

פורום אקדמאים למודעות גרעינית

www.AFNA-forum.org

ACADEMIC FORUM FOR
NUCLEAR AWARENESS

איום גרעיני בהיבט מעשי

ד"ר יהושע סוקול

27.01.2015

בית ז'בוטינסקי

שלמי תודה

מכון שרידות	ברונשטיין	מיכאל	ד"ר	■
קמ"ג	בריל	מוטי	ד"ר	■
מכון GIEP	יאנובסקי	משה	ד"ר	■
מרכז BESA	לבל	משה	מר	■
מכון ויצמן	פלקוביץ'	גרגורי	פרופ'	■

- הרב דן בארי (אורות עציון)
- סא"ל בנימין ברוש (פיקוד העורף)
- פרופ' שלמה גנדלמן (טכניון)
- מר אורן הרטל (רפא"ל)
- פרופ' אלי וקסמן (מכון ויצמן)
- ד"ר גבריאל חודיק (קופ"ח מכבי)
- ד"ר אפרים לאור (F.I.R.S.T)
- ד"ר איתי לויתן (לויתן מהנדסים)
- פרופ' יצחק סגל (טכניון)
- פרופ' וולדימיר סנדומירסקי (אוניברסיטת בר-אילן)
- פרופ' ואדים רוטנברג (אוניברסיטת תל-אביב)
- פרופ' טוביה שלזינגר (ממ"ג שורק)
- פרופ' מיכאל שפירא (טכניון)

הגנה אזרחית – גורם הרתעה

הגנה אזרחית... לא תמנע סכנת המלחמה הגרעינית.
אך היא תקטין משמעותית את הסתברותה.

Edward Teller, אבי פצצת המימן, 1999

כאשר היטלר הפציץ את לונדון לראשונה, הפְּניקה
גרמה הרבה יותר אבידות מאשר הפצצות עצמן.
וכאשר תושבי לונדון השתחררו מהפחדים
המוגזמים – החיים חזרו במידה רבה למסלולם. וזה
מה שיהיה במקרה של התקפת טרור גרעינית.

Cresson Kearney, יועץ ממשלת ארה"ב, 1999

המסר

- יש מה לעשות
- יש הרבה מה לעשות
- צמצום אבידות ונזקים פי 20 ויותר!
- עדיף לעשות בעוד מועד

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי – הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום





“Little Boy” (הירושימה)

אורך: 3 מ'

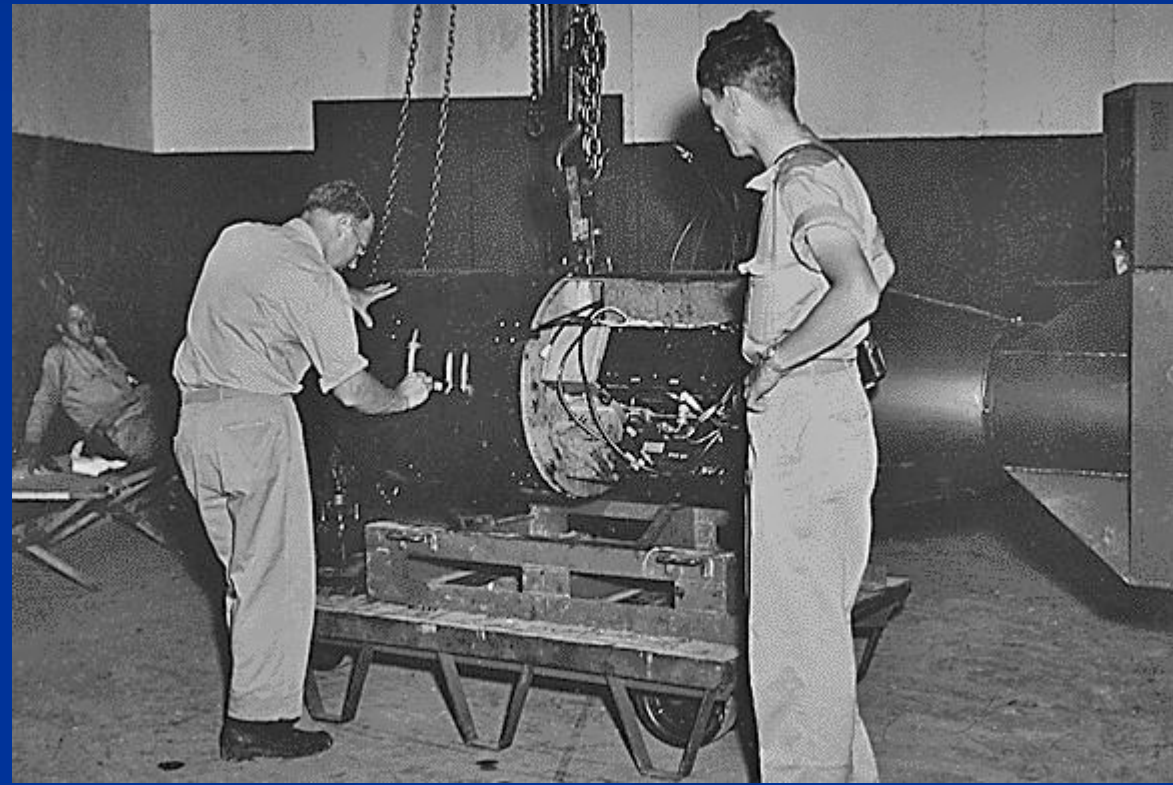
קוטר: 0.7 מ'

