

14.12.2020

בוקר טוב לכולם



הודעה חשובה:

על פי החלטת מכללת כרמל, הנני להודיעכם כי יתקיים בוחן קצר (אמריקאי) המתייחס להרצאותי בקורס ממונים על פיצוצים. המבחן יכלול 5 שאלות על כל אחד משני חלקי ההרצאה.

לפיכך, נבצע בשלב הראשון ריענון קצר של כרבע שעה. לאחריו תרגול של עוד כעשרים דקות עם דוגמאות. תקבלו עותק PDF מהמכללה של שני חלקי ההרצאה.

ההרצאה היום תיגע יותר בצד המעשי.

בברכה ובהצלחה

עמית



גיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ
אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

קורס ממונים על פיצוצים- חלק

שני

14-12-2020

גיאופיסיקה והפיצוץ המבוקר



גיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

רון עמית

גיאופיזיקאי

B.Sc., M.Sc.

מנכ"ל ובעלים

גיאוטק גיאופיזיקה הנדסית

וסביבתית בע"מ



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק,
לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

גיאופיזיקה?



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

- ❑ גיאופיזיקה היא מדע העוסק בפיזיקה של כדור הארץ והפלנטות
- ❑ אנו נעסוק ביישום של מדע זה בתחומי ההנדסה והכרייה
- ❑ נתמקד בשיטות פיזיקאליות אלה בתחום הפיצוץ המבוקר

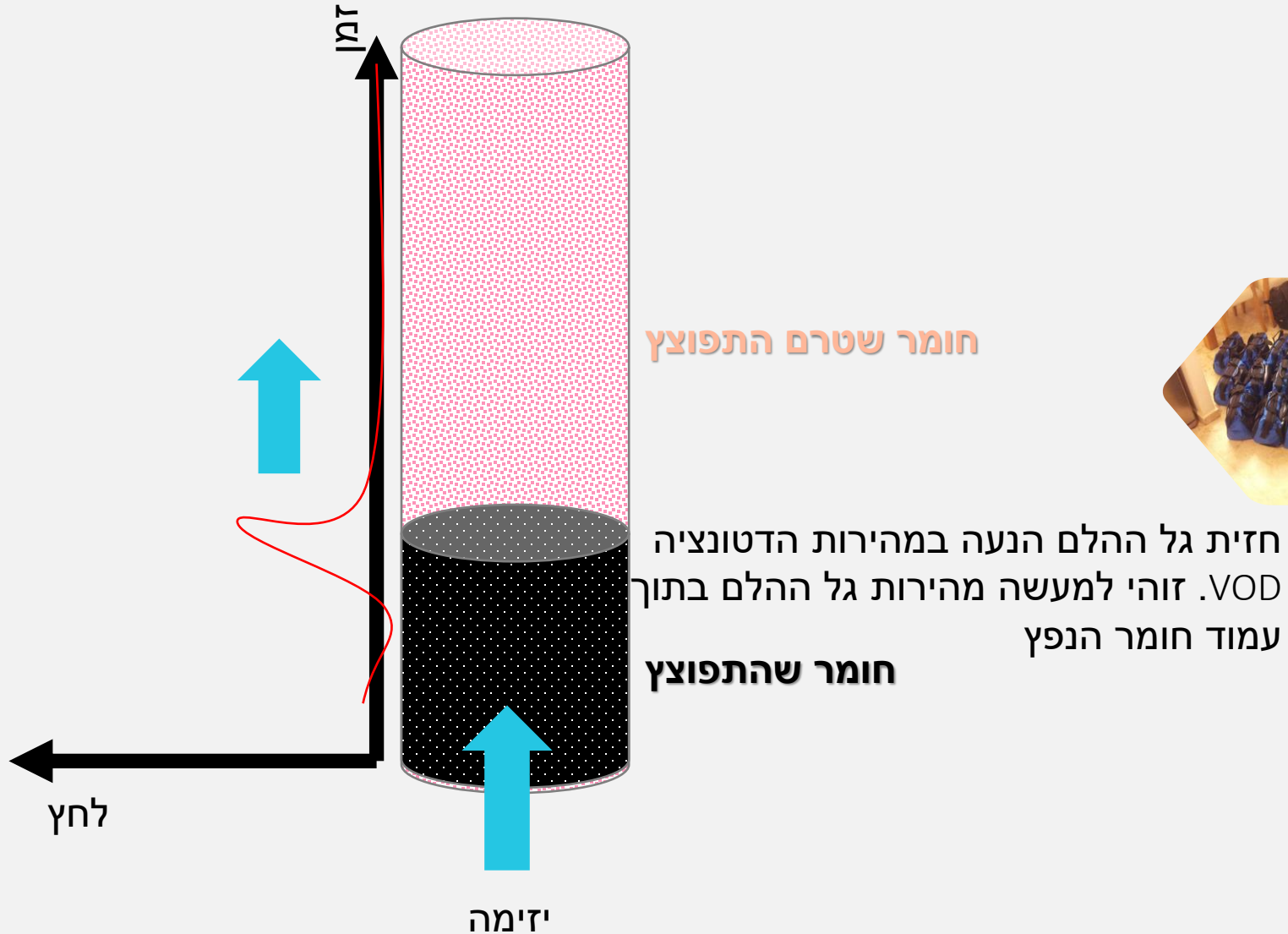


סייסמיקה:

- ❑ הפעלת מקור אנרגיה מלאכותי (פטיש, מרעד=ויברטור, חומר נפץ וכו')
- ❑ הפעלת מקור האנרגיה יוצרת גל סייסמי
- ❑ התפשטות האנרגיה בתת הקרקע באמצעות גלים סייסמיים.
- ❑ התקדמות הגל הסייסמי בתווך גורמת לתנועת חלקיקים בתווך. תנועה זו נמדדת והיא הזעזוע או הרטט.
- ❑ באויר ההתקדמות של האנרגיה היא באמצעות גל הדף. גל הדף חשים אך לא שומעים! התדר הוא מתחת לסף השמיעה האנושית.
- ❑ צורות נוספות של אנרגיה הנוצרות בפיצוץ: רעש אקוסטי, העפת רגמות (אבנים), נישוף של גזי הפיצוץ, חום גלי הלם בקרבה המיידית לקדח הפיצוץ, ריאקציות כימיות, גל הדטונציה, דחיסה של נקבוביות האויר, נוזל בתווך ועוד.



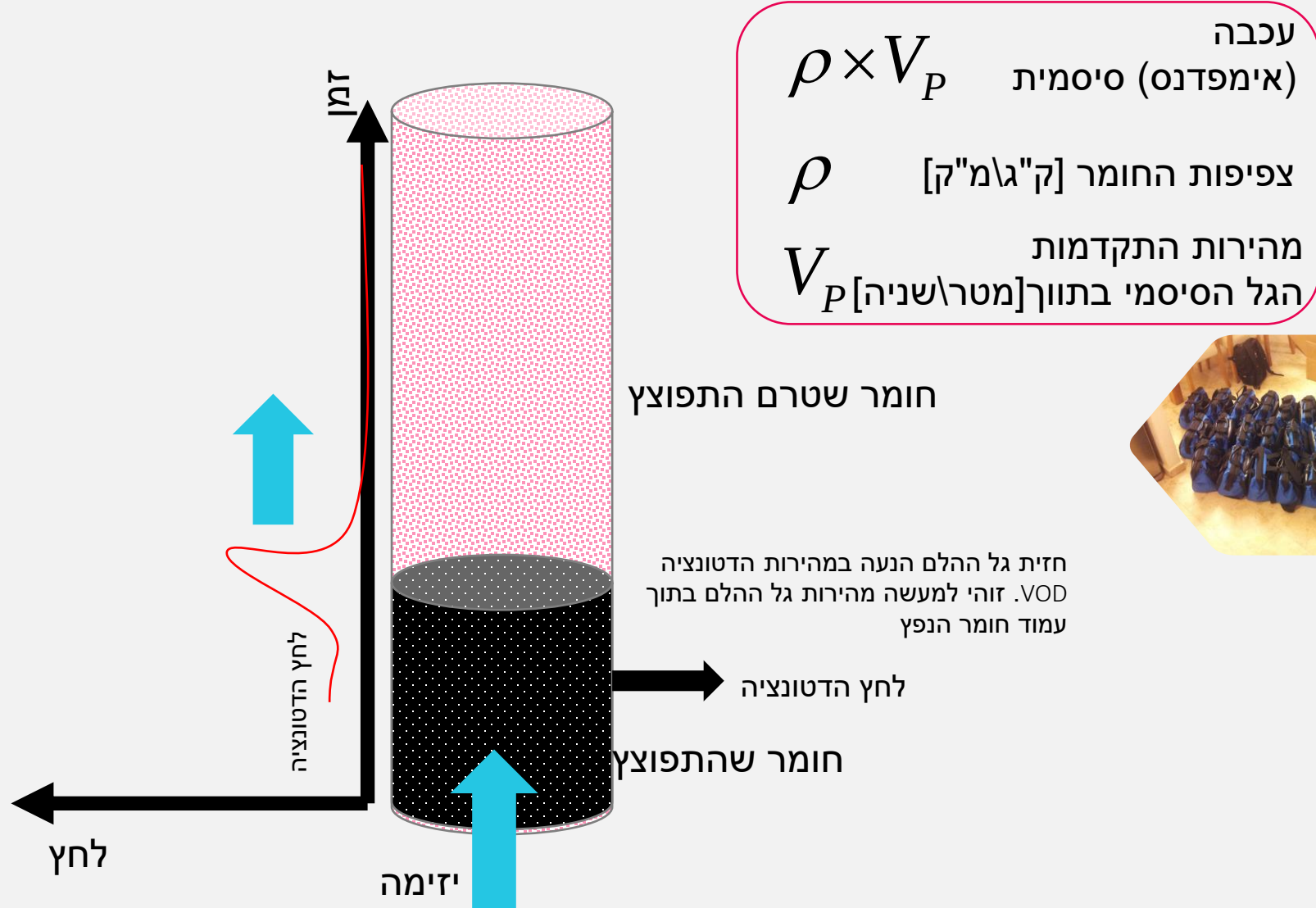
התפתחות גלי ההלם והגלים הסייסמים בקדח הפיצוץ:



התפתחות גלי ההלם והגלים הסייסמים בקדח הפיצוץ המשר:

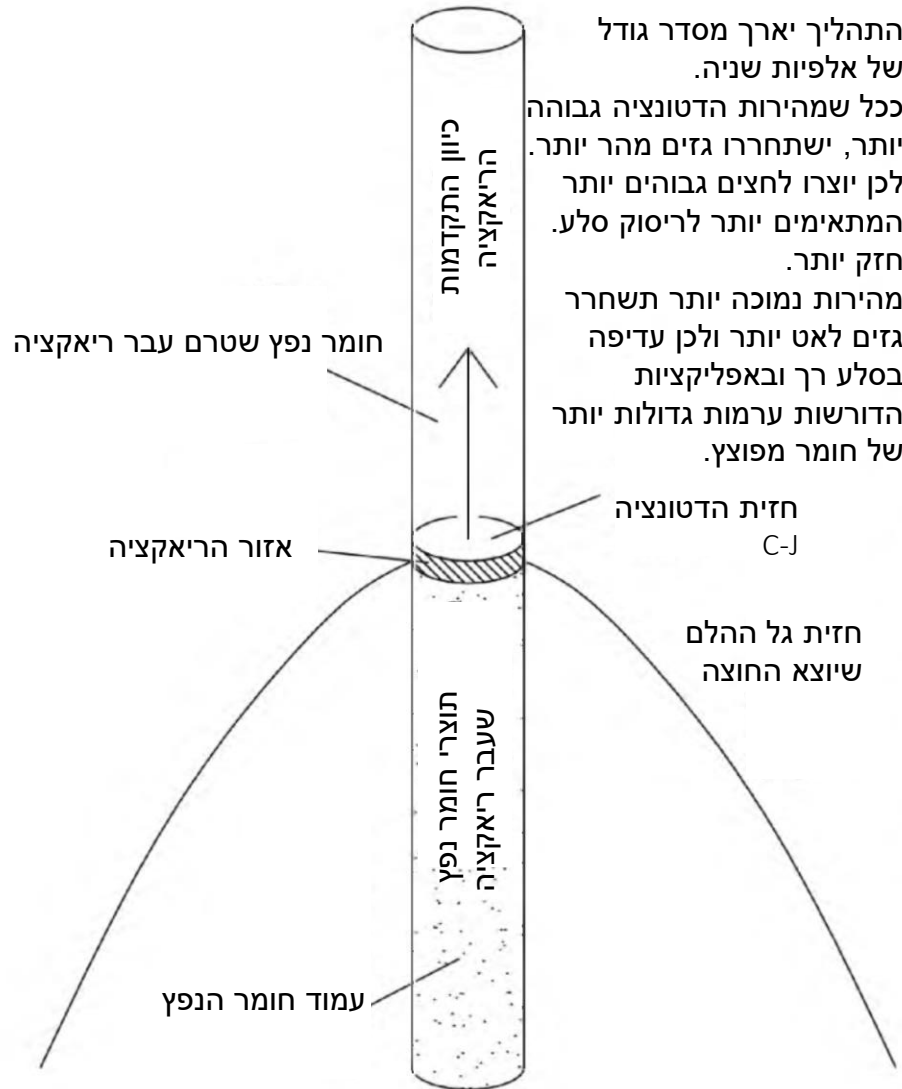


התפתחות גלי ההלם והגלים הסייסמים בקדח הפיצוץ המשר:



הריאקציה והתפתחות גלי ההלם והגלים הסייסמים בקדח הפיצוץ המשך:

מהירויות הדטונציה נעות בין 1500 ל 9100 מטר/שניה



עכבה
(אימפדנס) סיסמית $\rho \times V_P$

צפיפות החומר [ק"ג/מ"ק] ρ

מהירות התקדמות
הגל הסיסמי בתווך [מטר/שניה] V_P

Chapman-Jouguet
(CJ)



עכבת חומר הנפץ = מהירות הדטונציה כפול צפיפות
עכבת הסלע = מהירות גל הלחץ הסיסמי בצפיפותו

יחס העכבות: עכבת חומר הנפץ/עכבת הסלע
יחס של אחד הוא אידיאלי ומאפשר אובדן אנרגיה מינימאלי.

