



חיל האוויר

הכנס הישראלי הראשון לבטיחות בנפיצים
אחסון חימוש בתת הקרקע – סקירה כללית ואופן המידול

סא"ל מצליח קול

11.01.2023



מהלך ההצגה



חייל האוויר

רקע ומוטיבציה לפיתוח הנושא

סוגי מחסני תחמושת עיקריים

מחסנים על/תת קרקעיים – שונות (TOP3), השוואה כללית, מנגנון הכשל האופייני

אופן החישוב ופרמטרים רלוונטיים למתקן אחסון תחמושת תת קרקעי

אתגרים באחסון תחמושת בתת הקרקע

דוגמאות מאירועים בשוויץ - השפעות על הסביבה

סיכום



רקע ומוטיבציה לפיתוח הנושא



חייל האוויר

עיסוק בנפיצים טומן בחובו סיכון רב, תאונות מתרחשות ואסור להקל בנושא ראש

צמצום 'מרחב המחיה' של בסיסים צבאיים ותעשיות אזרחיות

רצון/צורך להגדיל את כמויות החימוש בצה"ל ובח"א ← הגדלת מרחקי הפרדה ו'שטחי הרצפה'

'עלות-תועלת' – עלויות בניה של מחסנים על סוגיהם השונים, נפח העמסה ביחס לשטח רצפה

הרחבת העיסוק והרגולציה לסיכון אוכלוסייה אזרחית (IBD)

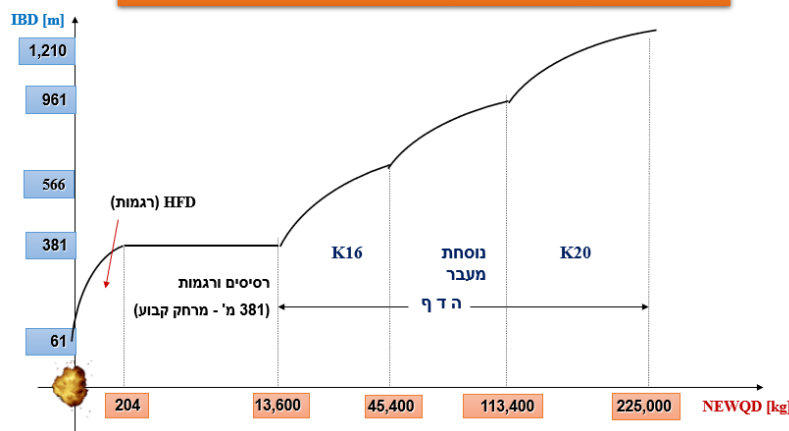
התמקצעות בתחום המנהור במדינת ישראל בעשור האחרון



קריטריונים למיגון אוכלוסייה אזרחית

		AASTP-1	DoD 6055.9-STD
Air Blast Overpressure		5 Kpa [0.725 psi]	8.3 Kpa [1.2 psi]
Fragments and Debris		1 hazardous fragment / $56 m^2$ [$1/600 ft^2$]	
Ground Shock Particle Velocities Per Foundation Type	Soil	60 mm/s [2.4 ips]	
	Soft/Weak Rock	115 mm/s [4.5 ips]	
	Hard/Strong Rock	230 mm/s [9.0 ips]	

קבוצת הסיכון 1.1 - מרחקי הפרדה למבנים מאוכלסים

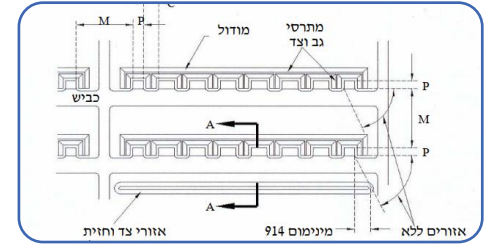


• בכמויות קטנות הרסס דומיננטי יותר

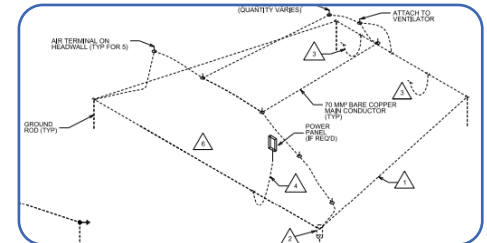


סוגי מחסני תחמושת עיקריים

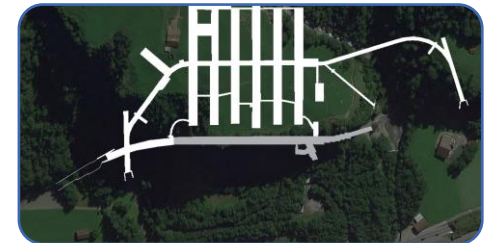
מחסן עילי עם/בלי קירוי (Above Ground Magazine)



