הדף על פני הקרקע



קינום – Hopkinson Cranz Scaling Law

חוקי הקינום

- פרמטריים עיקריים של פיצוץ (כמו לחץ, משך הפעולה של הלחץ (אימפולס), מהירות וכו') מקיימים את חוקי הקינום ומבוטאים בדרך כלל בביטויים מקונמים.
- השימוש בהם מאפשר ליישם נתונים מפיצוץ אחד לפיצוץ אחר, כל עוד נשמרת

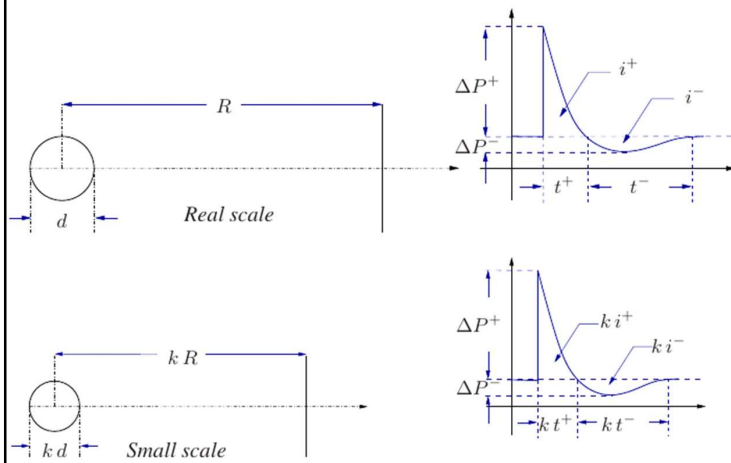
הדמיות

קינום – Hopkinson Craz Scaling Law

חוקי הקינום

פרמטר יסודי הוא המרחק המקונם:

כמתואר בנוסחה, המרחק R לבין השורש השלישי של משקל חומר הנפץ W ממוקד הפיצוץ



$$Z = \frac{R}{W^{\frac{1}{3}}}$$

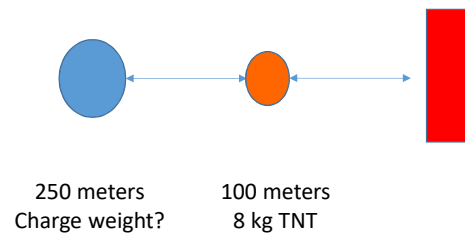
קינום – Hopkinson Craz Scaling Law

חוקי קינום – דוגמא

נתון כדור TNT במשקל 8 קילוגרמים
מרחק הכדור ממטרה 100 מטרים

איזה משקל מטען TNT בתצורה דומה נדרש לקבלת ערך קינום זהה
במרחק 250 מטרים?

$$Z = \frac{R}{W^{\frac{1}{3}}}$$



קינום – Hopkinson Cranz Scaling Law

חוקי קינום – דוגמא

נתון כדור TNT במשקל 8 קילוגרמים
מרחק הכדור ממטרה 100 מטרים

איזה משקל מטען TNT בתצורה דומה נדרש לקבלת ערך קינום זהה
במרחק 250 מטרים?

$$Z = \frac{R}{W^{\frac{1}{3}}}$$

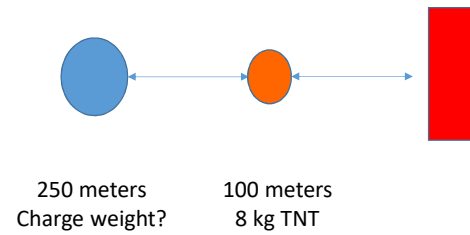
$$Z_{(100m)} = \frac{100}{\frac{1}{8^{\frac{1}{3}}}} = \frac{100}{2} = 50 \left[\frac{\text{meter}}{\text{kg}^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$Z_{(250m)} = \frac{250}{\frac{1}{W^{\frac{1}{3}}}} \left[\frac{\text{meter}}{\text{kg}^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$W^{\frac{1}{3}} = \frac{R}{Z}$$

$$W^{\frac{1}{3}} = \frac{250m}{Z_{(250m)}} = \frac{250m}{50 \frac{m}{\text{kg}^{\frac{1}{3}}}} = 5 \text{ kg}^{\frac{1}{3}}$$

$$W = 5^3 = 125 \text{ kg}$$



קינום – Hopkinson Cranz Scaling Law

חוקי קינום – דוגמא

נתון כדור TNT במשקל 8 קילוגרמים
מרחק הכדור ממטרה 100 מטרים

איזה משקל מטען TNT בתצורה דומה נדרש לקבלת ערך קינום זהה
במרחק 250 מטרים?