משקל: 4000 ק"ג

תפוקה: 16 קילו-טון

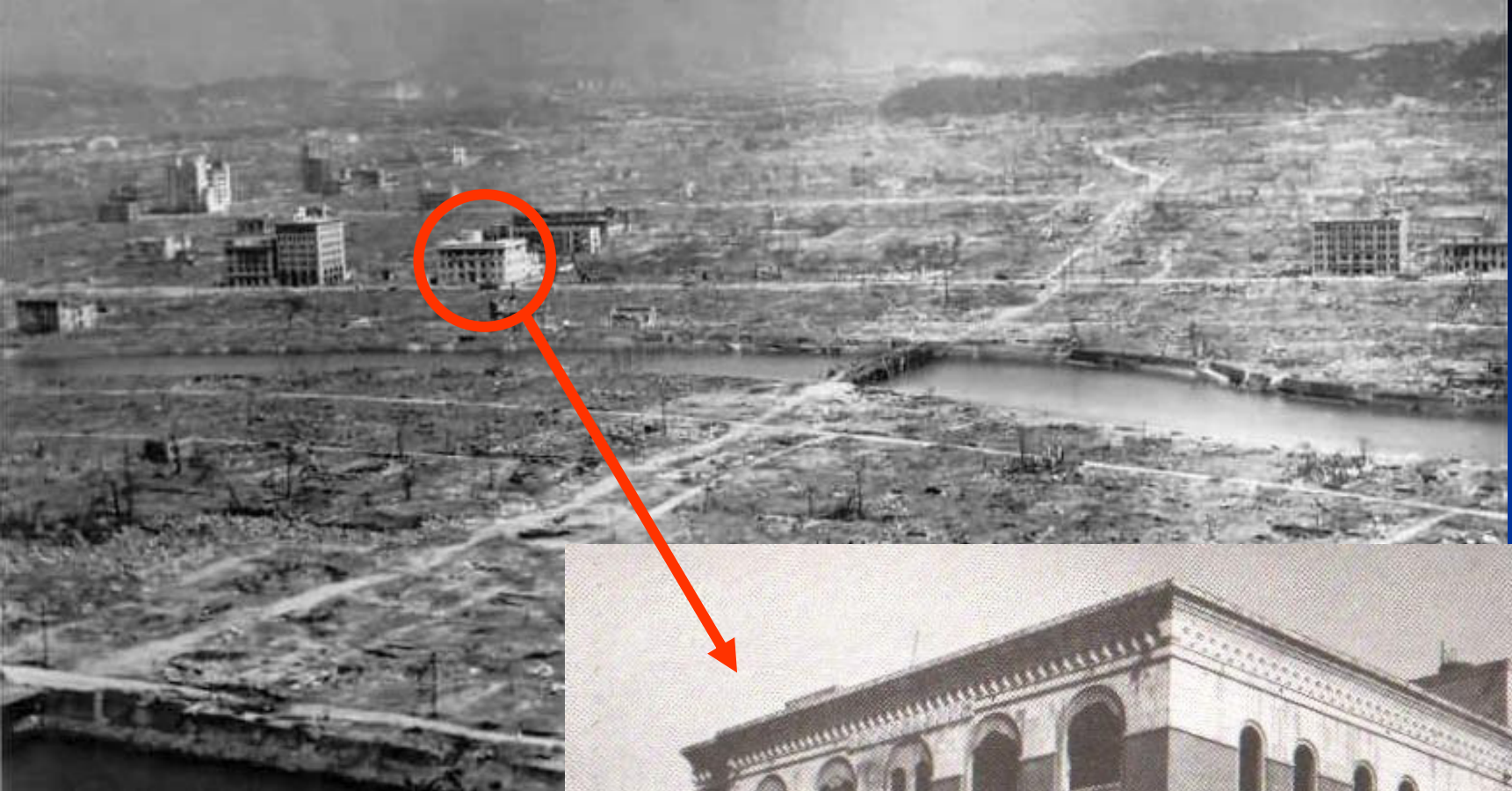
דהיינו שווה ערך 16,000 טונות TNT

גובה הפיצוץ: 500 מ'



500 מ'





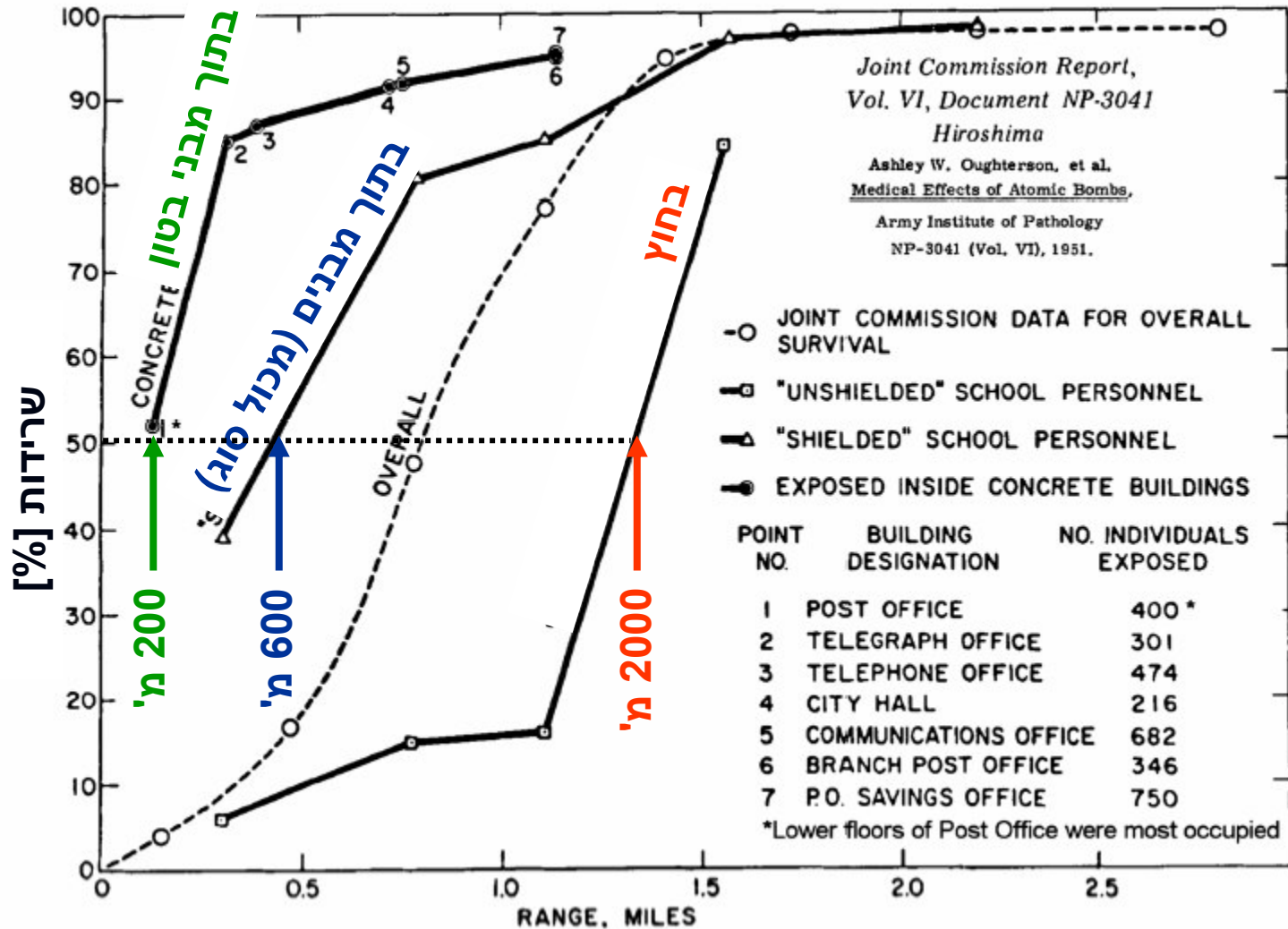
200 מ' מנקודת אפס

550 מ' מנקודת הפיצוץ

שרידות: 50% !



הירושימה – שרידות



תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- **פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות**
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום

פיצוץ גרעיני

- פגיעה פיזית מיידית בגוף ובציוד

- הדף, חום, קרינה

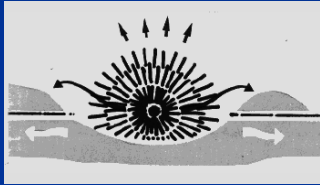
- פגיעה בגוף מתמשכת

- נשורת רדיו-אקטיבית

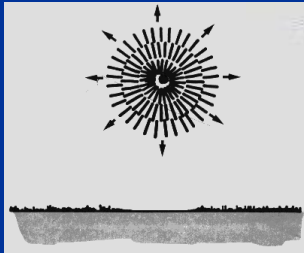
- פגיעה בציוד מיידית רחבת-היקף

- דופק אלקטרו-מגנטי EMP

תרחישי ייחוס



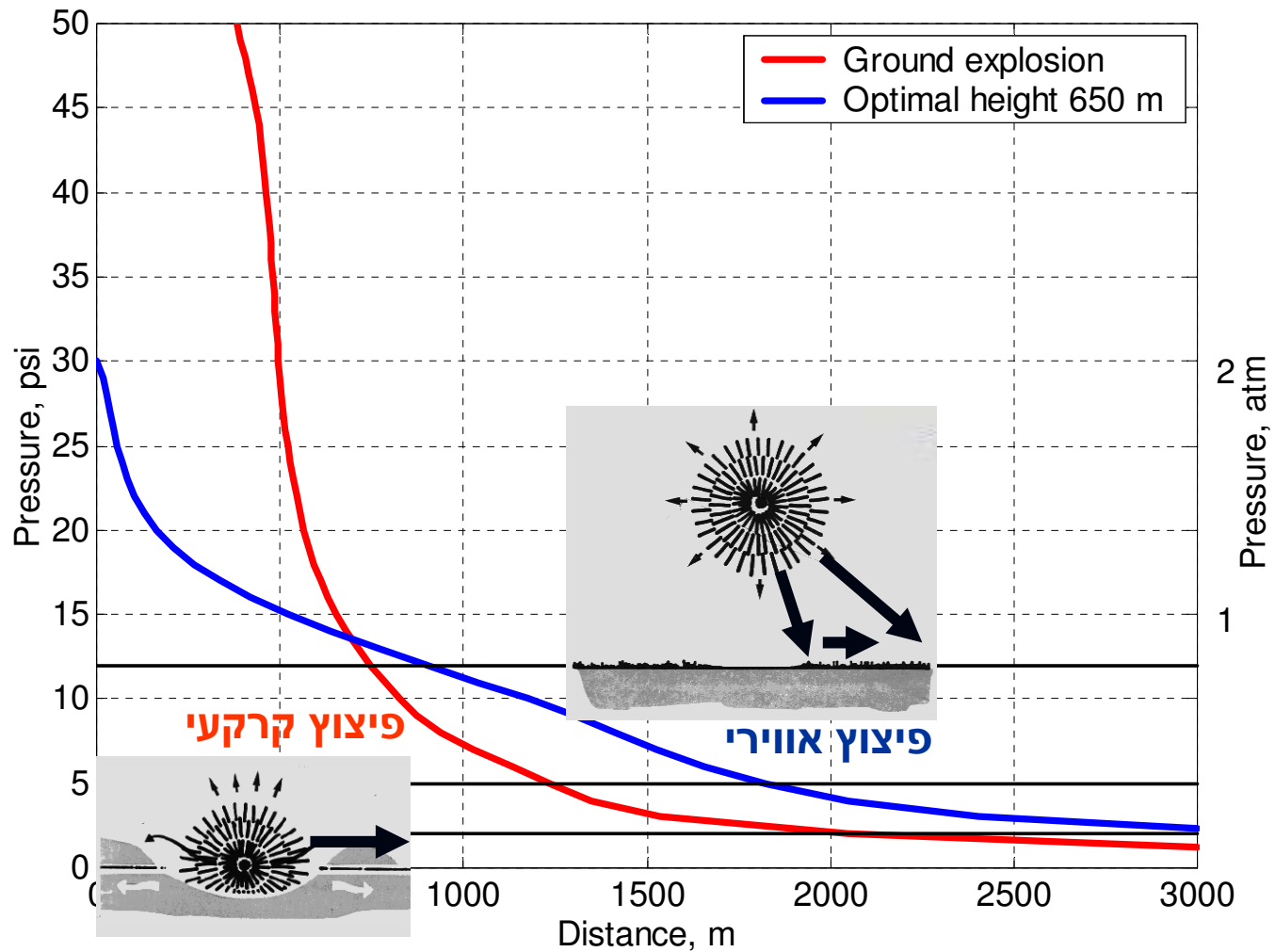
1. פצצת אטום 20 KT פיצוץ קרקעי



2. פצצת אטום 20 KT פיצוץ אווירי

גל הדף

20 KT



סוגי פיצוץ – לפי גובה

—	+		
<p>1. אין נשורת</p> <p>2. מקלט תת-קרקעי</p> <p>שורד אפילו</p> <p>בנקודת אפס</p>	<p>שטח ההרס</p> <p>מרבי</p> <p>$\times 2$</p>	 <p>~ 0.5 ק"מ</p>	<p>פיצוץ</p> <p>אווירי</p>
<p>שטח ההרס מצומצם</p> <p>יותר</p> <p>כ-1/2 ביחס לפיצוץ אווירי</p>	<p>1. יש נשורת</p> <p>2. הרס מוחלט</p> <p>סביב נקודת</p> <p>אפס</p>		<p>פיצוץ</p> <p>קרקעי</p>
<p>אין פגיעה פיזית</p>	<p>דוא"מ EMP</p> <p>רחב היקף</p>	<p>< 30 ק"מ</p>	<p>פיצוץ</p> <p>ברום</p> <p>גבוה</p>

נזק למבנים

פיצוץ אווירי 20KT – מרחק מנקודת אפס, מ'

נזק קל $\pm 20\%$	נזק בינוני $\pm 20\%$	נזק כבד $\pm 20\%$	
4000	1200	1000	בניין בטון
1200	600	500	ממ"ד
0			מקלט תת-קרקעי

נזק למבנים

פיצוץ קרקעי 20KT – מרחק מנקודת אפס, מ'

נזק קל $\pm 20\%$	נזק בינוני $\pm 20\%$	נזק כבד $\pm 20\%$	
3000	900	750	בניין בטון
800	600	500	ממ"ד
200	150		מקלט תת-קרקעי

11,000 איש \ קמ"ר

צפיפות ייחוס

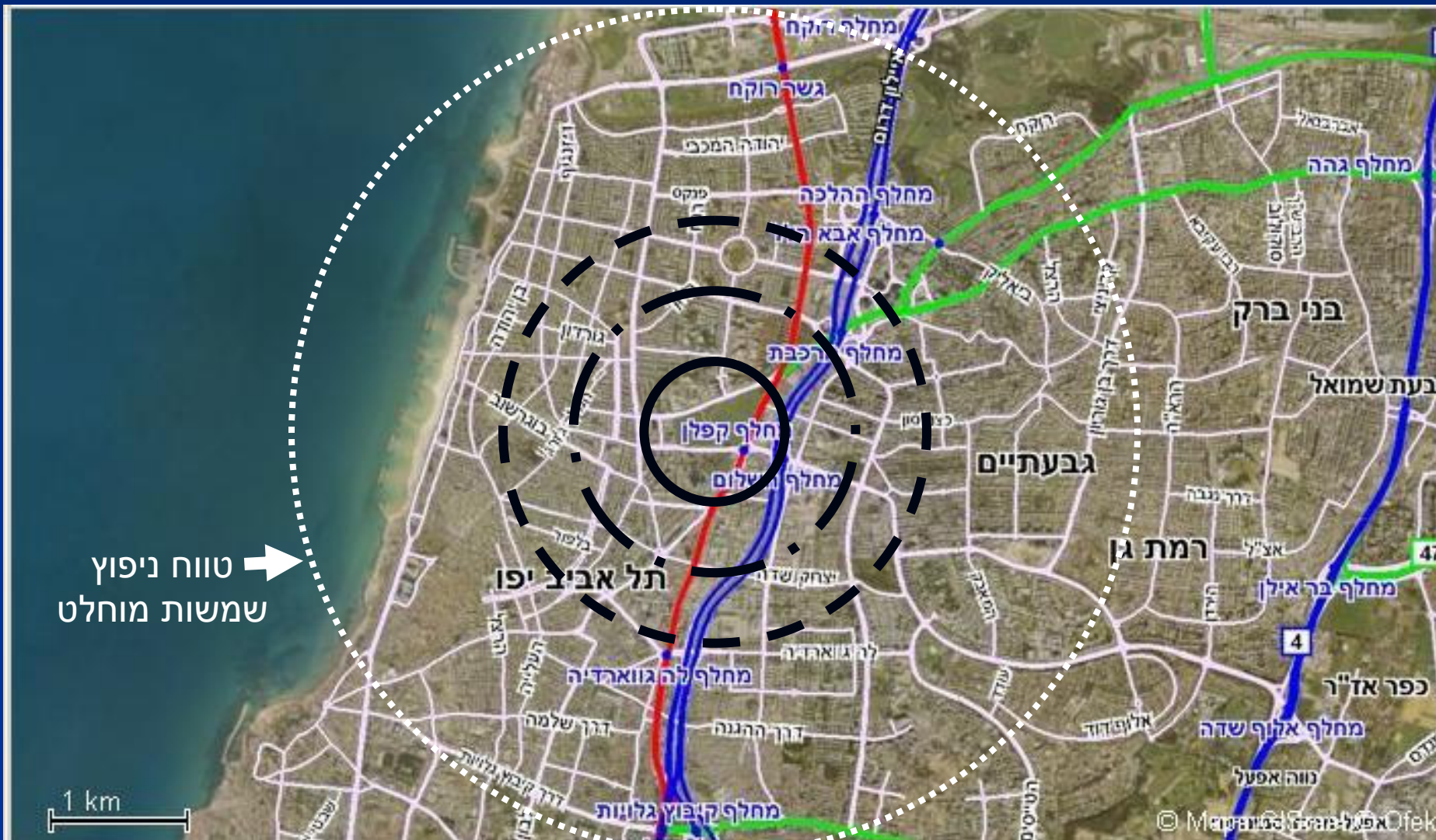
טווח הרס ממ"דים

25,000

צפי אבידות

טווח הרס מבני בטון

טווח הרס – קומה מפולשת



צפי אבידות: דו"ח בריטי 1950 UK

~~RESTRICTED~~

~~TOP SECRET~~

HOME OFFICE

CD/SA.16

OFFICE OF THE CHIEF SCIENTIFIC ADVISER

THIS DOCUMENT HAS BEEN

DOWNGRADED TO

RESTRICTED

Authority in file No.

ASA 10/4/2

Date

23/1/58

Initials

WST

THIS DOCUMENT HAS BEEN

DOWNGRADED TO

Unclassified

Authority in file No.