מחסן מכוסה עפר (Earth Cover Magazine)



מחסן תת קרקעי (Underground Storage)





שונות בין מחסנים על/תת קרקעיים - TOP3

• התנהגות חומרי נפץ לפי אופי האחסון – 1.3 כדוגמא :

Hazard Division	Definition	Annex
Above ground storage		
1.1	Ammunition that has a mass explosion hazard.	▪ Annex D
1.2.1	Ammunition that has a projection hazard but not a mass explosion hazard. <small>(More hazardous items of HD 1.2, which give large fragments over an extended range).</small>	▪ Annex F
1.2.2	Ammunition that has a projection hazard but not a mass explosion hazard. <small>(The less hazardous items of HD 1.2, which give smaller fragments of limited range).</small>	▪ Annex G
1.2.3	Ammunition that exhibit at most an explosion reaction during sympathetic reaction testing and a burning reaction in bullet impact or heating tests. <small>(This is a 'new' HD and is derived from NATO AASTP-3, Edition 1, Change 3. Manual of NATO Safety Principles for the Hazard Classification of Military Ammunition and Explosives. August 2009).</small>	▪ Not yet available
1.3.1	Ammunition that has a fire hazard and either a minor blast hazard or a minor projection hazard or both, but not a mass explosion hazard. <small>(The more hazardous items with mass fire hazard and considerable thermal radiation).</small>	▪ Annex J
1.3.2	Ammunition that has a fire hazard and either a minor blast hazard or a minor projection hazard or both, but not a mass explosion hazard. <small>(The less hazardous items that burn sporadically).</small>	▪ Annex K
Underground storage		
1.1	Ammunition that has a mass explosion hazard.	▪ Annex M
1.2	Ammunition that has a projection hazard but not a mass explosion hazard.	▪ Annex M
1.3	Ammunition that has a fire hazard and either a minor blast hazard or a minor projection hazard or both, but not a mass explosion hazard. <small>(This is treated as if it is HD 1.1 because of the overall degree of confinement in underground storage).</small>	▪ Annex M
Ports		
1.1	Ammunition that has a mass explosion hazard.	▪ Annex P
1.2	Ammunition that has a projection hazard but not a mass explosion hazard.	▪ Annex P
1.3	Ammunition that has a fire hazard and either a minor blast hazard or a minor projection hazard or both, but not a mass explosion hazard.	▪ Annex P

Table 9: QD matrices by Annex



• מילוט ובטיחות אש

• מורכבות לביצוע שינויים לאחר הקמה



השוואה כללית - מחסנים על/תת קרקעיים

מחסן תת קרקעי

מחסן עילי

יתרונות

יתרונות

- מיגון תוצאתי כנגד הפצצות/פח"ע
- שליטה ביטחונית קלה יחסית
- תכנון נכון של המתקן גורם להקטנת ההשפעה הסביבתית כתוצאה מהדף ורסס

- פשוט וזול להקמה
- גמיש לשינויים ותפעול גם לאחר ההקמה
- יחס נטו/ברוטו יעיל

חסרונות

חסרונות

- טופוגרפיה ובגאולוגיה
- מילוט ובטיחות אש מורכב יותר
- לחצים גדולים מאד בפיצוץ תאונתי למניעת סימפטטיקה (הדף וטמפ')
- מורכבות בשינוע תחמושת – עגורנים וכדומה
- השפעה רחבה ואי וודאות בהינתן אירוע

- כמות שטח נדרש לאור מרחקי הפרדה נדרשים בכמויות תחמושת גדולות
- עלויות אחזקה שוטפות לא מבוטלות (כיסוי עפר, איטום וכדומה)
- כמעט ללא יכולת השפעה על התפשטות ההדף