מהירות הדטונציה, VOD, קשורה למאפייני חומר הנפץ

אך גם לדרגת כליאתו וקוטר הטעינה

לחץ הדטונציה:

בקדחים כלואים היטב לחץ הדטונציה יהיה כזה:

$$P_D = K \rho_{\text{exp}} (VOD)^2$$

לחץ הדטונציה [מגה פסקל] P_D K קבוע של חומר הנפץ הספציפי ρ_{exp} צפיפות חומר הנפץ [גרם/סמ"ק] $(VOD)^2$ מהירות הדטונציה [מטר/שנייה]

For
ANFO, $K = 2.375\text{E-}7$. Detonation pressures range on the order
of 9,000-27,500 MPa (9275
kbar), with temperatures from 1,900-4,150 K (3,000-7,000 °F).



לחץ הקדח (על הקירות):

בהמשך התהליך, הגזים בחזית הריאקציה, יוצרים לחץ על דפנות הקדח. זהו לחץ הקדח:

$$P_b = P_d / 2$$

כלומר לחץ הקדח הוא כמחצית לחץ הדטונציה בפיצוץ כלוא.

בפיצוץ שאינו כלוא והמגע בין חומר הנפץ לקיר הקדח פחות הדוק נקבל לחץ קדח קטן בהרבה. לכן חשיבות הצימוד בין חומר הנפץ למדיום אותו הוא מפוצץ.

For a decoupled explosive, the borehole pressure is significantly less. If the constant volume explosion pressures is known, the borehole pressure can be estimated provided that the ratio γ of the specific heat values c_p and c_v is known ($\gamma = c_p / c_v$) (Persson et al. 1994). A typical value for γ is on the order of 1.5.

$$P_E v_E^\gamma = P_B v_B^\gamma$$

where v is the specific volume of the explosive at the indicated state. For a unit length of the blasthole, the specific volume only depends on the diameters of the borehole and charges d_B and d_C , respectively.

$$P_B = P_E \left(\frac{d_B}{d_C} \right)^{2\gamma} \approx P_E \left(\frac{d_B}{d_C} \right)^3 \quad (A.4)$$



השלב השני של הפרגמנטציה הוא יצירת גל

הלם המתקדם החוצה מקירות הקדח לסלע מסביב. הפירוק המהיר של חומר הנפץ לתוצרי גז מייצר לחץ גבוה מאוד המופעל כאמור על דפנות הקדח. בתוך 2 עד 3 קטרים של קדח הפיצוץ, יתרחש ריסוק רחב ולאו דפורמציה פלסטית של הסלע כאשר עוברים את חוזק הלחיצה הדינמי של הסלע.

לאחר שפולס הלחץ המופעל בתוך עמוד חומר הנפץ מגיע לשיאו, הוא דועך אקספוננציאלית, כאשר חלל הקדח מתרחב והגזים מתקררים.

מדידות הראו שחור הקדח מתרחב בטווח שבין 36% - 67% תלוי בסוג חומר הנפץ.

מעבר לטווח מסוים בסלע, אנרגיית גל ההלם פוחתת כך שהסלע עומד בלחצים (דחיסה) ואינו משתנה אולם עדיין יכול להיכשל בגזירה ומתיחה.

הפולסים של הלחץ נעים כלפי חוץ, דוחסים את הסלע ובו זמנית משרים מאמץ טנגציאלי (או "HOOP STRESS"). רכיב המאמץ הטנגציאלי משרה כשל מתיחה בסלע, זה בא לידי ביטוי בתצורה של סדקים המתפשטים רדיאלית כלפי חוץ.

מחקרים מצביעים שאזור הסידוק הזה מתרחש במרחק של קוטר קדח אחד מדופן קדח הפיצוץ.

בתחילה, הצפיפות של הסידוק הרדיאלי גדולה, אולם בכיוון החוצה יותר מספר הסדקים דועך במהירות. גידול בסידוק מתרחש עד כ 20-30 קטרים של הקדח מדופן קדח הפיצוץ.

גודל אזור הסידוק נשלט על ידי:

א. אנרגיית חומר הנפץ ב. קצב שידור האנרגיה לסלע הסמוך ג. מאפייני חוזק הסלע



התפתחות גלי ההלם והגלים הסייסמיים בקדח הפיצוץ המשר:

תחום סייסמי
תחום אלסטי

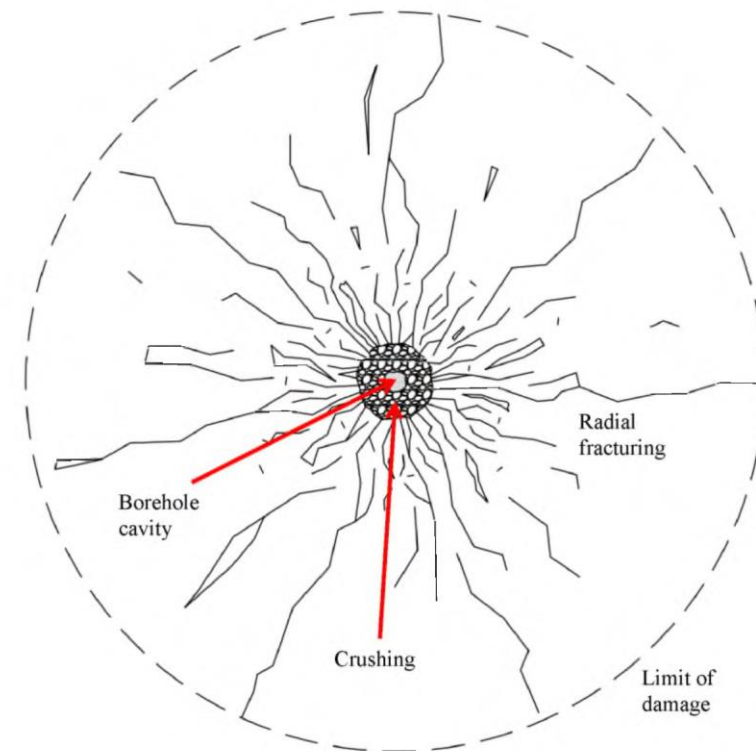
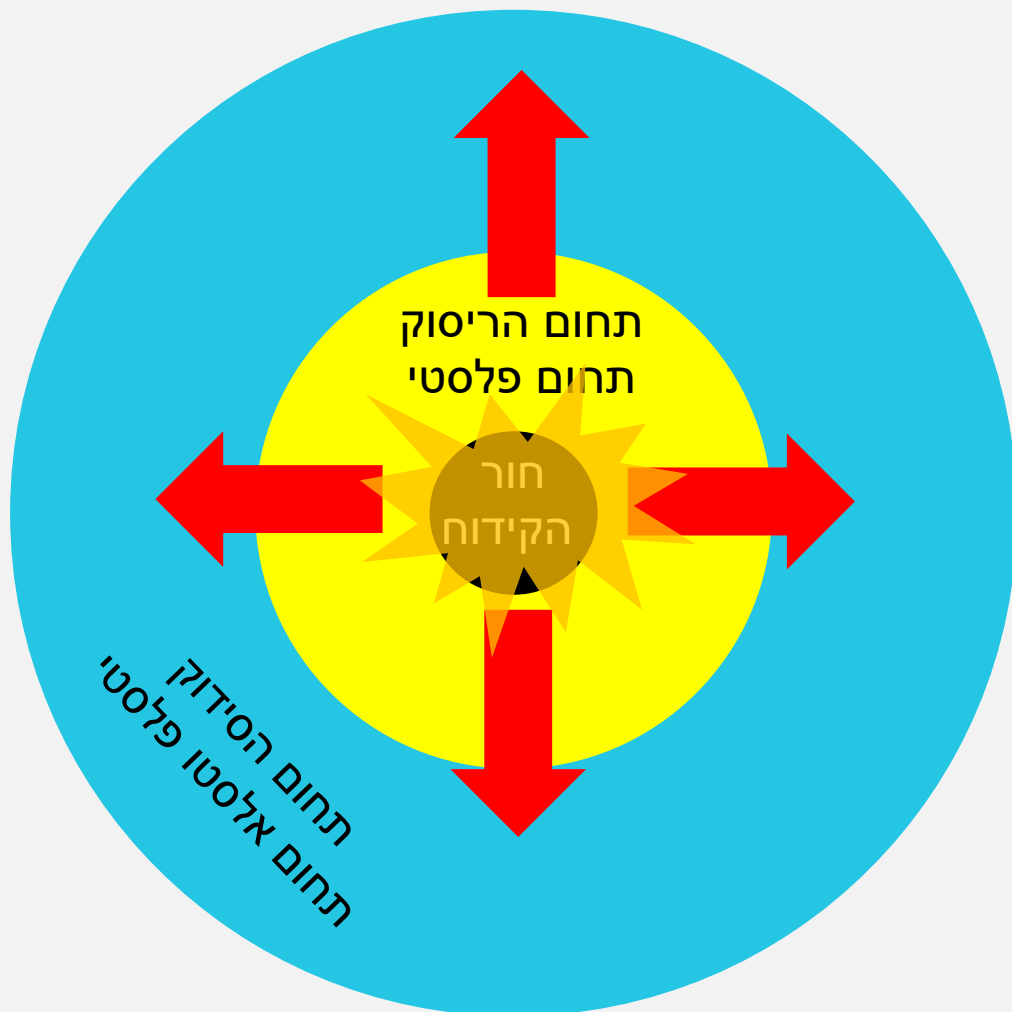


Figure A.3 Regions of damage surrounding an explosive charge



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



תרגיל:

בניח עתה שאנו מפוצצים מנהרה בתוך תווך חולי שצפיפותו 1.4 גרם לסמ"ק ומהירותו הסיסמית היא 600 מטר\שנייה?
איזה חומר נפץ עדיף מבחינת שימור האנרגיה?

העכבה הסיסמית של הקרקע היא 840 מטר\שנייה X גרם\סמ"ק

מהי העכבה של כל אחד מחומרי הנפץ?

אנפו
3400

מאיץ
5750

אמולסיה
5175



הפעלה	עמידות במים	אנרגיה Cal/gr	לחץ דטונציה kBAR	מהירות דטונציה מ/שניה	צפיפות גר/סמ"ק	אנפו-חן
יש להפעיל בעזרת מאיץ	לא עמיד	880	40	4000	0.75-0.85	

הפעלה	איכות גזים	עמידות במים	לחץ דטונציה kBAR	מהירות דטונציה מ/שניה	צפיפות גר/סמ"ק	חנאמקס
נפץ מס' פתיל רועם	טובה מאוד	טובה מאוד	78	5,000-5,500	1.08-1.15	710

קוטר קדח מינימלי	הפעלה	עמידות במים	יעילות יחסית אנפו = 100	מהירות דטונציה מ/שניה	צפיפות גר/סמ"ק	חנאמית
3"	יש להפעיל בעזרת מאיץ חנאמקס	טובה מאוד	113	4,500-5,500	1.125-1.15	1100



תרגיל:

בניח עתה שאנו מפוצצים מנהרה בתוך תווך חולי שצפיפותו 1.4 גרם לסמ"ק ומהירותו הסיסמית היא 600 מטר\שנייה?
איזה חומר נפץ עדיף מבחינת שימור האנרגיה?

העכבה הסיסמית של הקרקע היא 840 מטר\שנייה X גרם\סמ"ק

מהי העכבה של כל אחד מחומרי הנפץ?

אנפו
3400
יחס העכבות:
 $4.047 = 3400/840$

מאיץ
5750
יחס העכבות:
 $6.84 = 5750/840$

אמולסיה
5175
יחס העכבות:
 $6.16 = 5175/840$

אנפו יהיה יעיל יותר
(כמובן שיש מערכת שיקולים שלמה)





תרגיל:

בניח עתה שאנו מפוצצים בסלע שצפיפותו 2.3 גרם לסמ"ק ומהירותו הסיסמית היא 2000 מטר\שנייה? איזה חומר נפץ עדיף מבחינת שימור האנרגיה?

העכבה הסיסמית של הסלע היא 4600 מטר\שנייה X גרם\סמ"ק

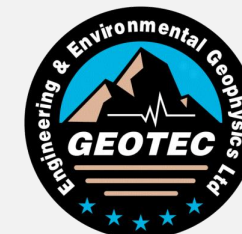
מהי העכבה של כל אחד מחומרי הנפץ?

אנפ
3400
יחס העכבות:
 $0.739 = 3400/4600$

מאיץ
5750
יחס העכבות:
 $1.25 = 5750/4600$

אמולסיה
5175
יחס העכבות:
 $1.125 = 5175/4600$

אמולסיה תהיה יעילה יותר במקרה זה
(כמובן שיש מערכת שיקולים שלמה)



סוגי הגלים הסייסמיים המשך:

□ גלי גוף- גלי לחיצה גלי גזירה (עם קיטובים שונים).