SAG 68

3/3/2

Date

1980

Initials

WST

THE NUMBER OF ATOMIC BOMBS EQUIVALENT TO THE LAST WAR AIR ATTACKS ON GREAT BRITAIN AND GERMANY

Summary

During the last war, a total of 1,300,000 tons* of bombs were dropped on Germany by the Strategic Air Forces. If there were no increase in aiming accuracy, then to achieve the same total amount of material damage (to houses, industrial and transportation targets, etc.) would have required the use of over 300 atomic bombs together with some 500,000 tons of high explosive and incendiary bombs for targets too small to warrant the use of an atomic bomb. Increases in accuracy could cause a substantial reduction in this figure of 300 atomic bombs, to as few as 100-150 bombs for very accurate attacks.

Atomic bombs are relatively more efficient for killing people than they are for damaging houses, and the total of 300,000 civilian air raid deaths in Germany could have been caused by about 80 atomic bombs delivered with the accuracy of the last war area attacks, or by about 20 atomic bombs accurately placed at the centres of large German cities.

צפי אבידות (הרוגים)

מקור	80 פצצות של 20 קילו-טון על ערי גרמניה	20 קילו-טון לונדון: 11,000 איש / קמ"ר	תנאים
British Mission to Japan, 1946		50,000	התקפת פתע
UK Home Office 1950	300,000	25,000	35% במקלטים 60% בבתיים

מדוע 300 ולא 2000 = 80×25 ?

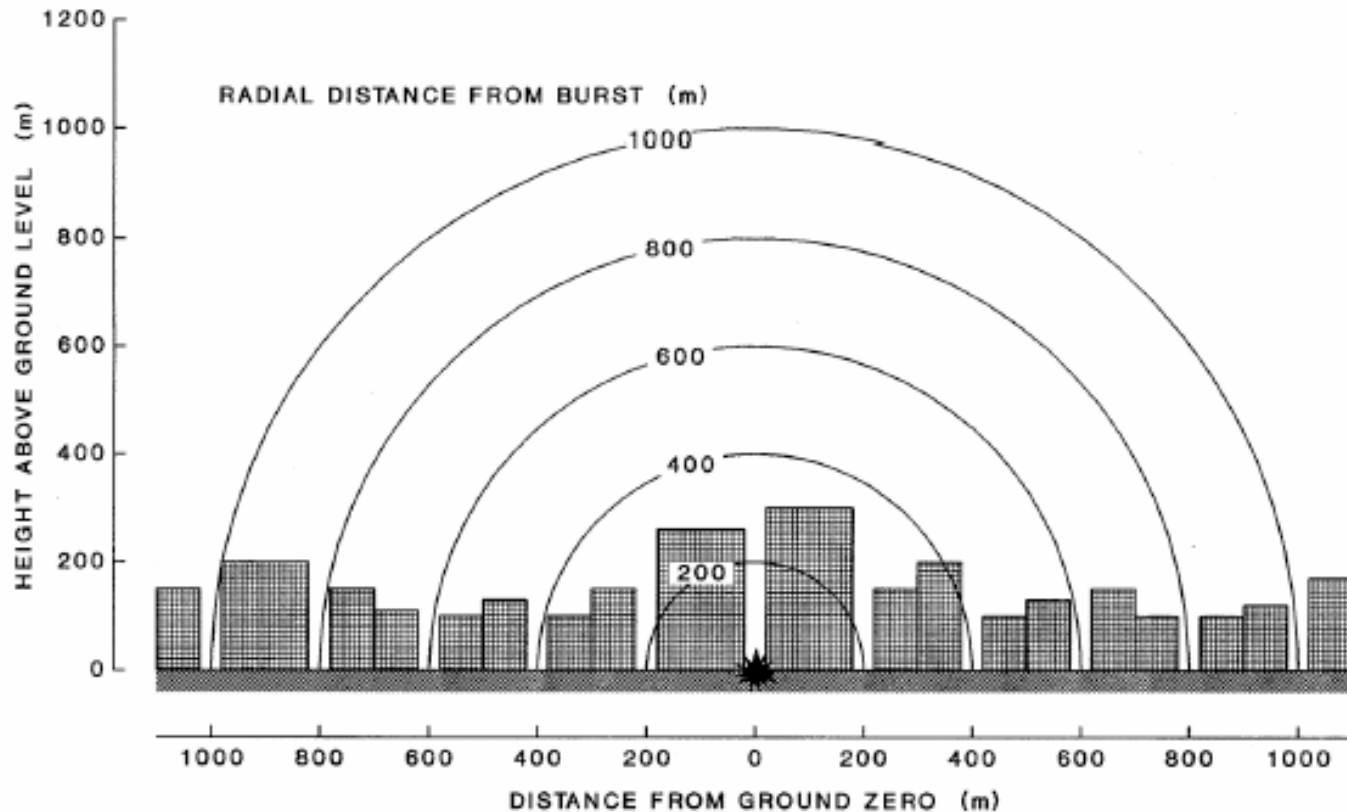
1. דיוק סופי $CEP=500m$ – מחצית הפצצות בפחות מ- 500 מ'
מהמטרה (x4)

2. צפיפות האוכלוסייה (ערי גרמניה) כ-7000 איש/קמ"ר (x1.5)

צפי אבידות (הרוגים)

מקור	80 פצצות של 20 קילו-טון על ישראל	20 קילו-טון 11,000 איש / קמ"ר	תנאים
British Mission to Japan, 1946		50,000	התקפת פתע
סוקול 2010 UK Home Office 1950	300,000	25,000	ממ"ד 50%
סוקול 2010	150,000	12,000	ממ"ד 100%
סוקול 2010	20,000	1,500	תת-קרקעי 100%

סביבה עירונית: מיסוך הודי



Surface burst – Buildings provide significant mutual shielding from blast.

סביבה עירונית: מיסוך הודי

חצי נזק ביחס להערכות לעיל ?

Table VI. Comparison of predicted airburst, flat surface, and modified surface burst effects.

<u>EFFECT</u>	<u>AIR</u>	<u>FLAT SURFACE</u>	<u>MODIFIED SURFACE</u>
Heavy damage	2.38 km ²	1.09 km ²	0.50 km ²
Moderate damage	4.78 km ²	1.86 km ²	0.28 km ²
Minor damage	17.12 km ²	4.49 km ²	0.35 km ²
Light damage	41.62 km ²	12.50 km ²	2.01 km ²
Fatalities	1,039,110	510,640	213,675
Injuries	1,677,451	511,519	167,610
Total Casualties	2,716,561	1,022,159	381,285

צפי אבידות: 10 KT Manhattan

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- **פצצת מימן – מה נשתנה ?**
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

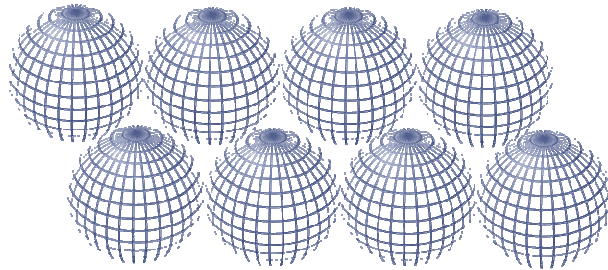
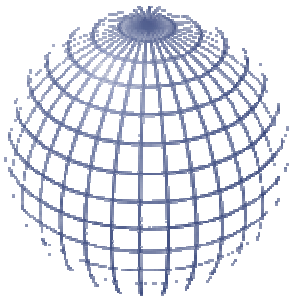
פצצת אטום 20,000 טון ~

??? טילי 0.5 טון (סקאד)