מנגנון הכשל האופייני

תת קרקעי

- הדף מפתחי המנהרה
- רגמות מפתחי המנהרה
- הדף כתוצאה ממכתוש
- הלם קרקע
- טמפ' גבוהה

על קרקעי

- הדף
- רסס ישיר/משני



אופן החישוב למתקן אחסון תחמושת תת קרקעי



חייל האוויר

מדריכים ישימים עיקריים

-  • **IATG** – International Ammunition Technical Guideline
-  • **AASTP-1** (NATO) – Allied Ammunition Storage and Transportation Publications
-  • **DESR** – 6055.09 – Defance Explosives Safety Regulations

פרמטרים רלוונטיים

- עובי כיסוי מינימאלי נדרש למניעת פריצה
- מרחק בין תאים למניעת ייזום סימפטתי (כתלות בצפיפות העמסה)
- הדף ממוצא המנהרה
- רסס ממוצא המנהרה



עקרונות אפשריים לתכנון מתקנים להקטנת ההשפעה על הסביבה



חייל האוויר

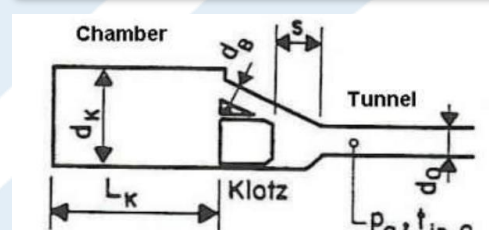
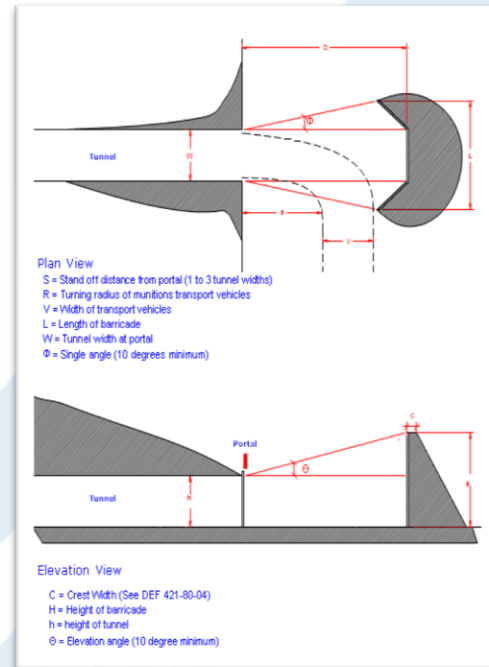
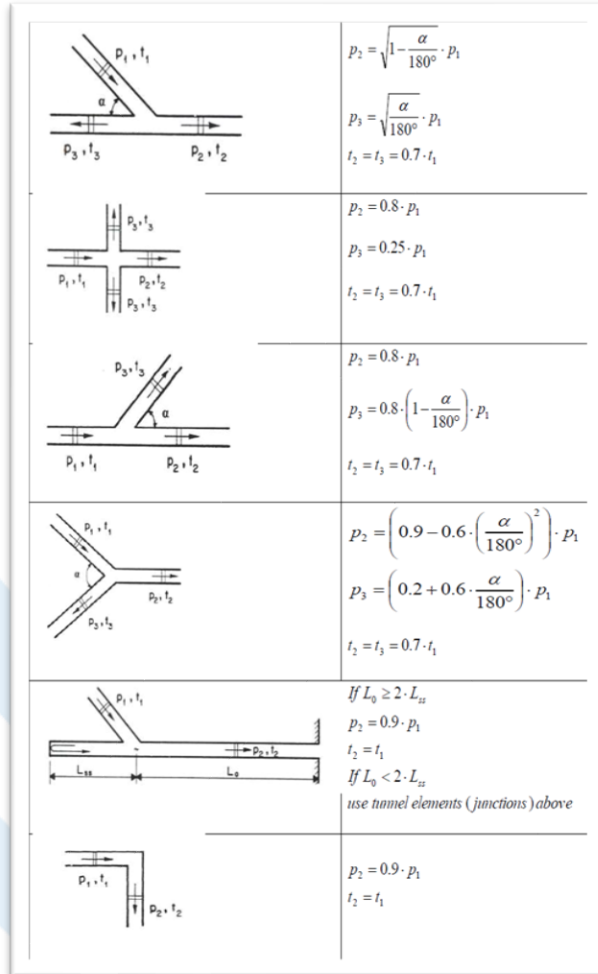
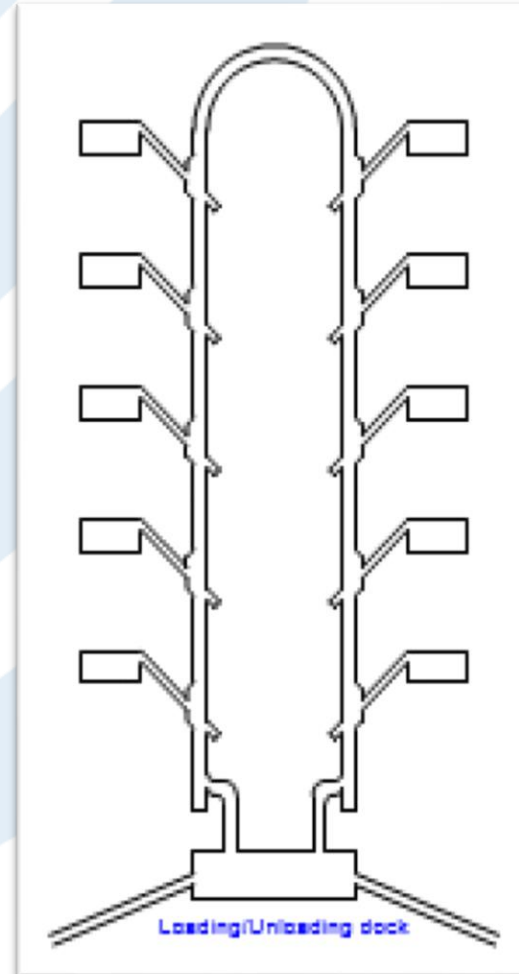