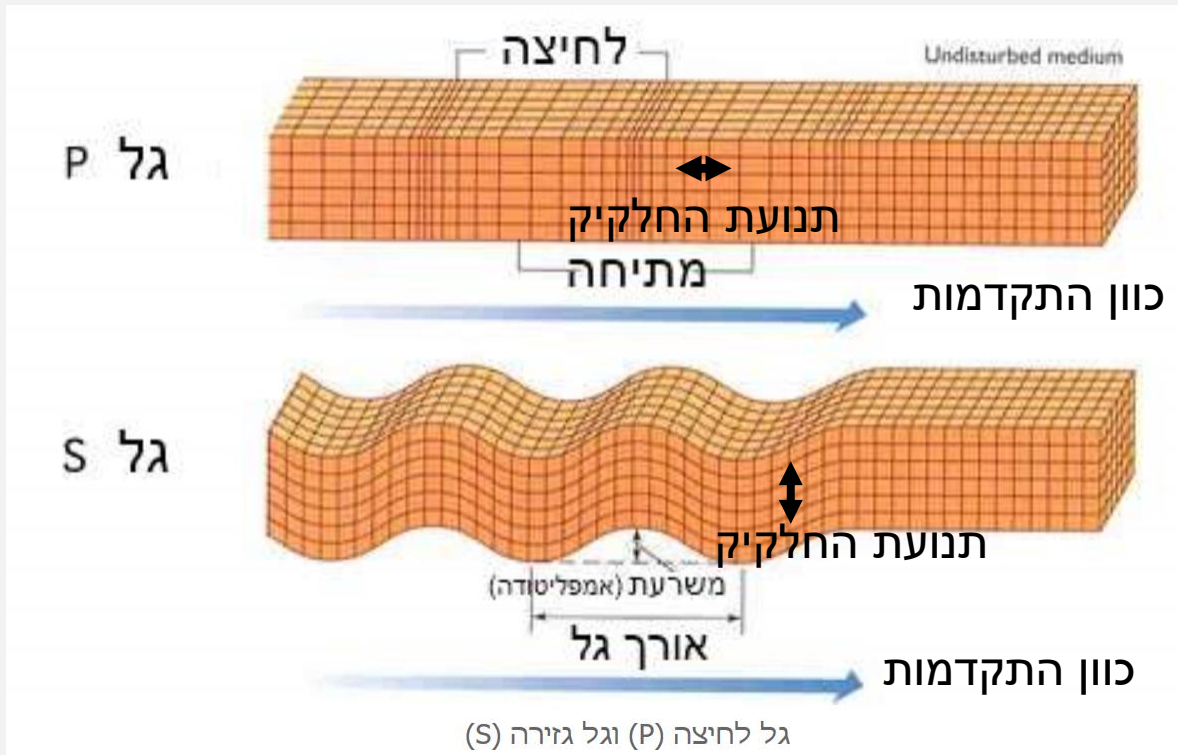
□ גלי שטח- גלי ריילי, גלי לאב, גלי סטונלי

מהירות גלי הלחיצה גבוהה מגלי הגזירה כדי שורש
2. מהירות גלי השטח הם כ-95 אחוז ממהירות גלי הגזירה.

דוגמה לשאלה (אמריקאית):
מהם שני סוגי הגלים הסייסמיים העיקריים?
א. גלי גוף וגלי שטח
ב. גלי גוף וגלי הדף
ג. גלי גוף וגלי קול
ד. גלי שטח וגלי הדף



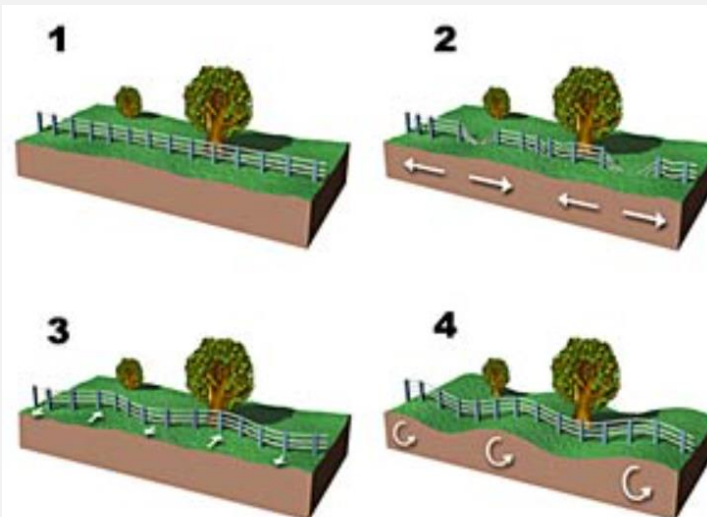
סוגי הגלים הסייסמיים המשך:



גלי גוף



לפני



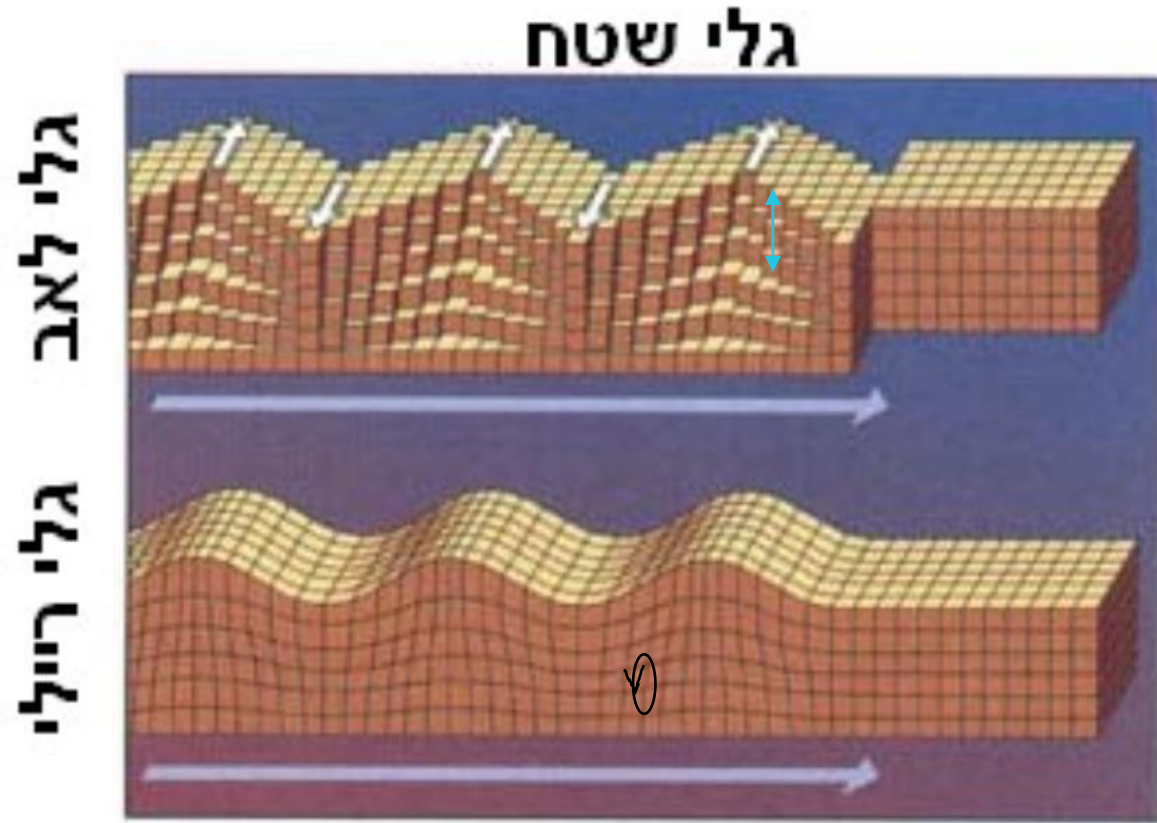
גלי גזירה

גלי לחיצה

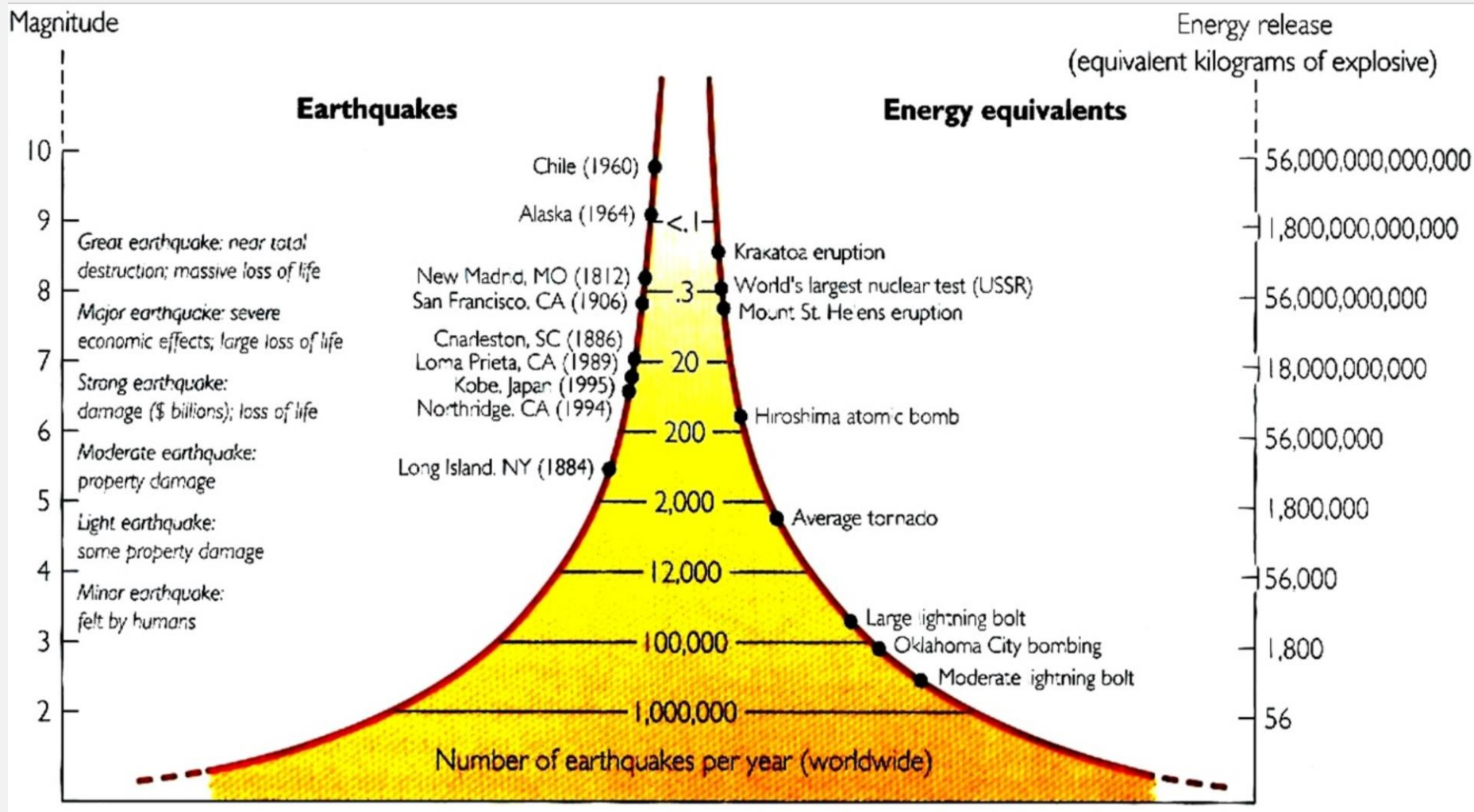
גלי שטח ריילי



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



אנרגיית הפיצוץ תלויה בכמות חומר הנפץ להשהיה
השוואה בין רעידות אדמה לכמות חומר נפץ (טנט)
האנרגיה דועכת במרחק ובחומר.

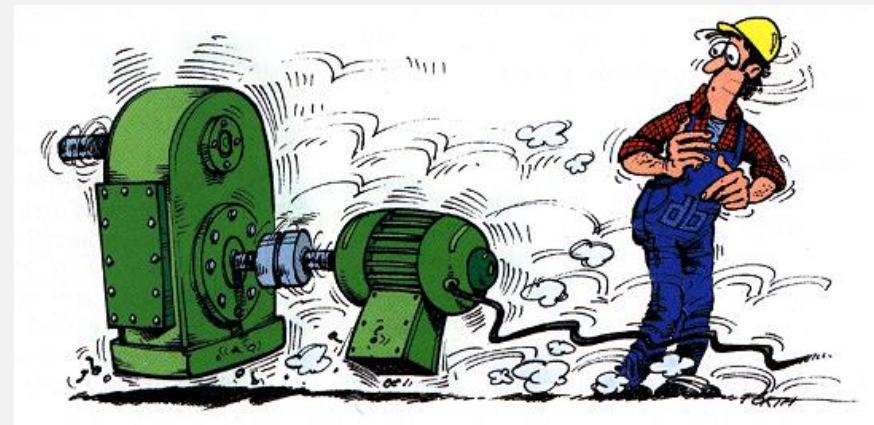
© כל הזכויות שמורות לגיאוסטק גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא
אישור של מחזיק הזכויות בכתב.