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

פצצת אטום 20,000 טון ~

??? טילי 0.5 טון (סקאד)



$$V_1 = 8 \times V_{1/8}$$

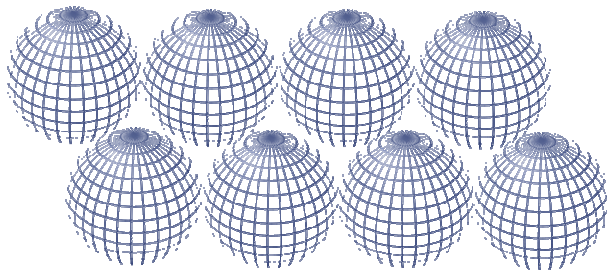
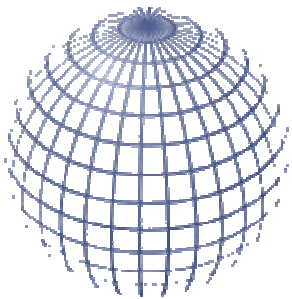
$$r_1 = 2 \times r_{1/8}$$

$$S_1 = 4 \times S_{1/8}$$

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

פצצת אטום 20,000 טון ~

??? טילי 0.5 טון (סקאד)



$$V_1 = 8 \times V_{1/8}$$

$$r_1 = 2 \times r_{1/8}$$

$$S_1 = 4 \times S_{1/8}$$

פצצת מצרור:

הרבה קטנים << אחד גדול

$$2 \times \text{שטח} \leq 8 \leftarrow 1$$

$$3 \times \text{שטח} \leq 27 \leftarrow 1$$

$$10 \times \text{שטח} \leq 1000 \leftarrow 1$$

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

פצצת אטום 20,000 טון ~

750 טילי 0.5 טון (סקאד)

- Shock pressure $p \sim \text{yield} / r^3$
- Destruction $r \sim (\text{yield})^{1/3}$
- Destroyed area $\sim (\text{yield})^{2/3}$

פצצת מצור:

הרבה קטנים << אחד גדול

■ Effective kilotonnage (EKT):

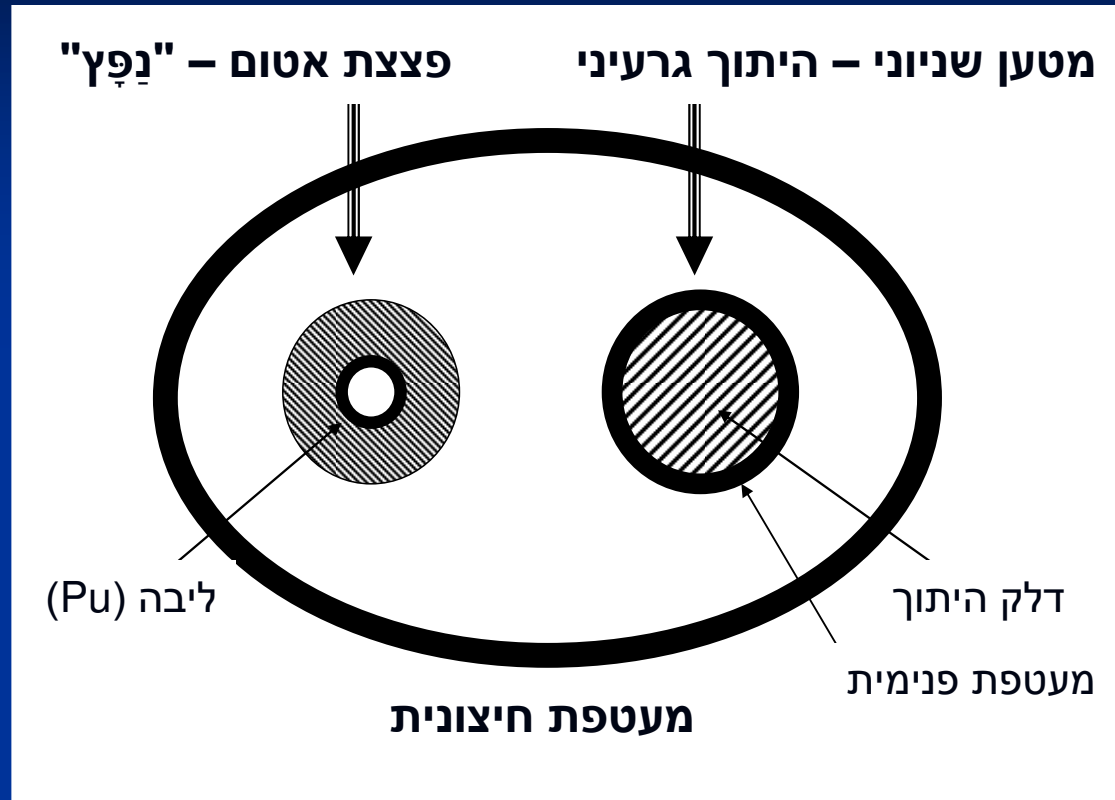
- A-bomb: $20 \text{ KT} = 20^{2/3} = 7.4 \text{ EKT}$
- Shock wave ~50% energy

- Conventional: shock wave ~ 100% energy

750 missiles \times 0.5 T:

$$750 \times (2 \times 0.5 \times 10^{-3})^{2/3} = 7.5 \text{ EKT}$$

פצצת מימן



- תפוקה מעשית: עד כ- 1000 קילו-טון (1 מגה-טון 1MT)
- מסובכת בהרבה
- קשה למזער

פצצת מימן מול פצצות אטום

פצצת מימן 1,000,000 טון ~

?? פצצות אטום 20,000 טון

פצצת מימן מול פצצות אטום

פצצת מימן 1,000,000 טון ~

14 פצצות אטום 20,000 טון

- Shock pressure $p \sim \text{yield} / r^3$
- Destruction $r \sim (\text{yield})^{1/3}$
- Destroyed area $\sim (\text{yield})^{2/3}$
- Effective kilotonnage (EKT):
 - H-bomb: $1000 \text{ KT} = 1000^{2/3} = 100 \text{ EKT}$
 - A-bomb: $20 \text{ KT} = 20^{2/3} = 7.4 \text{ EKT}$
 - 14 A-bombs:
 $14 \times 7.4 \text{ EKT} = 103 \text{ EKT}$

בישראל

מטרה יחידה לפצצת מימן:
הטבעת הפנימית של גוש דן

פצצת-על – 50 מגה-טון



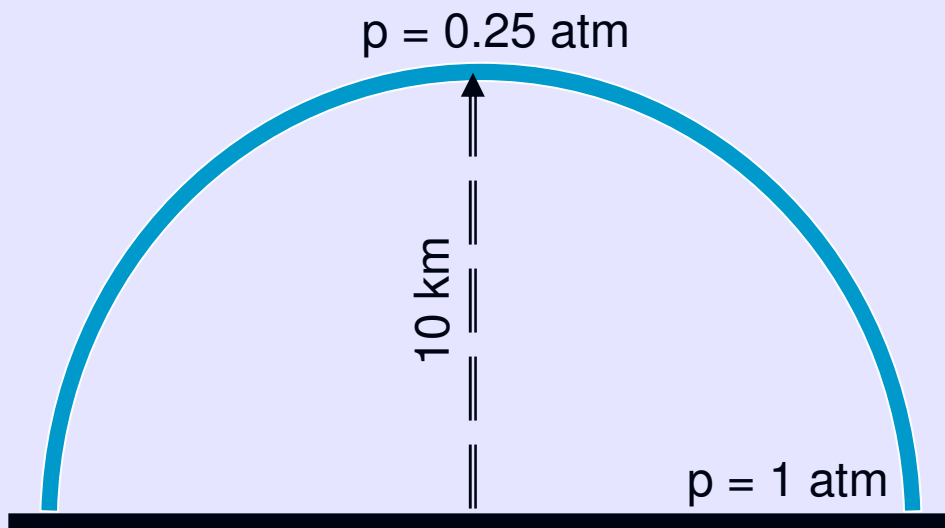
- אפשרי
- לא מעשי
- גודל
- משקל (כ-30 טונות)

"צאר-בומבה": ברה"מ 1961 Царь-бомба



פצצת-על – 50 מגה-טון

- אפשרי
- לא מעשי: גודל ומשקל (30 טונות)
- אין תועלת מבצעיות



טווח ההרס מוגבל
בכ-10 ק"מ
ע"י עובי האטמוספירה

פצצת-על – 50 מגה-טון



ברה"מ (ארקטיקה) 1961
גובה הפיצוץ: 4000 מ'

קצת שלג נשאר אפילו
בנקודת אפס! ←

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- **קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות**
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום

מה אוהבים להציג ...