Figure 3-7: Example of a Closing Block



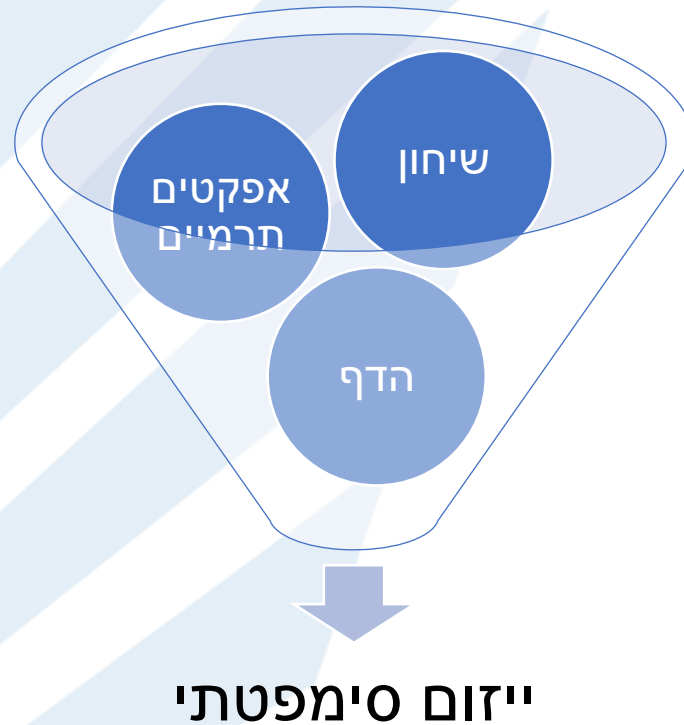
- תאי התרחבות
- הצרויות
- מלכודות רגמות
- מלכודות הדף
- קיר מתרס בפתח מנהרה