מדידות זעזועים

- למה ומדוע?
- בטיחות, בטיחות, בטיחות.
- מניעת נזק ופגיעות בנפש.
- דרישה ברשויות: משרד העבודה, המשרד להגנת הסביבה, רשויות מקומיות, משטרה וכו'
- דרישות הנדסיות: מהנדסי הקרקע
- תלונות של אזרחים פרטיים, עמותות, חברות וקבלנים.
- ייעול החציבה- כמויות חומר נפץ אופטימליות, מניעת הפסקות עבודה.
- שיפור יחס הסביבה לעבודת החוצב- דו קיום בשלום.
- פסיכולוגיה של פיצוצים- גורם מרגיע.

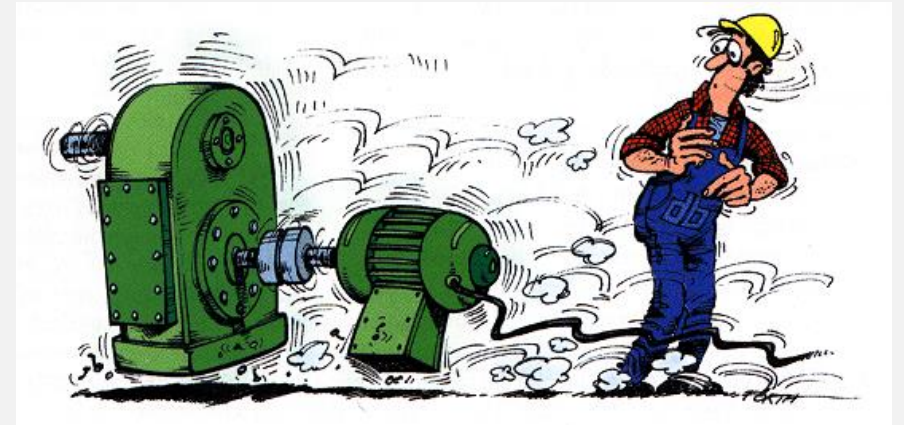
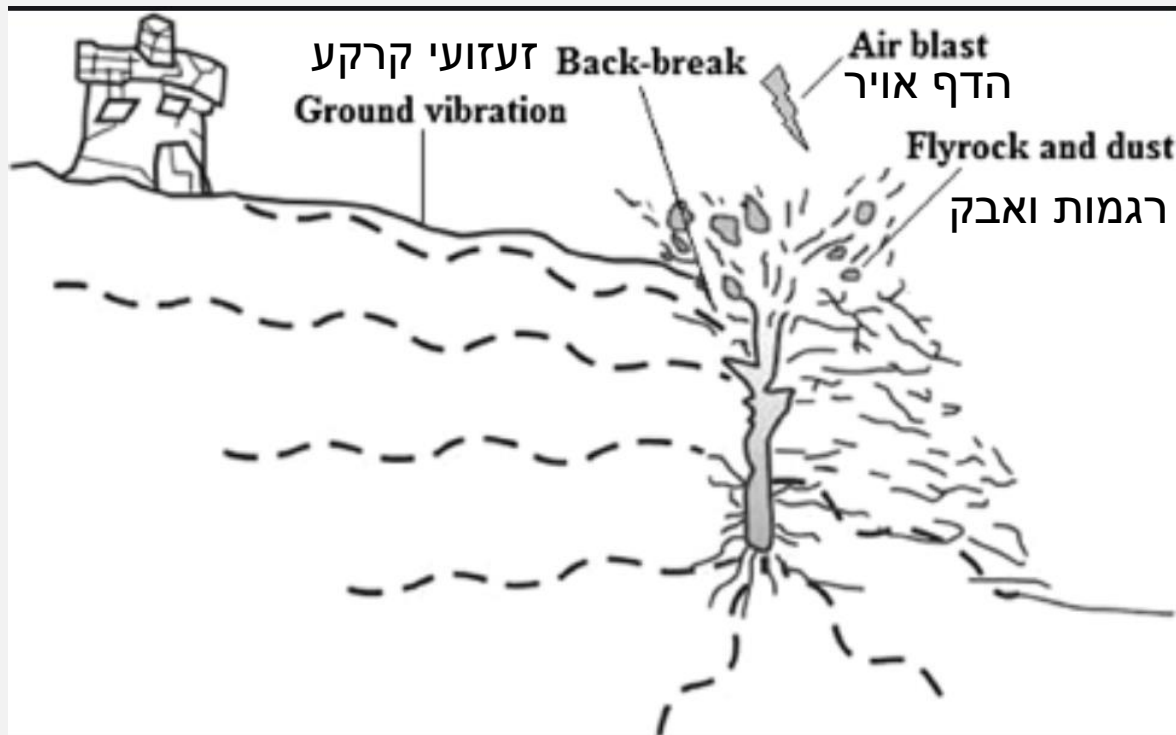


© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

תופעות הלוואי של פיצוץ:



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.





מדידות זעזועים

הדף אויר

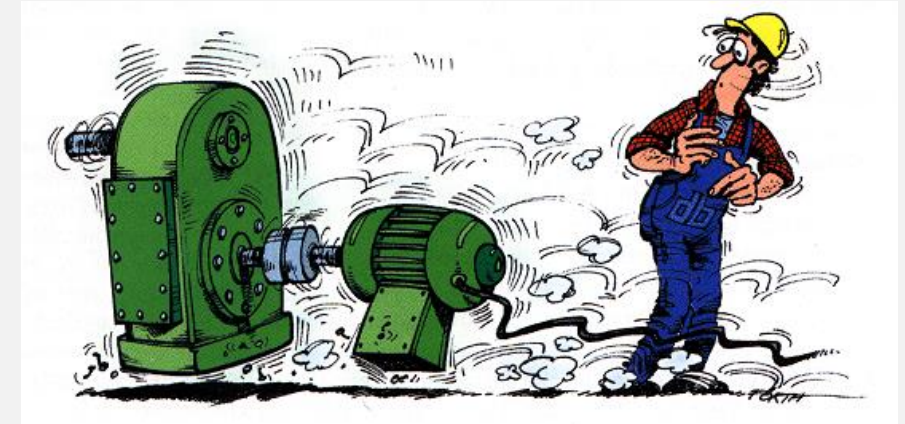
תופעות הלוואי של פיצוץ:

זעזועי קרקע

פיצוץ

רגמות ואבק

רעש



כיצד מונעים? (דוגמה אפשרית לשאלה)

זעזועי קרקע?

- א. עמידה בתקנות
- ב. יצירת חייץ כמו תעלה
- ג. הפנייה גיאומטרית של הפיצוץ
- ד. יצירת חייץ על ידי קידוחים
- ה. חישובים.
- ו. חוק האתר
- ז. שימוש בהשהיות
- ח. שימוש בכמות חומר נפץ
- מתאימה לריסוק הסלע

אבק?

- א. הרטבה של הקרקע
- ב. כיוון הרוח
- ג. אמצעי מיגון שונים

הדף אויר?

- א. עמידה בתקנות
- ב. כיוון הרוח
- ג. גובה בסיס הענן
- ד. קירות, ערמות וחסימות
- ה. חוק האתר להדף אויר

רגמות?

- א. סתימה מתאימה
- ב. שימוש ברשתות ואמצעי מיגון בליסטיים
- ג. שימוש בכמות חומר נפץ מתאימה לריסוק הסלע
- ד. מכסה מתאים

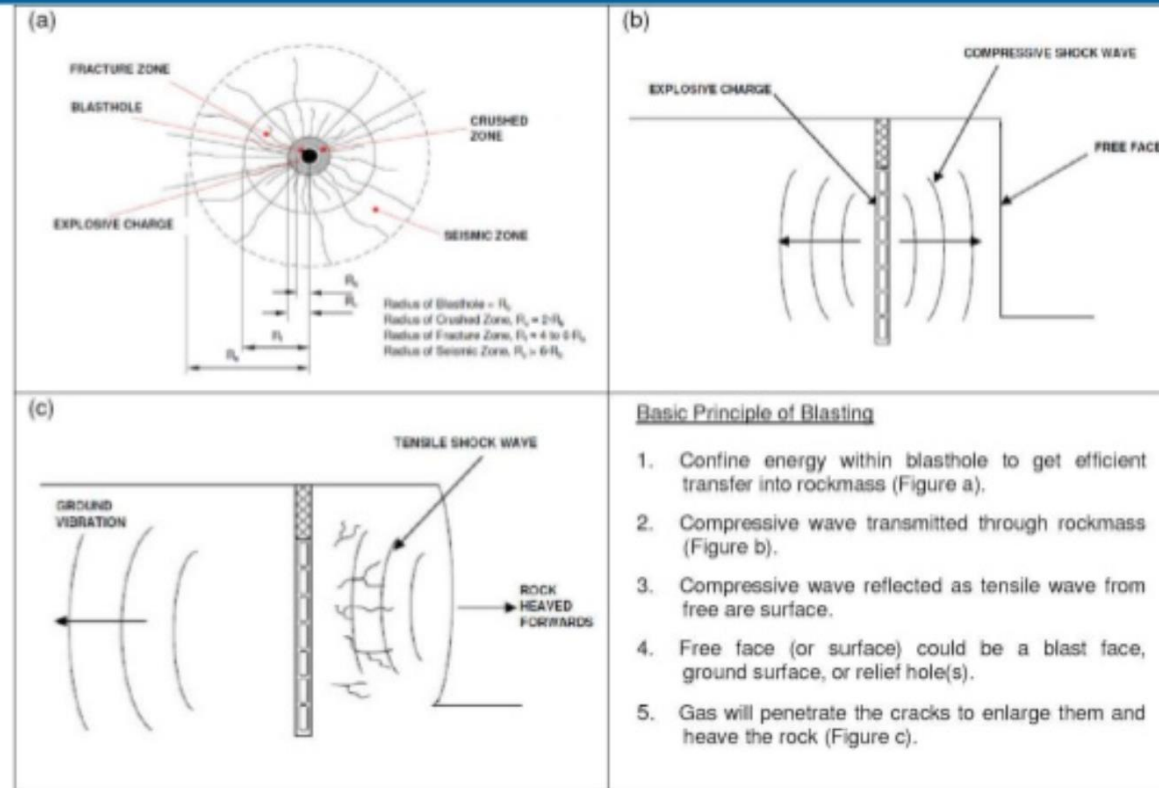
רעש?

- א. פחות רלבנטי בגלל זמן תקיפה קצר
- א. הקפדה על חוקי הרעש ושעות ביצוע הפיצוץ בהתאם לתקנות וחוקים המוכתבים במיוחד לאתר.
- ב. שימוש באמצעים להפחתה ובלימה של הרעש כמו קירות
- ג. מזג האויר



מדידות זעזועים

Blasting Mechanism

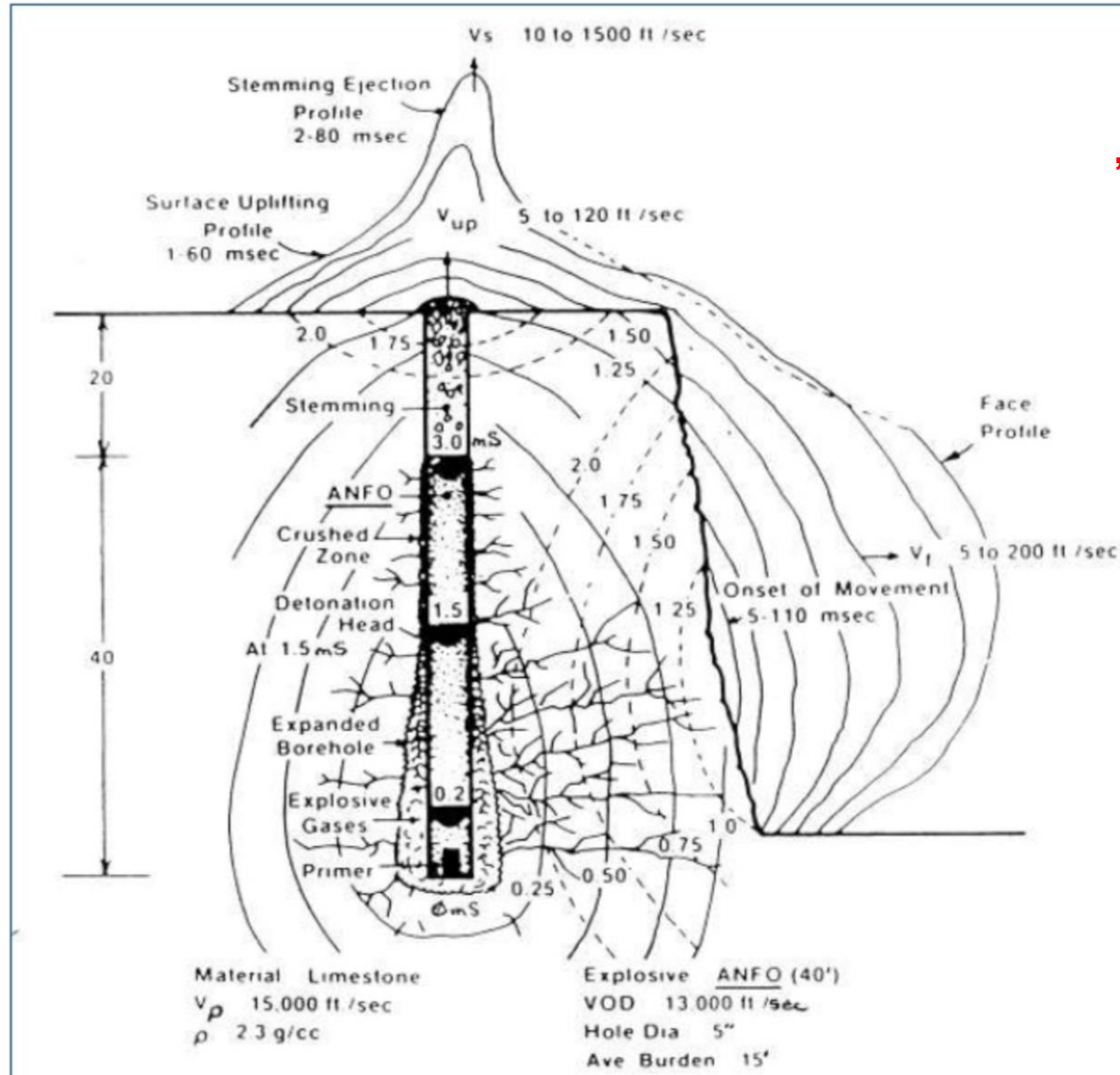


© כל הזכויות שמורות לגיאוטק גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