ומה באמת

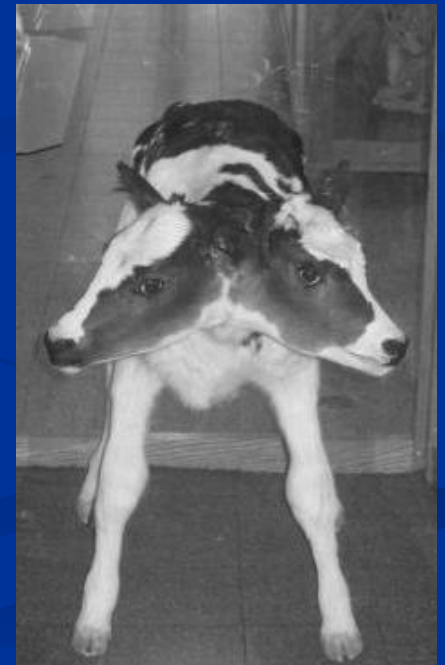
Darwin, Australia 1942



Sendai, Japan 2011



כפר יחזקאל 1976



סרטן: כמה ניצולי הפצצת אטום מתו מסרטן כתוצאה מהקרנתם?

סרטן: כמה ניצולי הפצצת אטום מתו מסרטן כתוצאה מהקרנתם?

Colon dose (Gy)	Number of subjects	Person-years	Number of deaths	Number of excess cases ^a
<0.005	38,509	1,465,240	4,621	2
0.005–	29,961	1,143,900	3,653	49
0.1–	5,974	226,914	789	46
0.2–	6,356	239,273	870	109
0.5–	3,424	129,333	519	128
1–	1,763	66,602	353	123
2+	624	22,947	124	70
Total	86,611	3,294,210	10,929	527

Solid cancer

1950-2003:

527 + 94 ≈ 600

Leukemia

600 / 11,000 :

死亡 Deaths				
観察数 Observed	推定過剰数 Estimated excess	寄与率 Attributable risk		
69	4	6%		
0.1–0.2	5,841	14	5	36%
0.2–0.5	6,304	27	10	37%
0.5–1.0	3,963	30	19	63%
1.0–2.0	1,972	39	28	72%
>2.0	737	25	28	100%
合計 Total	49,204	204	94	46%

קרינה גרעינית הינה מסרטן חלש (!)

מוטציות: כמה נתגלו בצאצאי הניצולים?

מוטציות: כמה נתגלו בצאצאי הניצולים?

0 (אפס)

מוטציות נצפו בבעלי חיים מוקרנים במעבדה
אך לא בבני אדם (גם לא אחרי צ'רנוביל)

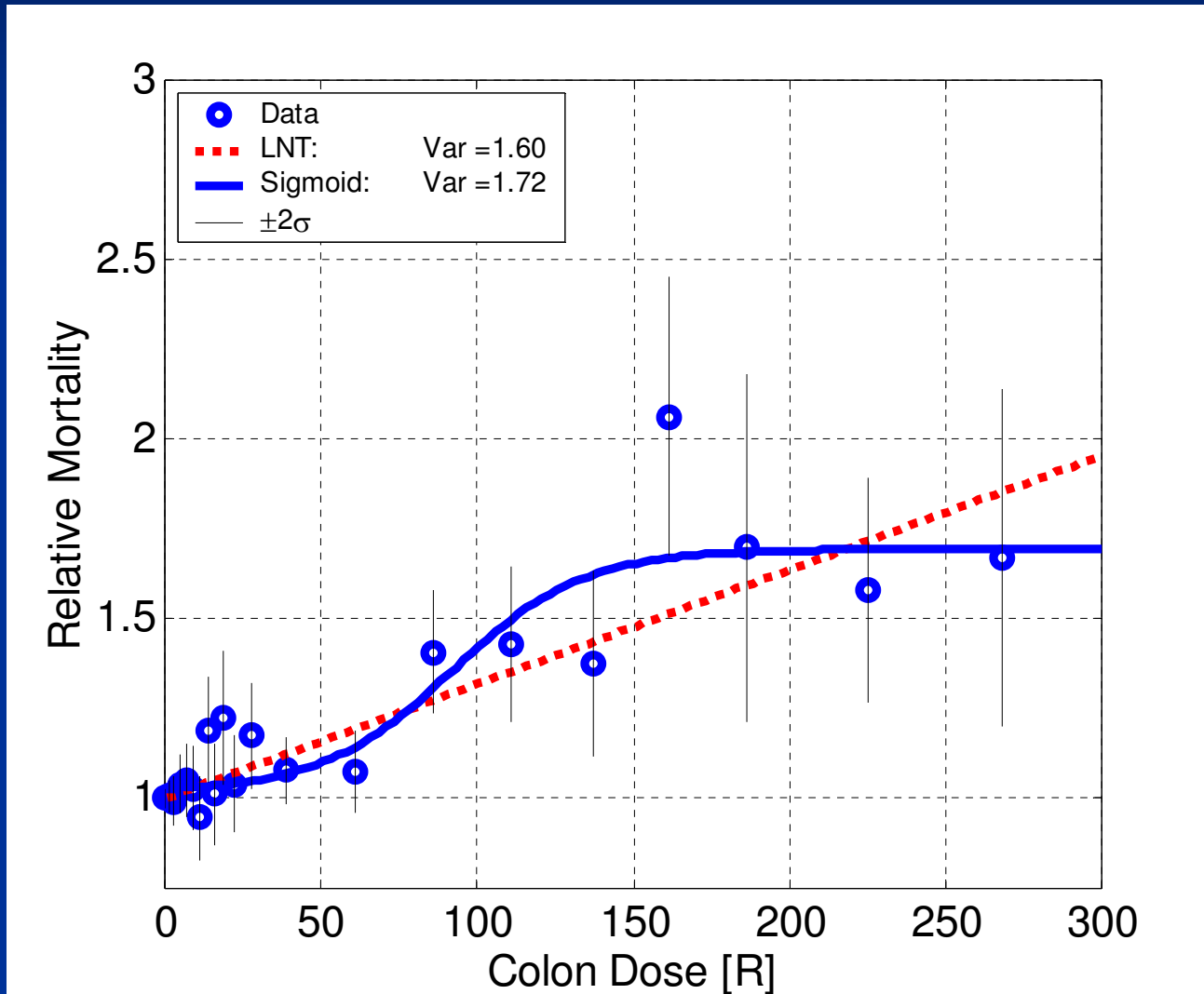
Radiation mutagenesis

- 1927 – discovered in flies (Herman Müller)
- 1946 – Nobel prize
- 2015 – “not yet” observed in the offspring of the A-bomb survivors