פרמטרים רלוונטיים למניעת ייזום סימפטתי



חיל האוויר





הדף ורסס ממוצא המנהרה

$-Q$ משקל חומר הנפץ, kg

$-l_a$ אורך מוצא המנהרה מיד לאחר הפורטל, m

$-D_a$ קוטר אקוויוולנטי ממוצע של מוצא המנהרה, m

$-R_0$ מרחק (טווח) בציר המנהרה מהפורטל, m

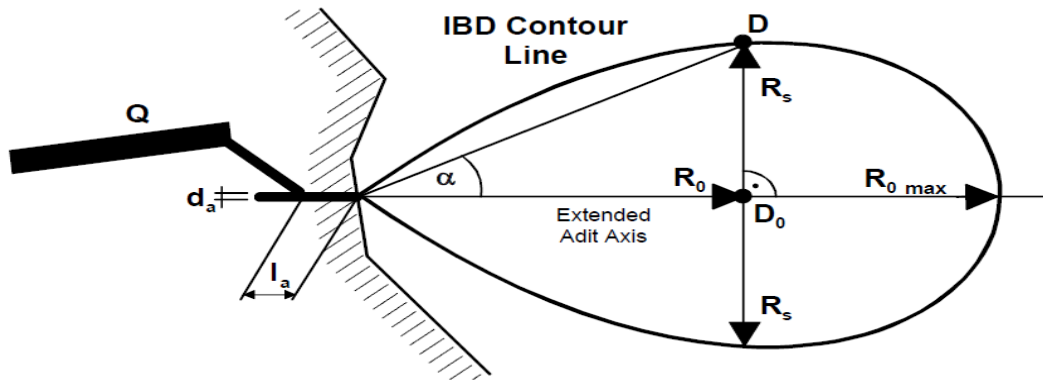
$-R_0 \max$ מרחק מקסימאלי למבנה מאוכלס, m

$-R_s$ מרחק (טווח) בניצב לציר המנהרה מהפורטל, m

$-D$ נקודה בהיקף ה"עלה" (גזרת הרסס) שמהווה גבול לצפיפות הרסס (רסיס מסוכן אחד לכל 56 מ"ר), $\#/m^2$

$-D_0$ ערך יחסי (צפיפות הרסס במרחק R_0), $\#/m^2$

$-\alpha$ זווית בין ציר המנהרה ל D , $^{\circ}$ (מעלות)



צורה כללית (מבט על) של צורת התפשטות הרסס והרגמות ממוצא מנהרה



אתגרים באחסון תחמושת בתת הקרקע



חייל האוויר

ניהול מרחב תלת מימדי ואינטגרציה בין בעלי העניין השונים (הראשון תופס?)

איטום וניקוז של מבנים הנמוכים מסביבתם

מילוט והגנה מאש – פיתוח אלמנטים עמידים בטמפ' גבוהות למשך ארוך

התמודדות עם פיצוץ כלוא וחישוב שעח"נ מחמיר

עלויות הקמה ואחזקה (ניתוח LCC)

הקטנת/הכלת ההשפעה על הסביבה בעת אירוע תאונתי



השפעות על הסביבה - דוגמאות מאירועים שקרו



חיל האוויר

שוויץ, שטינגלצר

02.11.1992 •

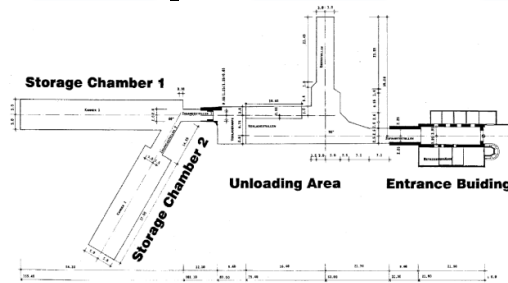
כמות חנ"מ •

צפיפות העמסה •

שני תאי אחסון •

$$Q = 100 \text{ ton}$$

$$\gamma = 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Magazine Layout
Figure 4