Blasting Mechanism

מדידות זעזועים



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

Rock Slope Failure Due to Rock Blasting

מדידות זעזועים



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

כשל מדרון:

קריסה

גלישה

כתוצאה מפיצוץ



Slope Stability of Vibration Analysis

מדידות זעזועים

יציבות מדרונות באמצעות מדידות זעזועים
שיטות אנליטיות:
גישה פסיאודו-סטטית (למדרונות קרקע)
גישה אנרגטית (למדרונות סלע)

Analytical Methods:

- **Pseudo-static Approach**
(*GEO Report 15 suggested method*)
(for soil slope)
- **Dynamic Approach**
- **Energy Approach**
(*GEO Report 15 suggested method*)
(for rock slope)

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



Slope Stability Analysis

Conventional limit equilibrium methods to be used [*e.g. Bishop (1955), Janbu (1972), Morgenstern & Price (1965), etc*] :

- Limit equilibrium analyses assume the “Factor of Safety” (FoS) is the same along the entire slip surface.
- If FoS is greater than unity (i.e. $\text{FoS} > 1.0$), the available shear resistance will exceed the required for equilibrium; and hence the slope will be stable with respect to sliding along the specified slip surface as analysed.
- If FoS is less than 1.0, the slope will be unstable.

(Note: There are no “rules” for acceptable factors of safety under seismic conditions)

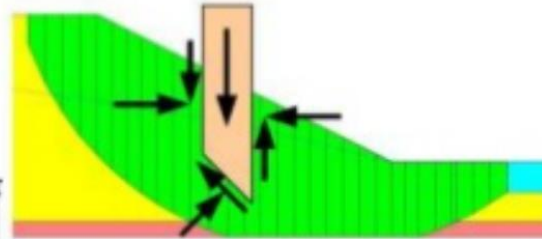
© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

מדידות זעזועים

אנליזת יציבות מדרון
חישוב פקטור הבטיחות



מדידות זעזועים



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק



מדירות זעזועים

Pseudo-static Approach

גישת פסיאודו-סטטית

Wong & Pang, 1992 (i.e. GEO Report 15) suggested:

$$PPV_c = K_c \cdot g / (\omega \cdot K_a)$$

where:

- K_c = the critical acceleration (m/sec^2) at which the slope has a Factor of Safety of 1.0 against failure;
- g = the acceleration due to gravity (m/sec^2);
- ω = the circular frequency of the ground motion ($2 \cdot \pi \cdot f$).
 f is the frequency of ground vibration during blasting;
- K_a = the magnification factor
- PPV_c = Critical Peak particle velocity of ground mass

התאוצה הקריטית בה יש פקטור בטיחות 1
כנגד כשלון המדרון
תאוצת הכבידה
תדירות זוויתית של תנועת הקרקע

פקטור ההגברה

מהירות החלקיק המרבית
הקריטית של מסת הקרקע



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

מדידות זעזועים

Pseudo-static Approach

- **K_c** - can be acquired from some of the geotechnical computer programmes such as SLOPE/W and OASYS-SLOPE
- **ω** - Ground vibration frequency of **30Hz** is adopted as recommended by Wong & Pang (1992).

National Institute of Rock Mechanics (NIRM, 2005) study, the most common frequency of ground vibration (**ω**) reported for construction blasts varies from 10 to 200 Hz, typically greater than 20Hz.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



Pseudo-static Approach

- **Ka** - A ratio of the “*maximum of the net response acceleration at the mass*” to the “*maximum of input acceleration at bedrock*”.

The response acceleration at the mass is subjected to the geometry of the slope and the failure slip.

מדירות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



Dynamic Approach

מדירות זעזועים

גישה דינמית

By considering Hooke's law in the uniaxial conditions, and Newton's second law, the compressive stress wave equation can be written as:

מאמץ הלחיצה של הגל

$$\sigma = \rho \cdot C \cdot V$$

Where:

σ = compressive stress of wave

C = wave velocity of material

V = peak particle of material

מהירות גל הלחיצה בתווך

מהירות החלקיק המירבית

Noted that "*longitudinal (P-) wave velocity, C_p* " in a material is always greater than "*transverse (S-) wave velocity, C_t (or C_s)*".

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



Energy Approach

גישה אנרגטית

The critical particle velocity (PPV_c) can be estimated as the rock block will be driven to a state whereby peak shear is developed at the rock joint:

$$PPV_c = \left[\frac{g}{0.91} (\delta_p) \sin \beta \left(\frac{\tan \phi'_p}{2 \tan \beta} + \frac{\tan \beta}{2 \tan \phi'_p} - 1 \right) \right]^{1/2}$$

Where:

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

β = failure plane angle of rock block

δ_p and ϕ'_p which are empirical formulae given by Barton 1990

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

- תיאוריה על קצה המזלג:
- בזמן ביצוע פיצוץ או הפעלת מקור אנרגיה אחר בתוך שכבת סלע, משתחררת אנרגיה.
- חלק מהאנרגיה מתפשטת באויר- בצורת הדף אויר. הדף האויר הוא השינוי בלחץ האויר בתחום שאינו נשמע ע"י אוזן האדם. הרעש האקוסטי שהוא בתדר גבוה יותר נשמע ע"י בני אדם. הדף האויר הוא בעל פוטנציה לגרימת נזק למבנים וגם לבני אדם. הרעש האקוסטי אינו מסוגל לגרום נזק למבנה.
- חלק נוסף מהאנרגיה מתפשט בצורת גלים סייסמיים (גלים אלסטיים המופיעים בצורת גלי לחיצה, גזירה וגלי שטח).



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

- הגלים הסייסמים מתפשטים בצורה כדורית לכל הכוונים, כאשר מרכז הכדור הוא מרכז הפיצוץ. מהירות ההתקדמות שלהם בתת הקרקע בין מאות לאלפי מטרים בשניה. מהירות ההתקדמות באויר לעומת זאת היא 330 מטר\שניה.
- בעת מעברם גורמים הגלים הסייסמיים לזעזוע (המאופיין בתנועה החלקיקית).
- הזעזוע מאופיין ע"י ארבעה גדלים: תדירות, המשרעת, מהירות ותאוצה.
- לצורך קביעת מידת הסיכון למבנים, מתייחסים בדר"כ למהירות החלקיק של הזעזוע הנוצר בבסיס המבנה או בקרקע הסמוכה לבסיסו.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

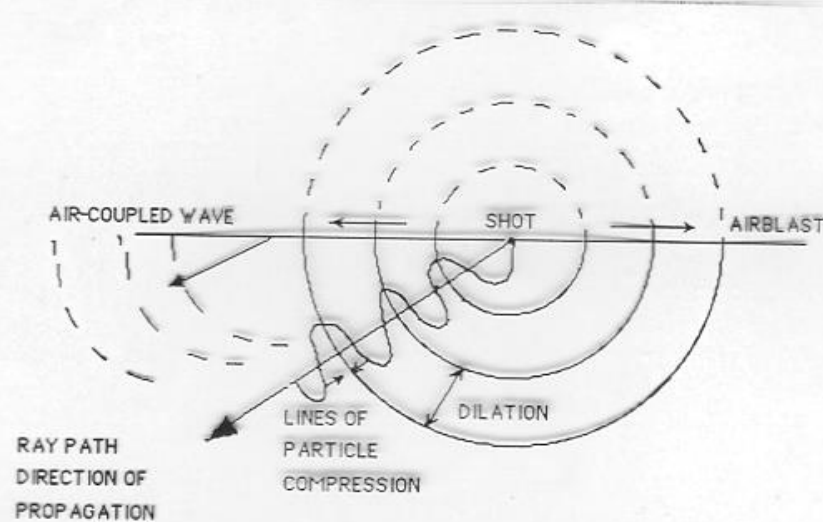


Fig. 8. Compressional wave transmission.

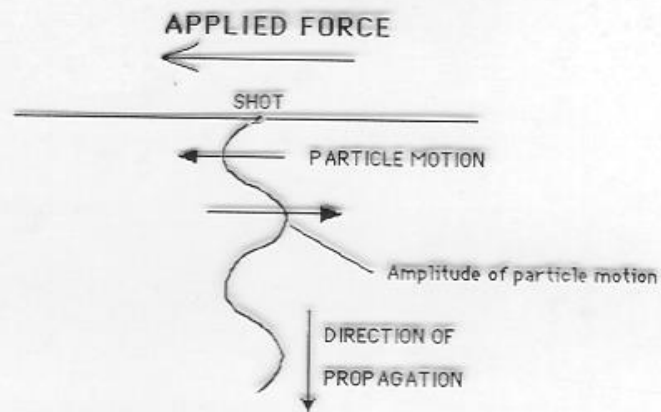
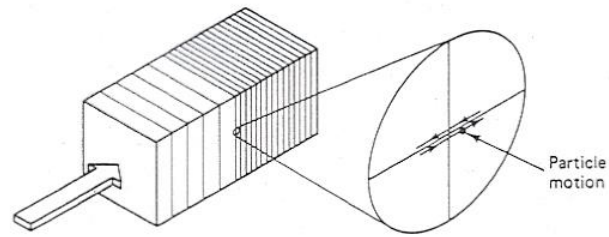


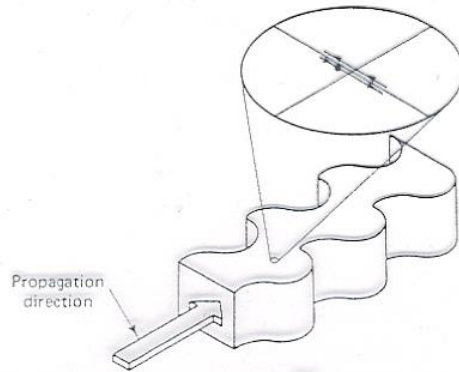
Fig. 9. Shear wave generation.

מדידות זעזועים

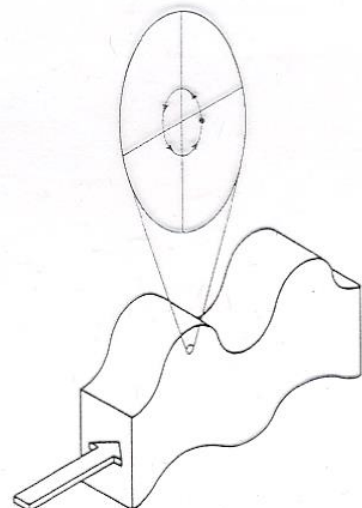
© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



(a)



(b)



(c)

Figure 2-2 Particle motion variation with wave type: (a) compressive; (b) shear; (c) Rayleigh.

מדידות זעזועים

□ 90% מהאנרגיה הזו משמשת לשבירת הקשר המולקולרי בסלע ולשבירתו או הדיפתו (בפיצוץ) או ריסוקו וסדיקתו באמצעים אחרים.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

- רק 10% מהאנרגיה "בורחת" על ידי זריקת אבנים, על ידי יצירת קול או הדף אויר ויוצרת זעזועים בקרקע.
- כאמור בעת מעבר הגלים הסייסמים נוצר זעזוע אותו אנו מודדים.