תגובה טיפוסית לסכנות קרינה



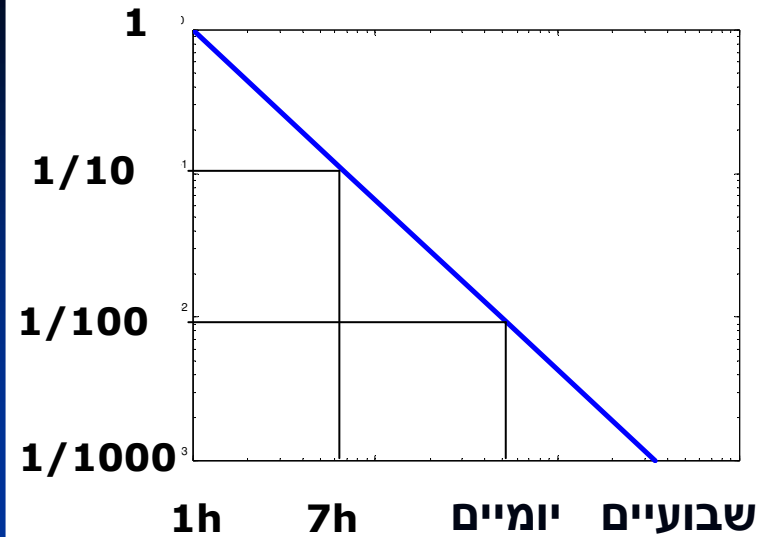
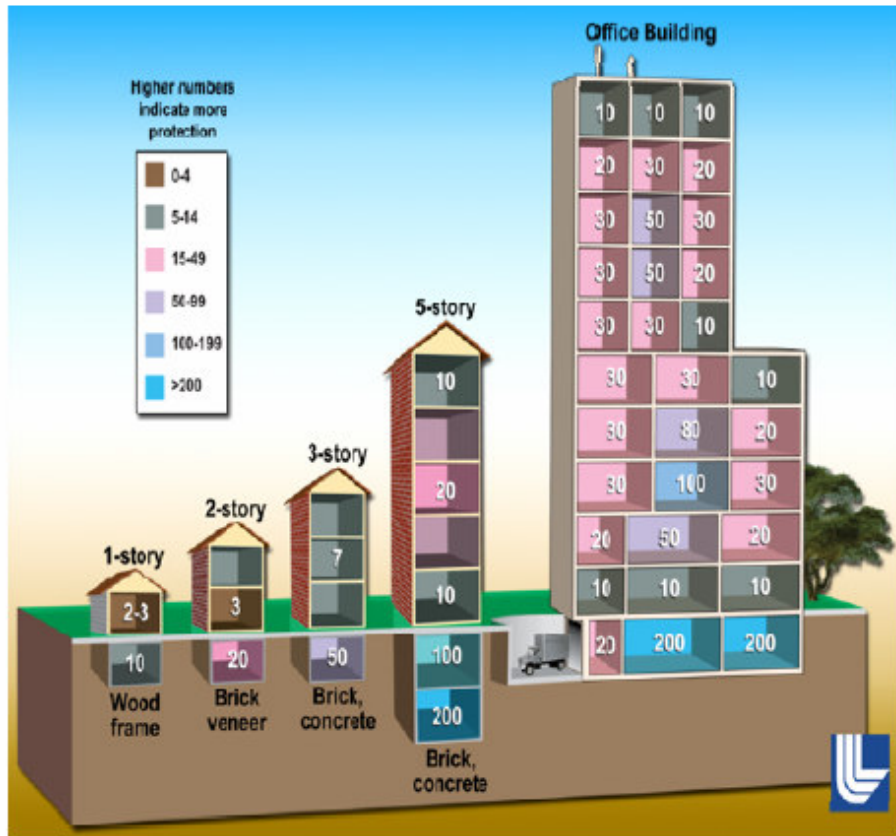
תמותה מסרטן – ניצולי ההפצות



תופעות הקרינה

סרטן	תופעות מיידיות		מנה [רנטגן]	
אין או זניח	צילום חזה	0.04	אין	0-25
	רקע שנתי טבעי	0.20		
	CT	0.5-2.0		
מוגבר	שינוי בספירת דם		25-100	
	מחלת הקרינה (לא קטלנית)		100-200	
עד פי 2 תוחלת החיים: 80 ← 77.5	סף תמותה ממחלת הקרינה		200	
	LD ₅₀ : חצי מתים תוך 2-8 שבועות ללא טיפול רפואי		350	
	100% תמותה ללא טיפול		600	

נשורת גרעינית – וההגנה מפניה



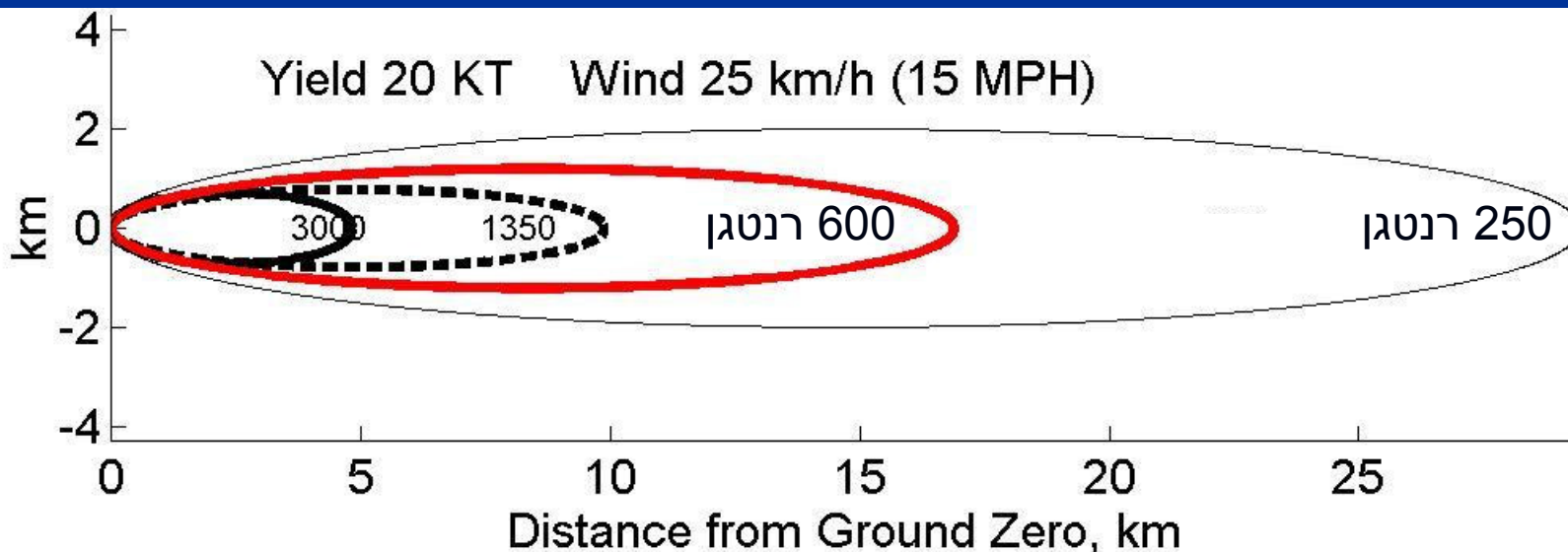
דעיכת קרינת הנשורת

שהייה במחסה: יום-יומיים

הגנה ע"י מבנים מצויים
← (PF)

Source:
Lawrence Livermore
National Laboratory,
2009.

זיהום רדיו-אקטיבי – פיצוץ קרקעי 20 קילו-טון



תמותה ב-%

100%		10-100%		בחוץ/אווהל
100%	50-100%	0-50%	מחלה קלה	בית צמוד קרקע
מחלה קלה		אין תופעות	PF=20	קומה 3 מתוך 5
		אין תופעות	PF=40	ממ"ד

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- **יעילות ההגנה האזרחית**
- סיכום

הגנה אזרחית

דו"ח מסכם – סקירת הפצצות אסטרטגיות (זירת האוקיאנוס השקט)

ארה"ב 1946

United States strategic bombing survey summary report (Pacific war)

האבידות האזרחיות ניתן לצמצם תוך שימוש בשיטות

ידועות ובדוקות פי 20 או יותר ע"י

פיזור (!)

פינוי מוקדם

התראה

מקלטים ותכנית חילוץ והצלה

צפי אבידות (הרוגים)

מקור	80 פצצות של 20 קילו-טון על ישראל	20 קילו-טון 11,000 איש / קמ"ר	תנאים
British Mission to Japan, 1946		50,000	התקפת פתע
2010 סוקול UK Home Office 1950	300,000	25,000	ממ"ד 50%
2010 סוקול	150,000	12,000	ממ"ד 100%
2010 סוקול	20,000	1,500	תת-קרקעי 100%

x 30

הגנה אזרחית

ניסיון בין-לאומי (שוויץ, דנמרק וכו'):

לא מאמץ מרוכז – אלא

(1) מו"פ \leq המלצות

(2) הטבות מס

נושאים לדוגמה

- הסברה, חינוך ותרגול
- שדרוג ממ"דים למחסי קרינה
- שדרוג מבנים תת-קרקעיים למקלטים (חניונים, מנהרות וכו')
- פיזור האוכלוסייה

מקלט גרעיני

- מקלט רגיל – תת-קרקעי (עדיף), ממ"ד, ...
- מיועד לזמן שהיה עד 48 שעות
- אוורור (אין צורך בסינון, האוויר לא הופך למזוהם)
- מים – 2 ליטר לאדם ליממה
- כלי נסגר בתור שירותים מאולתרים
- אמצעי היגיינה ועזרה ראשונה
- אוכל ועוד

שדרוג ממ"ד למקלט גרעיני

- התקנת מערכת אוורור ידנית (או גנראטור חירום)

- אין צורך בסינון, האוויר לא הופך למזוהם

■ אבזור

- מים – 2 ליטר לאדם ליממה

- כלי נסגר בתור שירותים מאולתרים

- אמצעי היגיינה ועזרה ראשונה

- אוכל ועוד

■ כללי התנהגות

- ניתן לצאת לכמה דקות

- לא להכניס לכלוך מבחוץ, להקפיד על כללי היגיינה

סיכום

- אין להיבהל
- יש הרבה מה לעשות
- צמצום אבידות ונזקים פי 20 ויותר!
- עדיף לעשות בעוד מועד

סיכום

- אין להיבהל
- יש הרבה מה לעשות
- צמצום אבידות ונזקים פי 20 ויותר!
- עדיף לעשות בעוד מועד

חיילים!