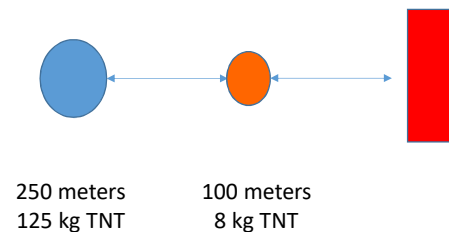
$$Z = \frac{R}{W^{\frac{1}{3}}}$$

$$Z_{(100m)} = \frac{100}{\frac{1}{8^{\frac{1}{3}}}} = \frac{100}{2} = 50 \left[\frac{\text{meter}}{\text{kg}^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$Z_{(250m)} = \frac{250}{\frac{1}{W^{\frac{1}{3}}}} \left[\frac{\text{meter}}{\text{kg}^{\frac{1}{3}}} \right]$$

$$W^{\frac{1}{3}} = \frac{250m}{Z_{(250m)}} = \frac{250m}{50 \frac{m}{\text{kg}^{\frac{1}{3}}}} = 5 \text{ kg}^{\frac{1}{3}}$$

$$W = 5^3 = 125 \text{ kg}$$



שווה ערך חומרי נפץ

שווה ערך של חומרי נפץ

השוואת כמות אנרגיה אגורה בחומר נפץ ביחס לחומר נפץ מסוג TNT

כמות האנרגיה ב 1 קילוגרם C4 שוות ערך לכמה קילוגרם TNT?

שווה ערך	תצורה	חומר נפץ
1.0	יצוק	TNT
0.65	פתיתים	TNT
1.33	פלסטי	C4
0.82	פרילים 94/6	ANFO
0.6	אבקה	AN
0.65	אבקה	TATP
0.8	90/10	ANSU
0.8	93/7	ANC
1.33	82/18	AN/Alu

$$C4 = 1.33$$

$$1 \text{ kg C4} = 1.33 \text{ kg TNT}$$

קינום – Hopkinson Craz Scaling Law

$$Z = \frac{R}{W^{\frac{1}{3}}}$$

חוקי קינום - חישוב באמצעות שווה ערך עבור חומרי נפץ שונים

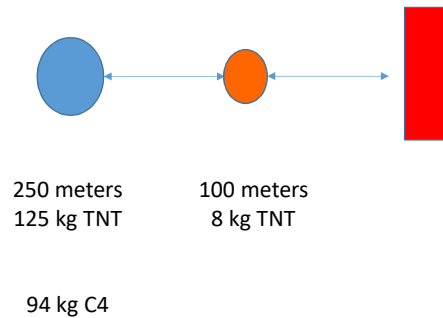
נתון כדור TNT במשקל 8 קילוגרמים
מרחק הכדור ממטרה 100 מטרים

$$1 \text{ kg C4} = 1.33 \text{ kg TNT}$$

איזה משקל מטען C4 בתצורה דומה נדרש לקבלת ערך קינום זהה במרחק 250 מטרים?