שוויץ, מיטהולץ

19.12.1947 •

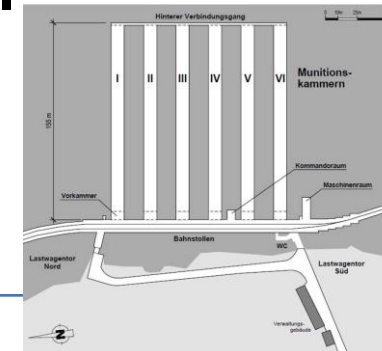
כמות חנ"מ •

צפיפות העמסה •

שישה תאי אחסון •

$$Q_{\text{total}} = 100 \text{ ton}$$

$$\gamma = 20 - 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

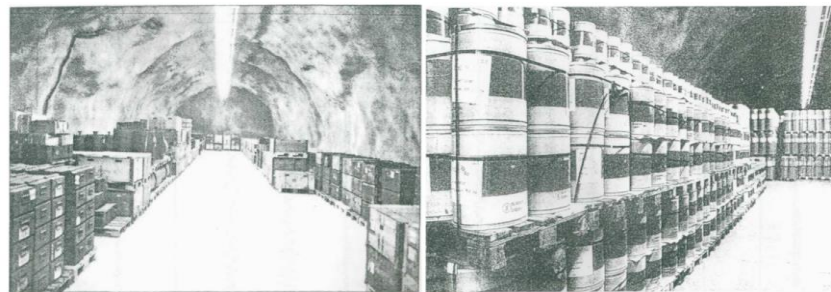
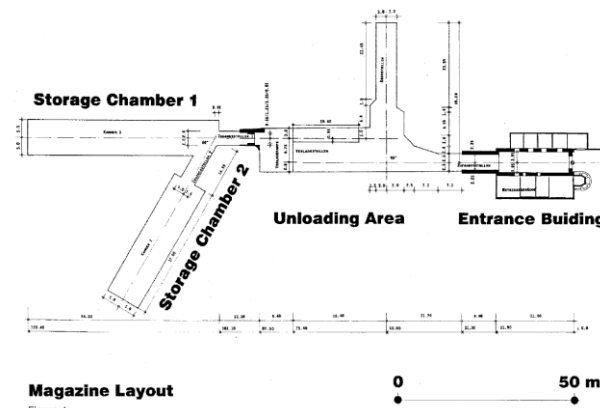
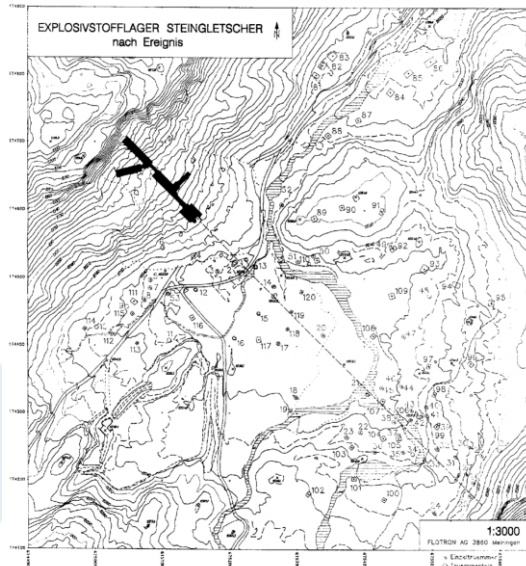




שטינגלצ'ר – 02.11.1992

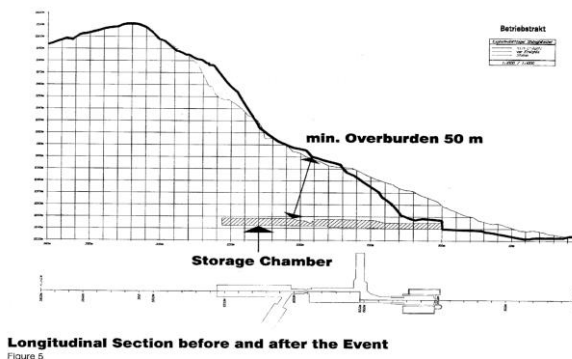


חיל האוויר



Material Stored a few days before the explosion (left: chamber1 ; right: chamber 2).

FIGURE 5.