*אינני קורא לכם למות מות גיבורים בעד ארצנו.
הנני קורא לכם לעשות הכול כדי שהנבלות שנגדנו
ימותו מות גיבורים בעד ארצם*

Helmut Moltke

נספחים

נשק גרעיני

“Atomic”

1-20 Kton

Hiroshima

~16 Kton

Nagasaki

~21 Kton

Severe damage
range

1-1.5 km

“Hydrogen”

100-1000 Kton

much more complicated

Severe damage
range

4-6 km

Nuclear Warheads

"Atomic" (fission)

Hiroshima

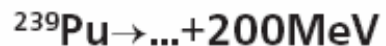
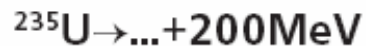
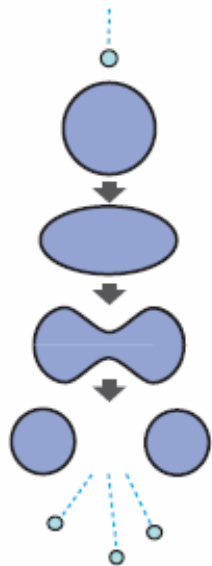
Severe damage
range

1-20 KT

~16 KT

1-1.5 km

Nuclear Fission



$n \sim 1\text{MeV}$

1 kg $\sim 10^{14}$ J $\sim 2 \cdot 10^6$ kg oil ~ 20 kt TNT

A-bomb designs

Conventional
chemical explosive

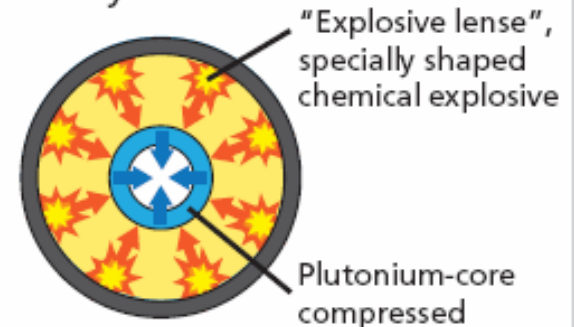
Sub-critical pieces of
Uranium-235 combined

"Little Boy"



Gun-type assembly method

"Fat Man"



Implosion assembly method

Nuclear artillery



1953 "Atomic Annie"

280 mm 365 kg length=1.38m Yield:15 KT



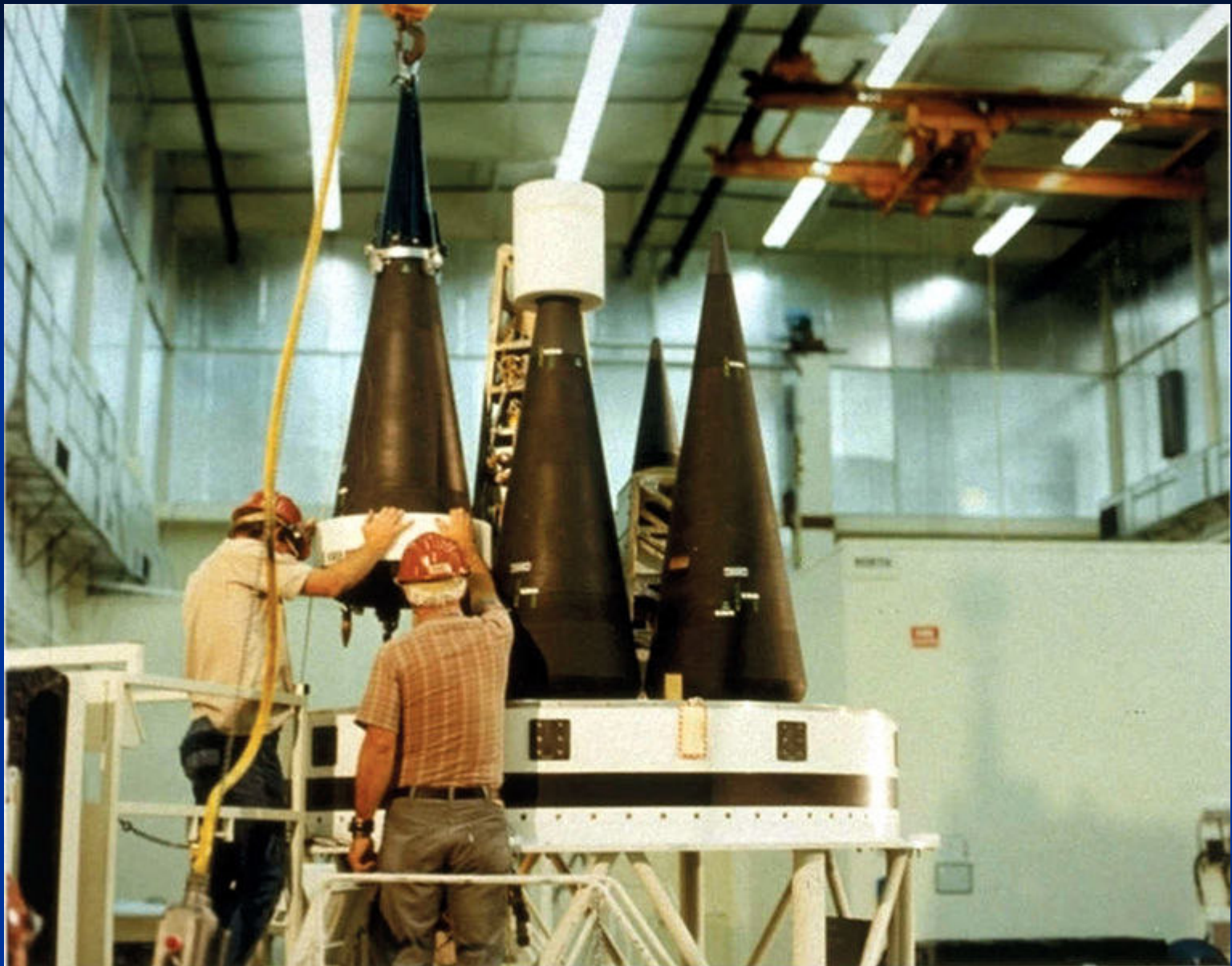
1963 "W-48"

Caliber 155 mm

Length 846 mm

Weight 58 kg

Yield 0.1-1 KT



Hydrogen warheads **200-500 KT** "Peacekeeper" ICBM US 1983

Nuclear Proliferation

הם יבנו אותו, או יקנו,
או ישאלו, או יגנבו –
אבל ישיגו אותו

פרופ' מרטין ואן קרבליד
האוניברסיטה העברית

"Nota bene" No. 7, 24.02.2005

"They'll build, buy,
borrow, burgle it –
anyhow, they'll have it"

Prof. Martin Van Creveld, Hebrew University

EMP Catastrophe?

NOT anticipated to be damaged

- Military electronics
- Mobile phones
- Lap-tops
- Planes
- Cars
- ...

EMP: What is anticipated

- Voltage surges in power grid
- Multiple upsets and failures
- Extensive secondary damage
 - Accidents as a result of controls' failure
- *Unanticipated*
 - However, to consider anticipated helps also to counter unanticipated!

דוגמה: מחסה קרינה

עפ"י תקן ארה"ב US FEMA TR-87

1. החלשת הקרינה פי 40

ע"י בטון 30 ס"מ

או אדמה, חול 45 ס"מ

או פלדה 10 ס"מ

או עופרת 7 ס"מ

2. אוורור 5-10 מ"ק / (אדם x שעה)

שדרוג ממ"ד למחסה קרינה:

לדאוג לאוורור ולאבזור

הירחימה – שרידות