$$W_{C4} = 1.33 W_{TNT}$$

$$W_{C4} = \frac{125}{1.33} = 94 \text{ kg}$$



קינום – Hopkinson Cranz Scaling Law

גרף לחץ כתלות במשקל מדומיית

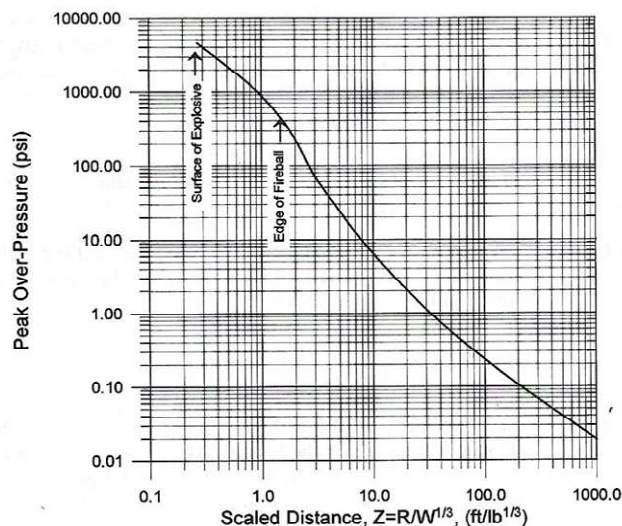
1 foot = 0.3048 meters

1 lb. = 0.453kg

250 m = 823 feet

125 kg = 175 lb

$$Z = 823/175^{1/3} = 126$$



TNT

פיצוץ כלוא

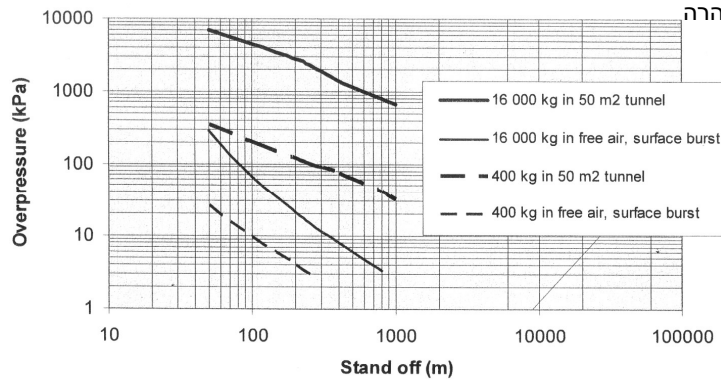
פיצוץ בחלל כלוא חלקית

- פיצוץ כלוא - פיצוץ בחלל סגור בתוך מבנה
- ניתן להבחין בין מצבים אפשריים שונים של פיצוץ כלוא בתוך מבנה, כדלהלן:
 - פיצוץ כלוא בתנאי אוורור מלא, כאשר לפחות אחד הקירות פתוח לאטמוספירה ומתאפשר שחרור מהיר ומלא של לחצי הפיצוץ הפנימי.
 - פיצוץ כלוא- בתנאי אוורור חלקי, המתקבל כאשר למבנה יש שטח פתחים מוגבל במעטפתו ולכן האוורור, כלומר קצב שחרור הלחץ אל החוץ, מתרחש באיטיות יחסית. כליאת תוצרי הפיצוץ מלווה בהצטברות תוצרים גזיים בטמפרטורה גבוהה ובבנייתו של לחץ גזים בתוך המבנה
 - פעולת לחצי ההלם.
 - פיצוץ כלוא-ללא אוורור, מתאים למצב בו המעטפת של המבנה אטומה ואין פתחים אל החוץ, או במצב קרוב לכך, כאשר השטח הכולל של הפתחים קטן מאד. אז יתפתחו לחצי גזים שמשך פעולתם ארוך מאד, בתלות במידת הכליאה, וזאת בנוסף ללחצי ההלם במתפתחים בראשיתו של תהליך הפיצוץ.

פיצוץ כלוא

גורמים משפיעים על שיא הלחץ במנהרה

- אורך המנהרה והמרחק ממוקד הפיצוץ
- שטח פני חתך המנהרה
- מקדמי קשיות וחיכוך דפנות המנהרה
- פניות ושינוי פני חתך המנהרה



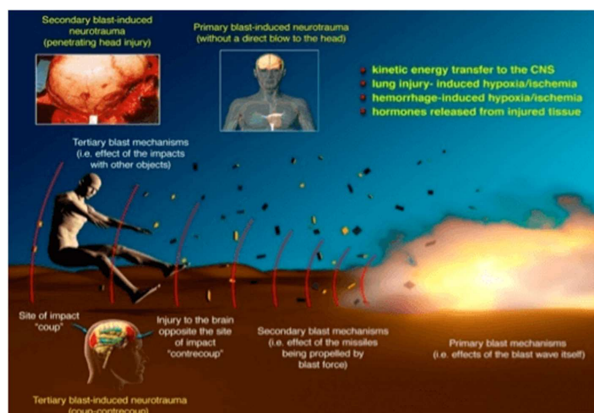
41

שיא הלחץ כתלות במרחק עבור פיצוצים בתוך מנהרה

השפעת הדף על גוף אדם

נזקי שמיעה

נזקים לאיברים פנימיים



השפעת הדף על גוף אדם עור התוף

3. חדף אוויר/ רעש

א. במקרים בהם נדרשת בהתאם לטווח זה מדידת סייסמית, נטוי נסף לקבלת החלטה
הוא בדיוק בדיוק חדף אוויר ע"י חוקים, תקנות ותקנים ובלבד שלא יורעו
ממפסקי הרעש במפסקי בהמשך.