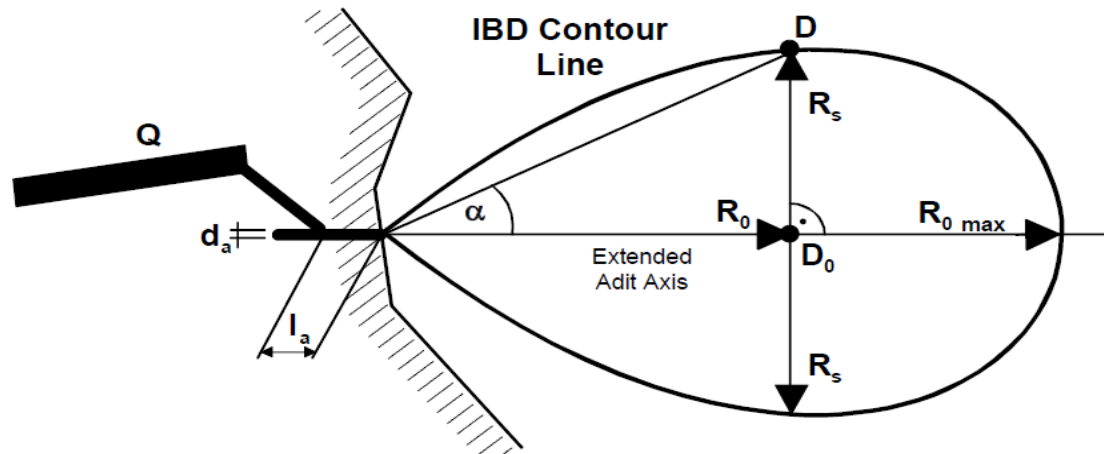




חישוב פרמטרים באירוע שטינגלצ'ר-02.11.1992

חיל האוויר

פרמטר	מרחק מחושב נדרש	מרחק בפועל	ניתוח התוצאה
עובי כיסוי	13.9 m	50 m	OK
מרחק בין תאים למניעת ייזום סימפטתי	36.8 m	8 m	NOT GOOD



הדף

8783 Kpa

הדף במוצא תא האחסון

5972 Kpa

הדף במוצא המנהרה
(גאומטריה)

מרחקים נדרשים

(IBD) (רס)

(IBD) (הדף)