מדידות זעזועים

- ניתן לאפיין את הזעזועים במספר דרכים: העתק או התזוזה של החלקיק, מהירות התזוזה של החלקיק (נגזרת ראשונה בזמן), תאוצת החלקיק (נגזרת שניה בזמן) והתדירות של התנודה.
- מאז מחצית שנות ה-60 של המאה שעברה מקובל להעריך את הסיכון הנגרם למבנים באמצעות מהירות חלקיק ותדירות.
- הציוד המשמש למדידות זעזועים הוא סיסמוגרפים ניידים וקטנים. החיישן המשמש למדידות מכונה גיאופון. מעצם טבעו גיאופון מודד את מהירות החלקיק. המדידה מבוצעת במערכת תלת רכיבית אורטוגונלית.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

- מרבית המכשירים המודרניים רושמים את התנודה, ומספקים תדירות, מהירות חלקיק, העתק ותאוצה.
- מכשירים המשמשים למדידת העתק הם אקסטנסיומטרים או מדי פתיחת סדקים.
- מכשירים המשמשים למדידת תאוצה מכונים אקסלומטרים (משמשים בדרך כלל בתדרים נמוכים יותר).
- כל מקור אנרגיה מתאפיין בסוג זעזוע שונה: פיצוץ (גם פיצוץ מושהה) הוא בעל אופי אימפולסיבי וכנ"ל הידוק דינמי. זעזועים מברייקרים הם ארוכי מועד ומתמשכים. כל סוג של זעזוע טומן בחובו סיכונים אחרים.
- כאשר דנים בהשפעת זעזועים יש להתייחס להשפעתם על מבנים ועל הטרדה הנגרמת לאנשים. כאשר מדברים על בני אנוש יש להבין כי רגישותם גדולה פי כמה מרגישות המבנה. בכל מקרה מדובר בעניין פסיכולוגי ואפילו הייתי אומר פסיכוסומטי.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

**נסכם: הגל הסייסמי מתפשט ממקור האנרגיה וגורם לתנודת
חלקיקים בקרקע ולתנודה (זעזוע) של המבנים שבתוכה או
על פניה. זעזוע חזק עשוי לגרום לנזק למבנה עד כדי הריסתו
המוחלטת.**



מדידות זעזועים

תגובה סטרוקטורלית של מבנים

- גובה המבנה משפיע על התגובה לזעזועים
 - בניינים נמוכים מושפעים יותר מתדרים גבוהים
 - בניינים גבוהים מושפעים יותר מתדרים נמוכים
- USBM - ועדת המכרות האמריקאית: הקריטריון שלהם מושפע מתגובת התדר של בתים
 - מניסיונם (הרב), מרבית המבנים והבתים מושפעים מתדרים שבתחום 12 ל- 40 הרץ. התדירויות העצמיות של מבנה המבטאות את תדרי התהודה נעות בין: 4 הרץ ל- 20 הרץ.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

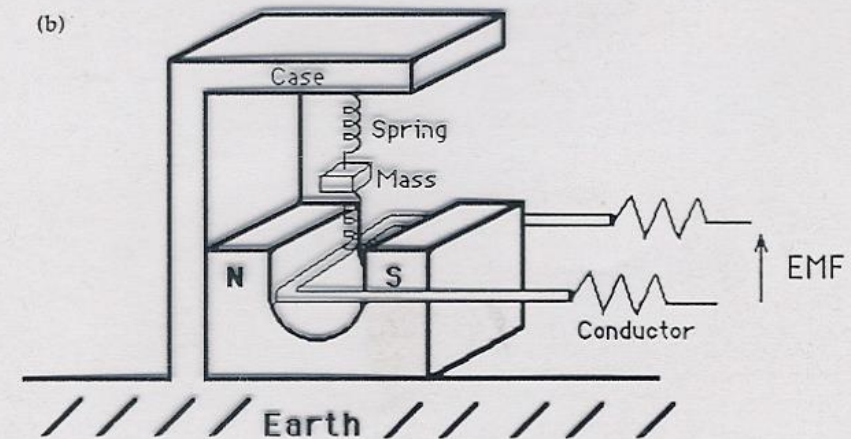


Fig. 34. Geophones. (a) A geophone cutaway (courtesy of Mark Products). (b) A schematic diagram of a geophone.

□ במסגרת סקרים למדידת זעזועים
משתמשים בסייסמוגרפים אשר
מחוברים לסנסור (גלאי) המכונה
גיאופון.

□ הגיאופון מורכב מקפיצים
(אלקטרומגנטים) תלת רכיביים- כלומר
רגישים לתנודות בשלושה כוונים.
האלקטרומגנט מתרגם את התנועה
המכנית (הזעזוע) לאות חשמלי.
□ המכשיר מצויד במיקרופון המודד את
הדף האויר.

□ המכשיר כולל יחידת זיכרון לרישום
ותצוגה דיגיטלית.

□ כל הציוד שלנו מזווד עם מודם סלולרי
להעברת נתונים ובקרה מרחוק.

□ תצוגת מכשיר למדידת זעזועים
ותקשורת.

InstanTech

Date/Time: Wed at 13:51:59 January 3, 2001
 Trigger Source: Geo. 12.7 mms
 Mic: 121 dB(L)
 Range: Geo. 254 mms
 Record Time: 1.0 sec at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number: 628175 V 4.9-4.9 SteelPlate III
 Battery Level: 7.0 Volts
 Calibration: December 10, 2000 by InstanTech Inc.
 File Name: C0015C16.200



Notes:
 Client: BEST CONSTRUCTION
 Location: 100 Feet south of blast
 Use: David Seal
 Notes: Production Blast, Panning.

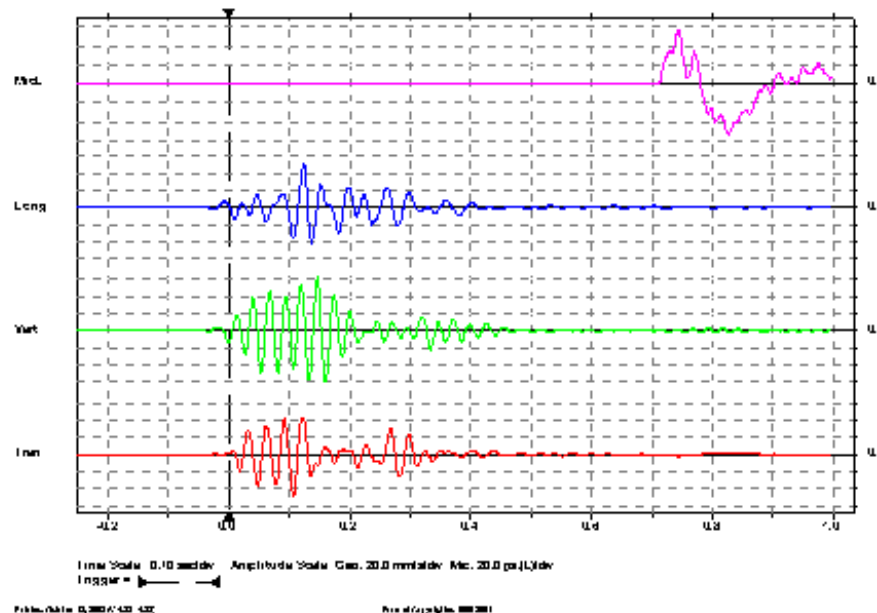
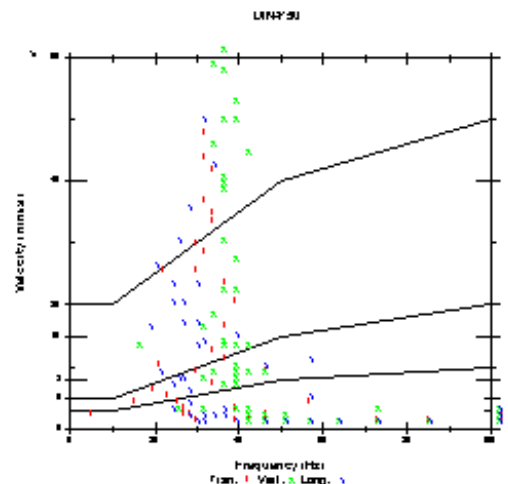
Extended Notes:
 GPS Coordinates:
 NAD 83 20 28.2 W 15 54 18.7

Peak to Peak Notes:

Microphone: Linear Weighting
 175 Hz
 123.5 dB(L) at 0.044 sec
 AC Freq: 7.2 Hz
 Channel Task: Passed (Freq = 17.1 Hz Amp = 202 mV)

	Time	Yark	Long	
175 Hz	47.8	82.0	49.3	mms
AC Freq	92	97	92	Hz
Time (Ref. to 1mg)	0.108	0.148	0.129	sec
Peak Acceleration	0.283	1.43	1.08	g
Peak Displacement	0.228	0.279	0.250	mm
Waveform Check	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum: 77.4 mms at 0.121 sec



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
 גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
 להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדירות זעזועים

ציוד מדידה



© כל הזכויות שמורות לגיאוסטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

תוכנה



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

תקנים ותקנות

- תקנים ותקנות
 - על פי חוקי מדינה, או חוקים מקומיים או נוהלי עבודה נדרשים לבצע מדידות סייסמיות לנטור הזעזועים.
- המדידות מאפשרות הגנה על המבנים והרכוש, הגנה מפני תביעות משפטיות, מאפשרות שיפור ביצועים של פיצוצים (או פעילות אחרת) ותוכניות החציבה/ כריה.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

בנושא זעזועים
ממקורות אחרים-
אין התייחסות
ומשתמשים בתקן
הגרמני המתייחס
לכך.



- **תקנים ותקנות:** במדינת ישראל נכון להיום אין תקן בנושא הזעזועים או הדף אויר. יש תקנות שונות ונהלי עבודה.
- **במחצבות:** יש תקנה של המשרד להגנת הסביבה במסגרת התקנות למניעת מפגעים המגדירה את עוצמות הזעזוע המרביות במבנים בפיצוץ ממחצבות. תלות של מהירות החלקיק בתדירות, מהירות חלקיק במרחק, כמות חומר נפץ מרבית להשהיה כתלות במרחק, חוקי אתר. מאמצת את התקנות הפדרליות של ארה"ב.
- **בנושא הדף אויר** יש שוב תקנה של המשרד להגנת הסביבה בנושא הדף אויר מפיצוצים.
- **בשאר המקומות?** התקן הגרמני DIN4150 או נהלי עבודה של מפקח עבודה ראשי לביצוע פיצוצים בשטח בנוי.

מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק

גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

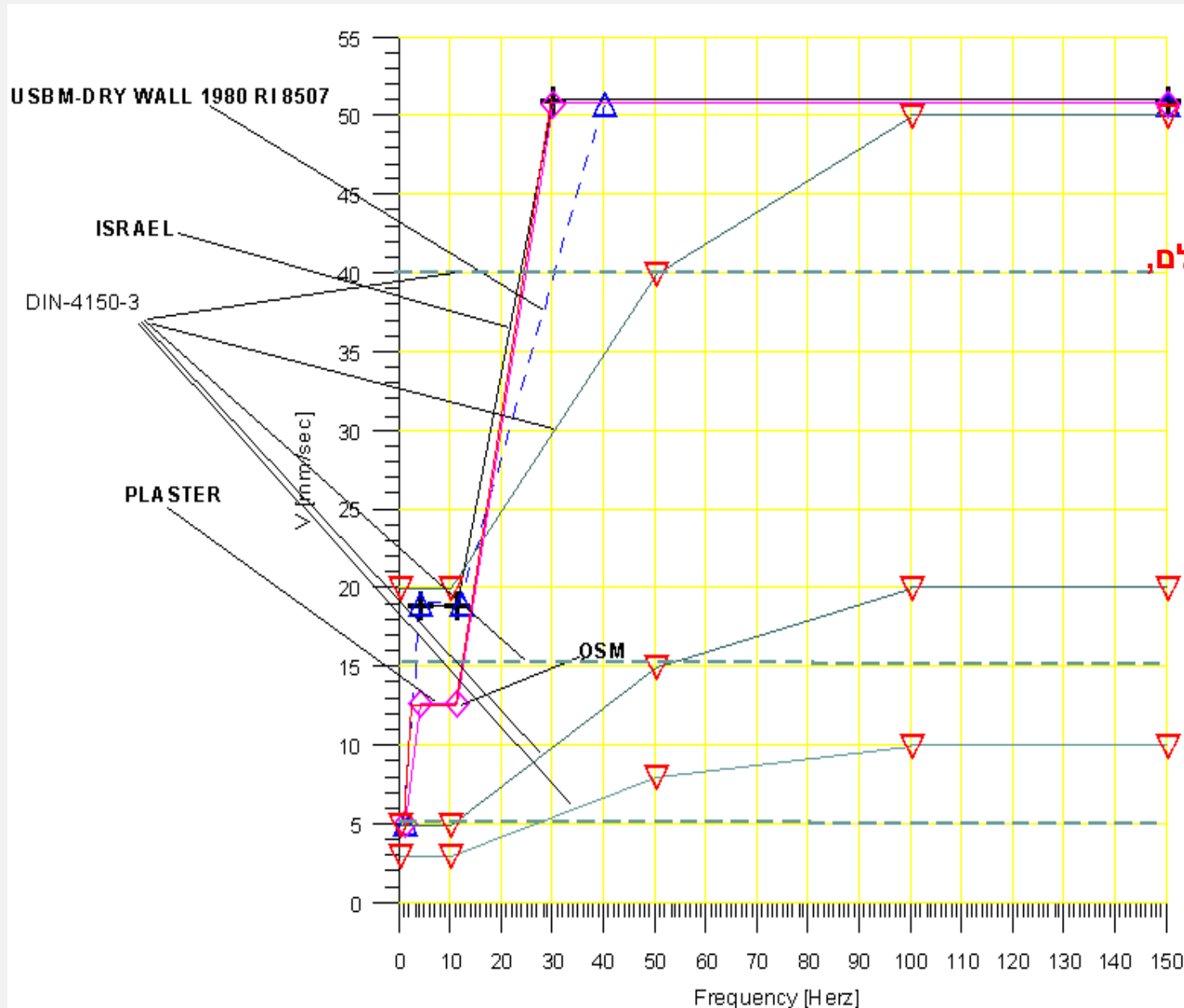
נוהלי העבודה מאמצים את התקן האמריקאי אולם מתירים שימוש בתקן הגרמני במקרים מיוחדים. הם מטילים ביצוע ניטור זעזועים ומדידות חוק אתר במרחקים של 300 מטר ו- 100 מטר ממבנים בהתאמה. בפועל התקן הגרמני הוא זה שנאכף בכל הפרוייקטים הגדולים.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוסק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

תקנים ותקנות



מדידות זעזועים

מדידות זעזועים, ניטור וחוקי אתר

סוגי הסקרים:

- בפיצוצים (מחצבות, חציבה בשטח בנוי, הריסה וחבלה, פיצוצים מיוחדים):
- מדידות זעזועים, מדידות זעזועים והדף אויר, מדידות הדף אויר על בסיס יומי או פרוייקט.
- מדידות זעזועים וחישוב חוק האתר לפיצוצים.
- מדידות הדף אויר וחישוב חוק האתר להדף אויר.
- ניטור זעזועים לפרק זמן ממושך במשך 24 שעות ביממה בבקרה ושליטה מרחוק.
- מדידות זעזועים מיוחדות.
- חישוב משואת כמות חומר הנפץ המרבית להשהיה כתלות במרחק. מפות קונטורים טבלאות.
- הערכת נזקים וממדי הרס.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

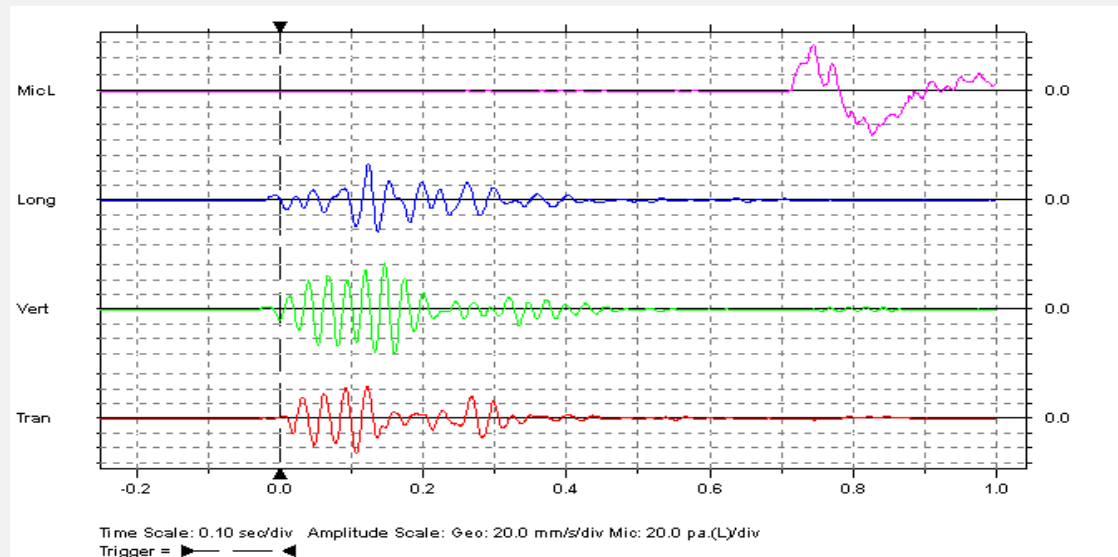
- בעבודות חציבה עם ברייקר או אמצעי חציבה אחר, מיקרופייל. עבודות גיאוטכניות להידוק דינמי, עבודות עפר, בנייה וסלילה, מכבשים, משאיות, מכונות, החדרת כלונסאות, רכבות ועוד:
- מדידות זעזועים על בסיס יומי או פרויקט.
- מדידות זעזועים וחישוב חוק האתר לפי סוג מקור האנרגיה.
- מדידות הדף אויר וחישוב חוק האתר להדף אויר.
- ניטור זעזועים לפרק זמן ממושך במשך 24 שעות ביממה בבקרה ושליטה מרחוק.
- מדידות זעזועים מיוחדות.
- חישוב מרחקי הפעלה כתלות ברמת האנרגיה המופעלת. מפות קונטורים טבלאות.
- הערכת נזקים וממדי הרס.



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

מדידות זעזועים, ניטור וחוקי אתר



מדידות זעזועים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

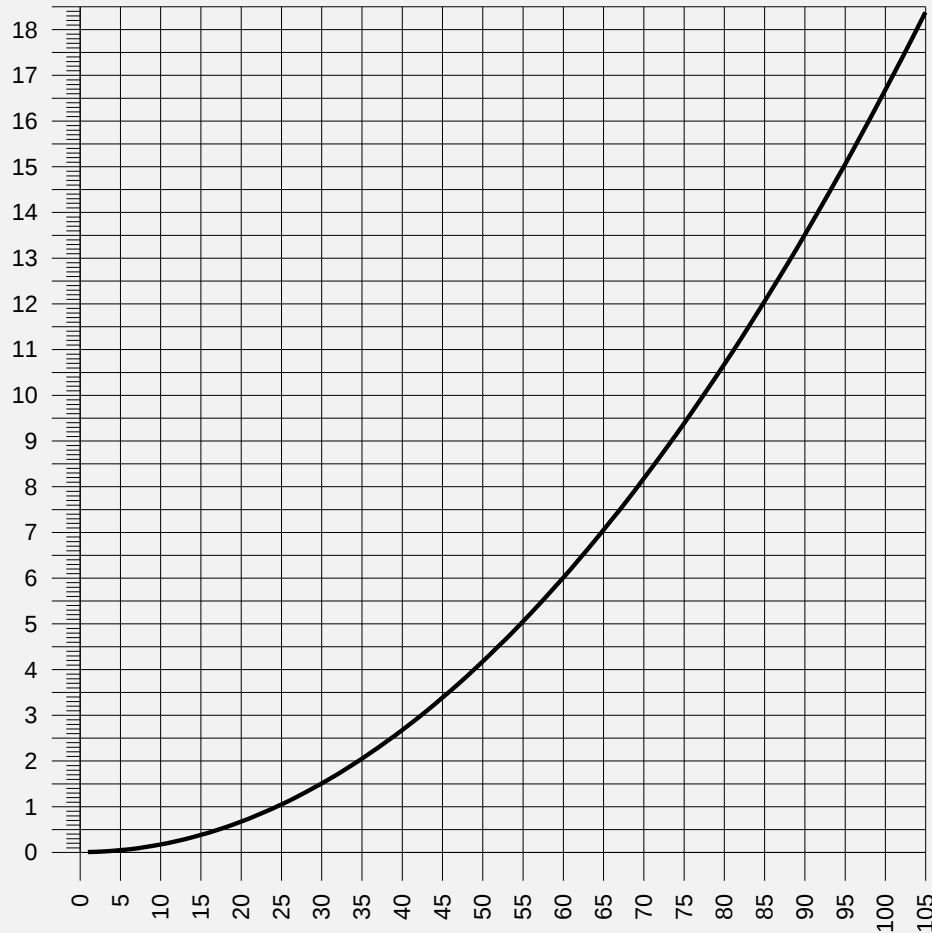
□ **חוק האתר:** ע"י ביצוע פיצוצי ניסיון (וגם פיצוצים מסחריים), במרחקים שונים ממבנה ובכמות חומר נפץ להשהיה משתנה, ניתן לקבל את התלות של עוצמת הזעזוע במבנה במרחק מהפיצוץ ובכמות חומר הנפץ המרבית להשהיה. התלות מתקבלת בצורה גרפית וחישוב. המשואה המתקבלת היא משואת חוק האתר. המשואה מספקת את התנהגות הזעזועים כתלות במרחק ובחומר הנפץ להשהיה כך שב- 95% (שתי סטיות תקן בהתפלגות סטטיסטית נורמלית) מהמקרים לא תהיינה חריגות.

□ **משואת הכמות:** חוק האתר לבדו אינו מספיק למשתמש (ממונה הפיצוצים). ע"י הצבת ערך מהירות מרבית מותרת על פי התקנות ומקדמי בטחון במשואת חוק האתר מקבלים את משואת כמות חומר הנפץ המרבית להשהיה כתלות במרחק מהמבנה. כלי זה מאפשר ע"י הצבה במשואה, טבלה ו\או מפות לייעל את עבודת הפיצוץ לכמויות המרביות וזאת מבלי לגרום לנזקים!!!!!!!

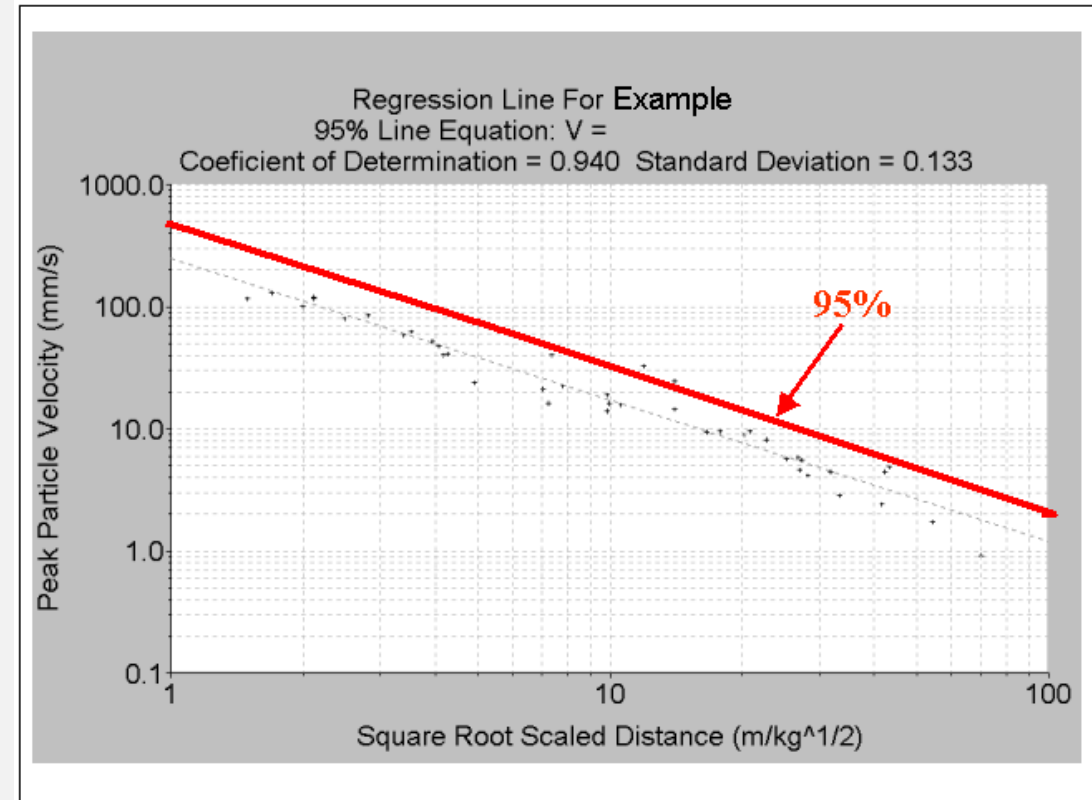


מידות זעזועים

משוואת כמות חומר הנפץ המירבית



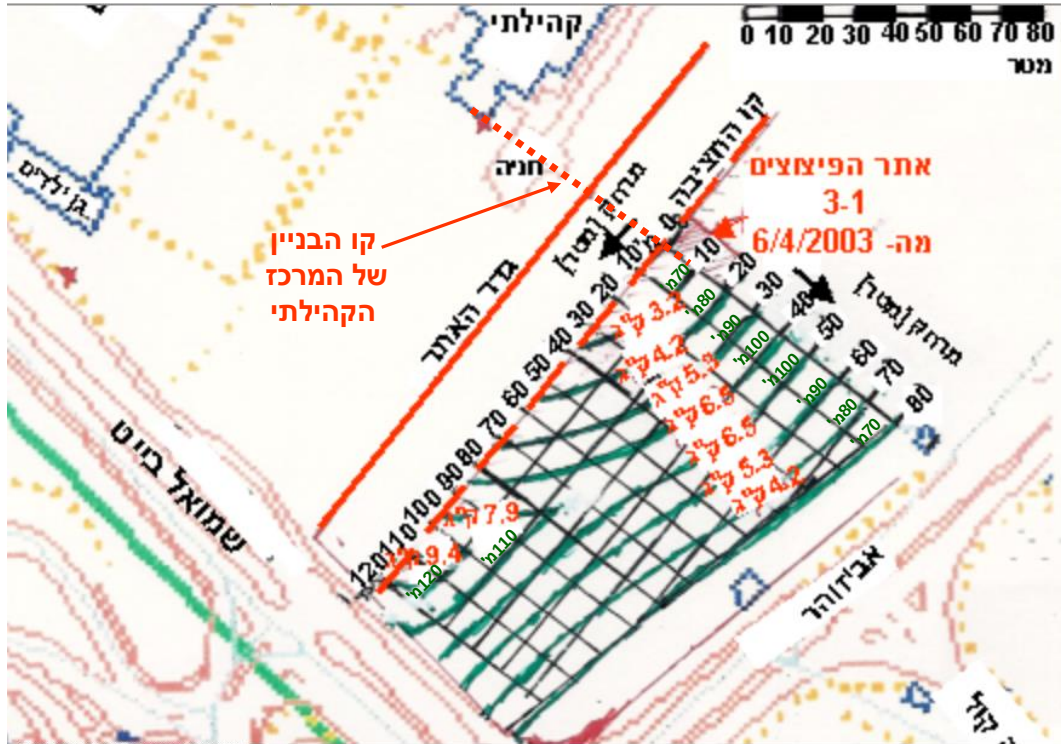
חוק אתר



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



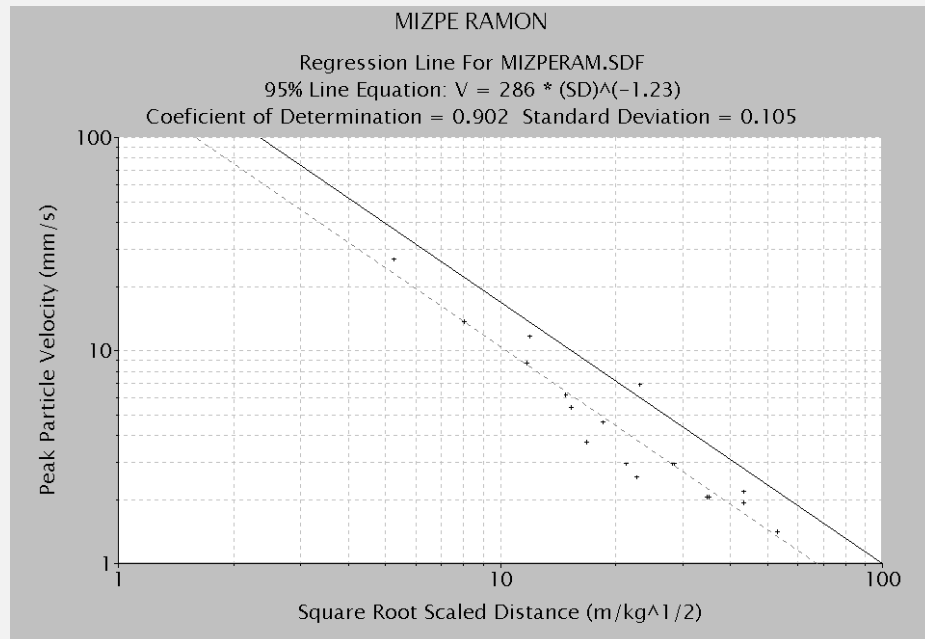
מדידות זעזועים



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים



© כל הזכויות שמורות לגיאוסטק
 גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
 להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.





© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



מדידות זעזועים

פיצוץ מבוקר?

❑ פיצוץ מתוכנן לפרטיו ומושכל תוך שימוש באמצעי בקרה

- ❑ אמצעי התכנון והבקרה כוללים ביצוע חוק אתר, ניטור זעזועים, חישוב מדויק ככל האפשר של כמויות חומר הנפץ בהתאם לדרישות התקנים. מדידת הדף אויר. שימוש (אם נדרש) באמצעים לבקרת המבנים מלבד מדידת זעזועים, כמו עיבורים, נטיות וכו' בכדי להבטיח שהמבנה חוזר למצבו הסטטי.
- ❑ דיווח ועידכון הרשויות, סגירת כבישים אם נדרש, פינוי תושבים, כסוי הפיצוץ באמצעים מאושרים למניעת העפת רגמות.
- ❑ הערה: חוק אתר להדף אויר ניתן לביצוע!
- ❑ שימוש בתנאי הרוח למניעת הדף אויר ואבק.
- ❑ הודעות לתושבים אם נדרש.
- ❑ הפעלת שיקול דעת מקצועי כיצד אפשר להפחית זעזועים על ידי שימוש ברגליים, אמצעי חציצה כמו תעלות וכיוב'.
- ❑ ביצוע כל ההליכים המדויקים של טעינת חומר הנפץ, יזימתו על פי כל הכללים כחוק!!!

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק

גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם, להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

זכוראי:

ביצוע פיצוצים בשטח בנוי וגם
בשטח פתוח הולכים ונהיים
מורכבים. ביצוע פיצוצי הריסה
מצריך ניסיון והבנה.
תקלות, אסונות התרחשו בעבר.



פיצוצים בגיאופיזיקה

ביצוע פיצוצים לניסויי בקרה וכיול סייסמולוגיים במסגרת CTBT

שימוש בחומר נפץ לביצוע פיצוצים כמקור אנרגיה סייסמי

שימוש בחומר נפץ לפריצת דפנות קייזינג בקידוחים

שימוש בחומר נפץ בניסויים מורכבים

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיזיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



סייסמולוגיה

- עוסקת בחקר רעידות אדמה.
- פיצוץ לצורך כיול רשתות סייסמוגרפים (מיני רעידת אדמה).
- פיצוץ לצורך בדיקה וכיול של רשתות של תחנות מעקב אחרי פיצוצים גרעיניים תת קרקעיים. במסגרת הסכם ה- CTBT למניעת ניסויים בנשק גרעיני.



גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



סייסמולוגיה-המשך

- ים המלח- 5 ק"מ מזרחית לחוף מינרל 70 מטר עומק.
- הכמות האפקטיבית של ח.ג. היא בערך פי 20 במים.
- המועד: נובמבר 1999



גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



סייסמולוגיה-המשך

- 3 פיצוצים: 500 ק"ג (רעידת אדמה במגניטודה 2.6 לפי סקלת ריכטר) , 2060 ק"ג (רעידת אדמה במגניטודה 3.5 לפי סקלת ריכטר) , 5000 ק"ג (רעידת אדמה במגניטודה 4 לפי סקלת ריכטר).
- לשם השוואה פיצוץ גרעיני של 1 קילוטון יוצר מגניטודה של 4-4.5.



גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



סייסמולוגיה-המשך

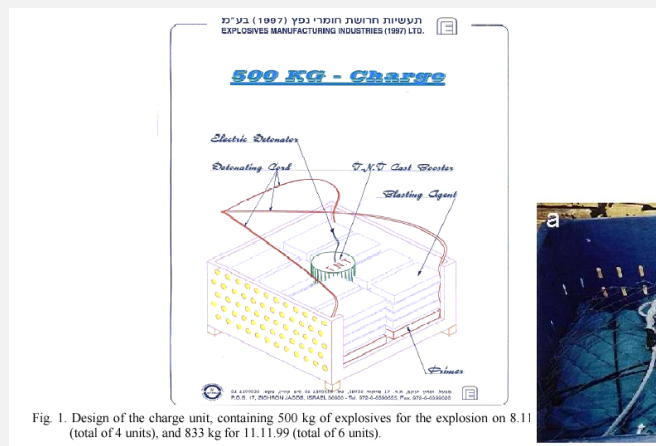


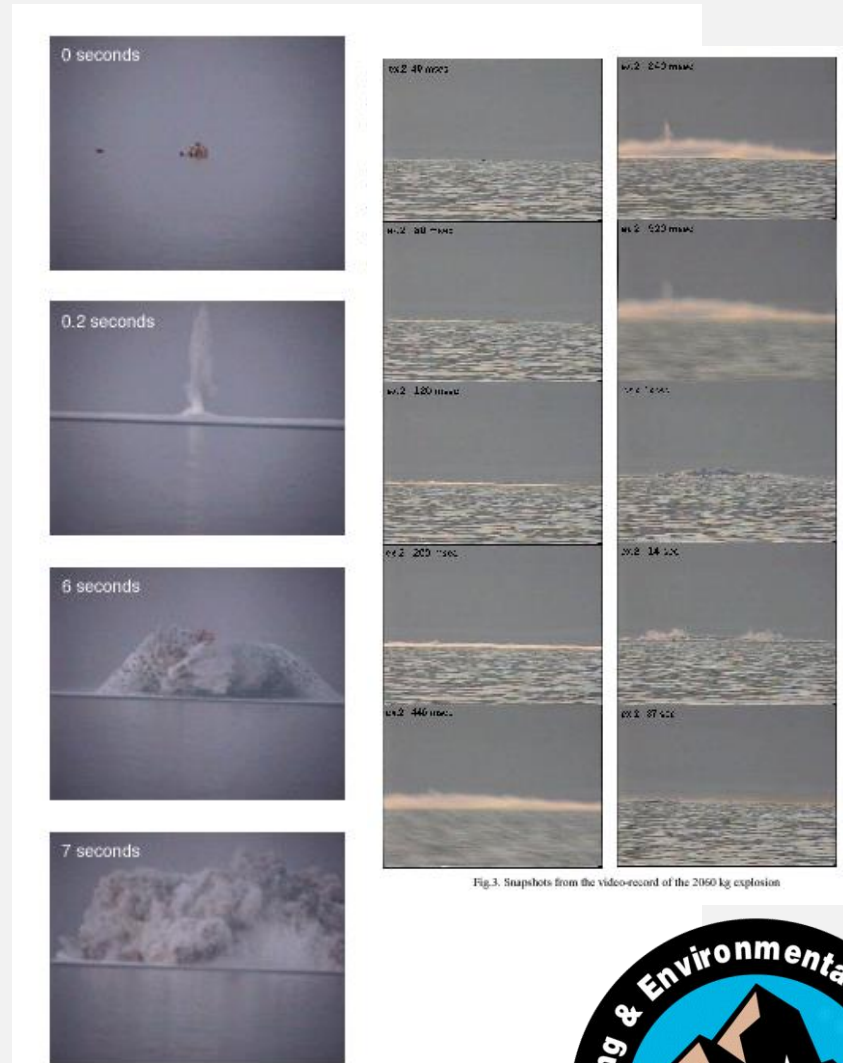
Fig. 2. Sample photographs of the charges of the three explosions: (a) the 500 kg charge unit was used also for the 2060 kg charge; (b) the 5000 kg charge consisted of six units of about 833 kg each.

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



סייסמולוגיה-המשך



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.
גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

סייסמולוגיה-המשך

מישור רותם- 25 טון אנפו ע"י תמר
בע"מ 12/5/2002



גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

סייסמולוגיה-המשך

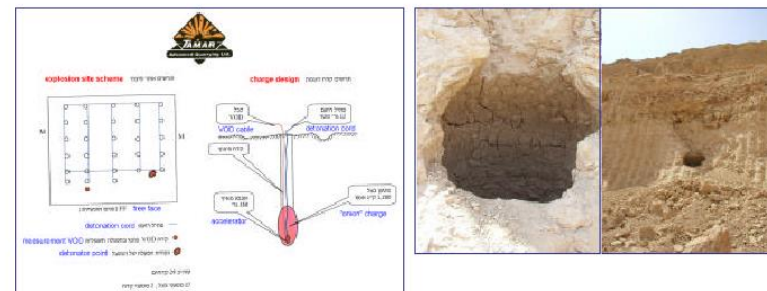


Figure 7. The "onion" charge design of the 25-ton blast. Photos show a cavity sample created during preparation for the blast and uncovered by an excavator.

Figure 8. Created borehole cavities are monitored by a special computerized video camera to measure cavity dimensions and check for the presence of large cracks and voids.



גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ





CTBT

פיצוץ כיול במחצבת הבזלת בית אלפא- 20 טון ללא השהיות
:20/6/2005

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק

גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.





בקעת סיירים יוני 2004 32.5 טון חומר נפץ ללא השהיות



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

קפריסין 17/11/2003 2 טון ללא השהיות

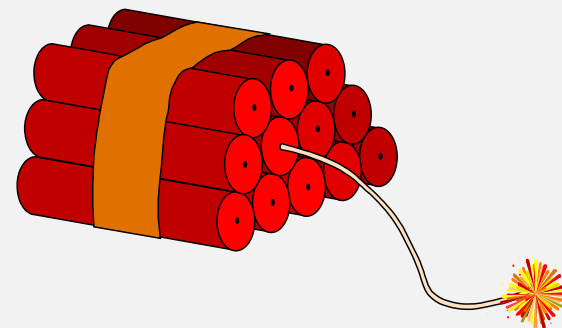
© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



הפיצוץ המבוקר בסקרים סייסמים- המשך

מקורות אנרגיה: פיצוץ, ויברטורים, פטיש מכני, נפצים סייסמים ו- AIR GUN

פיצוץ ביבשה: חורים עמוקים עד לעומק מי התהום- ח"נ סייסמוחן (1-3 חורים). חורים רדודים (עד 36 חורים) ח"נ סייסמוחן ומאיץ "3. פתיל רועם GRAIN 100-200 "חרוש" באדמה עם רוטר מיוחד. מטעני שטח- הפעלה ע"י פתיל או נפצים. כסוי ע"י יריעה למניעת הדף אויר. מטענים על מקלות (שיטת POULTER)- למניעת גלי שטח, מסוכן ביותר. בשטחים קשים או באזורים בהם לא רצוי לקדוח.



מטענים
בתצורת אוקף
דומה לקליימור

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק

גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

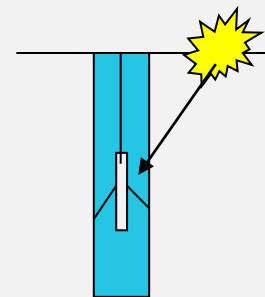
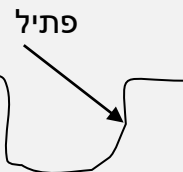
גיאוטק –

גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



הפיצוץ המבוקר בסקרים סייסמיים- המשך

- בסקרים בהם מייצרים גלי גזירה - לעיתים משתמשים במטען חלול או חפירה עם פתיל על מנת ליצר את גלי הגזירה על דפנות הבור.
- בסקרים ימיים: בסקר רדוד משתמשים בדר"כ בפתיל רועם הנזרק מסירה. בסקרים עמוקים השתמשו בעבר בחומר נפץ וכיום משתמשים בדר"כ AIR GUN
- בקדוחי נפט או מים: מדידת מהירות ע"י פיצוץ בצדדים. או חירור צינורות דיפון לצרכי הפקה ע"י מטענים חלולים. ניתוק צינורות או ציוד תקוע.



© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.



גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ



הפיצוץ המבוקר בסקרים סייסמים- המשך



- האנרגיה המשתחררת נעמדת על פי השורש הריבועי של כמות המטען לכן יש להכפיל פי 4 את הכמות על מנת לקבל אנרגיה גבוהה פי 2. רק 3% מהאנרגיה בפיצוץ הופכת לאנרגיה סייסמית!

© כל הזכויות שמורות לגיאוטק
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ אין להעתיק, לצלם,
להפיץ ללא אישור של מחזיק הזכויות בכתב.

גיאוטק –
גיאופיסיקה הנדסית וסביבתית בע"מ