ב. בחינת רעש ספלי הרעש שלא יעלו על המפורט בטבלאות להלן; מפקח עבודה
אוויר רשאי לקבוע רמות מפלסים נמוכים יותר בהתאם לתוצאות בדיוק חדף
האוויר.

(1) מפלס הרעש ב- dB(C) כאשר במפסקי המדידה * יש שקלה "C"

מכנים א'- ב'	מכנים ג'- ד'
109	114

(2) מפלס הרעש ב- dB(L) כאשר במפסקי המדידה * או שקלה "C"

מכנים א'- ב'	מכנים ג'- ד'	גבול התדירויות התחתון בתדירות ליניארית (FLAT) של מכשור המדידה, Hz
135	140	0 - 0.1
132	137	0.1 - 2.0
130	135	2.0 - 8.0

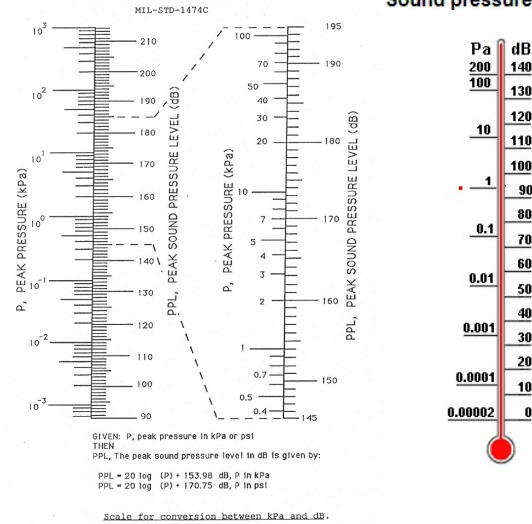
7 מתוך 4
העולה מדידות, כותבת: רחל ספק, 2, מיקוד 91008, ירושלים, סלפון: 6752308/7-02

מדינת ישראל
משרד העבודה והרווחה
אגף המיקוח על העבודה

ימכנה א' - בנין המשמש כבית חולים, בית החלמה, בית הבראה, בית אבות או בית שפיר;
ימכנה ב' - בנין באזור מנזרים בהתאם למבנה לפי חוק התכנון והבניה;
ימכנה ג' - בנין באזור שמקרקעין בו משמשים למטרות מנזרים ולתאור או יותר
משמשים באזור: שטח, מלאכה, בידור;
ימכנה ד' - דירת מגורים באזור שמקרקעין בו משמשים למטרות תעשייה, מסחר או
מלאכה;
ימכנה ה' - בנין המשמש למטרות תעשייה, מסחר או מלאכה באזור שמקרקעין בו
משמשים למטרות תעשייה, מסחר או מלאכה.

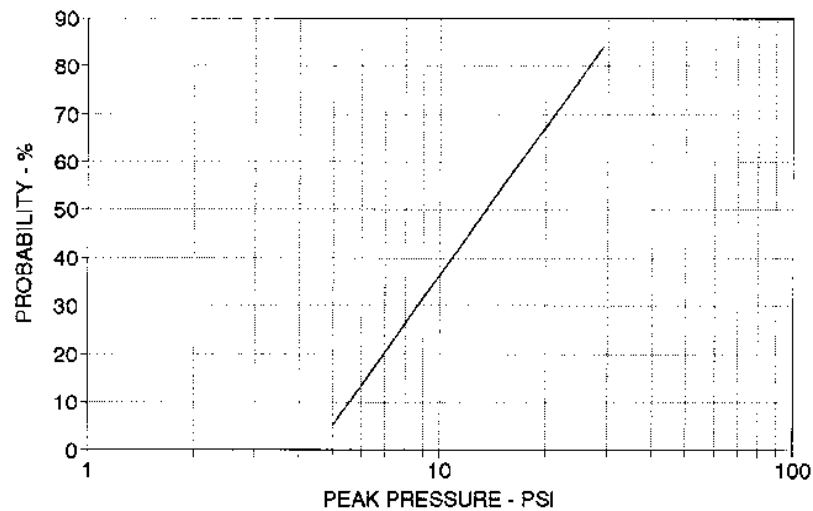
1.1. הסמכות לכיבוע מדידות יוחסין ופסולי בהתאם לדרישות חיצוני
בהתאם למדידות בתקנות למטרות מפסקי רעש לפי סדר, תחשיב - 1990

Sound pressure and Sound pressure level



השפעת הדף על גוף אדם עור התוף

EARDRUM RUPTURE PROBABILITY VS PRESSURE



השפעת הדף על גוף אדם עור התוף