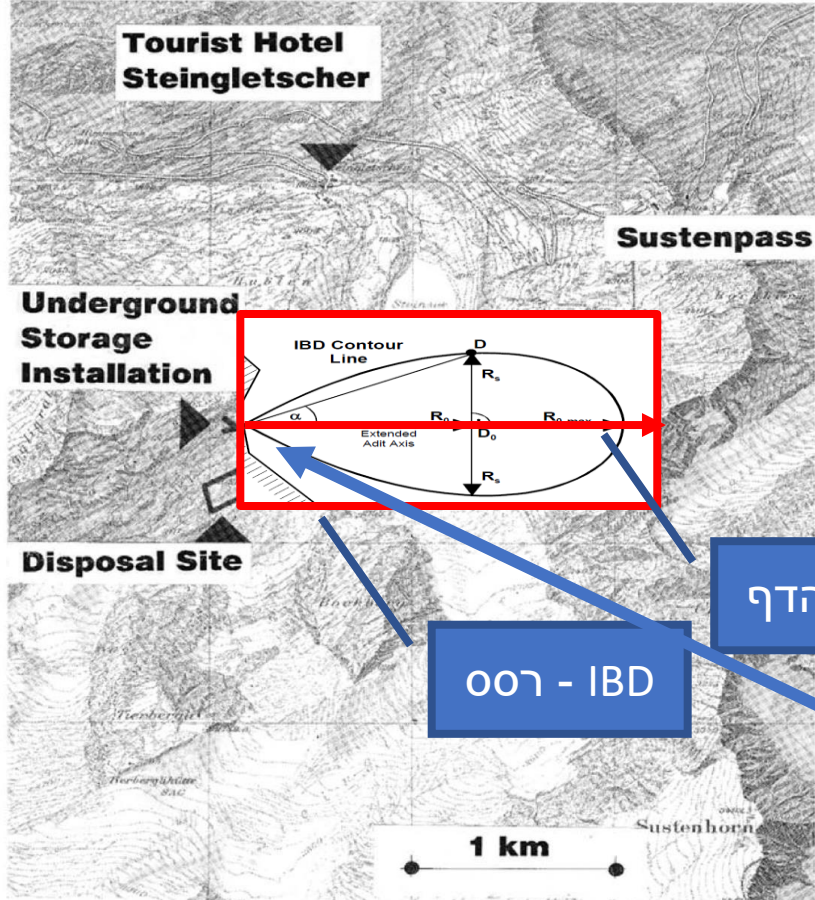
908 m

2793 m



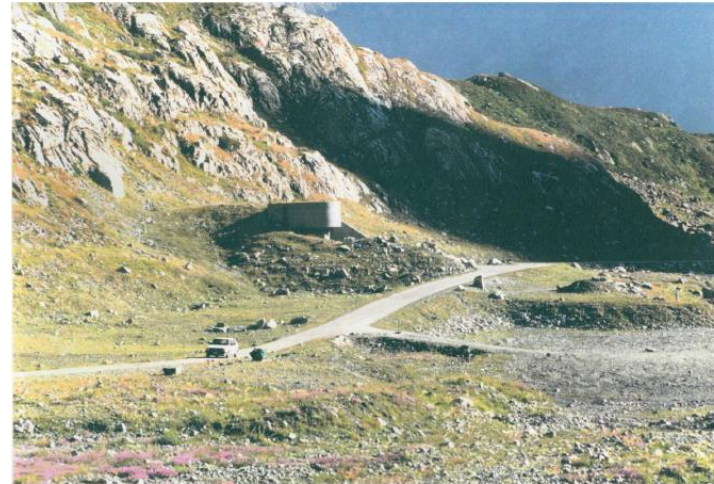
שטינגלצ'ר – 02.11.1992

FIGURE 3.



Location of the Magazine "Steingletscher"

Figure 3



Entrance of the underground storage and destruction area (before the explosion)

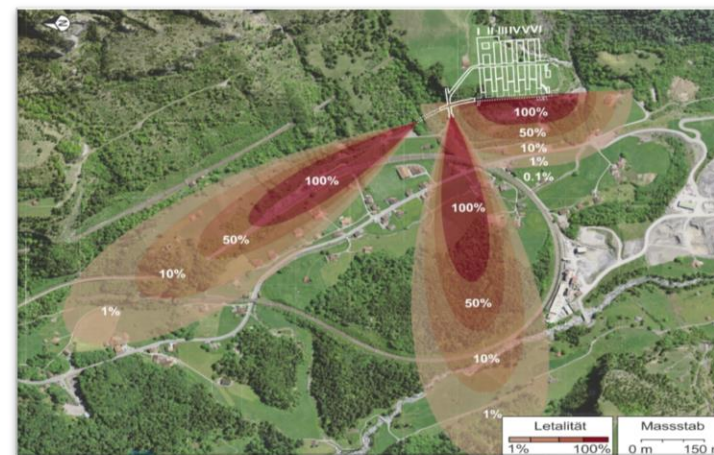
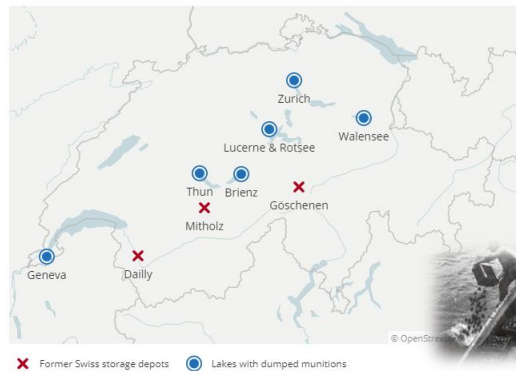


Debris from the entrance building arch, found 370 m away (weight: 15 t).



מיטהולץ – 19.12.1947

Old Swiss ammo





סיכום



חייל האוויר

מיעוט בקרקעות ← אחסון חימוש בתת הקרקע בלתי נמנע

נדרשת הסתכלות רחבה כבר משלבי התכנון המוקדמים על כלל המתקן ותכנונו בראייה נכונה (1:10:100)

במתקן תת"ק קיימים סיכונים שונים ממתקן אחסון על קרקעי, עם זאת בתכנון נכון ניתן לתכנן מתקן עם השפעה פחותה על הסביבה



חיל האוויר

תודה על ההקשבה

שאלות?