

פורום רשויות ניקוז/נחל, סדנת נחלים תשע"ה : מהצונאמי עד ל-"תמ"י", יום ה' 30.10.2014 מועצה האזורית דרום השרון
הערכות המדינה לשיטפונות גדולים לאורך החוף ובתוך הערים

הערכות לקטטרופה: צונאמי! השלכות על התשתיות הזורמות

סרג'יו דב רוזן M.Sc., P.E.

ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית 

טל: 050-7270867; דוא"ל: rosenssr@netvision.net.il; אתר: www.seashorerosen.com

חוף דדו בחיפה לאחר סערה ב-07-09.01.2013



סיציליה, לאחר רעידת האדמה והצונאמי ב-28.12.1908



כל הזכויות שמורות לסרג'יו דב רוזן, © מותר להפיץ המצגת רק בתצורתה המקורית בלי לבצע שום שינוי

ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון – פיקוח 

פרקי ההרצאה

□ מבוא תמציתי לתופעת גלי הצונאמי

□ מצב הערכות לצונאמי בים התיכון ובישראל

□ השפעות מטאו-ימיות ושינוי האקלים על סיכוני הצונאמי

□ הסיכונים בישראלי מגלי צונאמי לפגיעה בתשתיות

הזורמות: נחלים, ניקוז וביוב, מי תהום, שטפונות

□ מסקנות והמלצות למניעה או מיתון הפגיעות מצונאמי

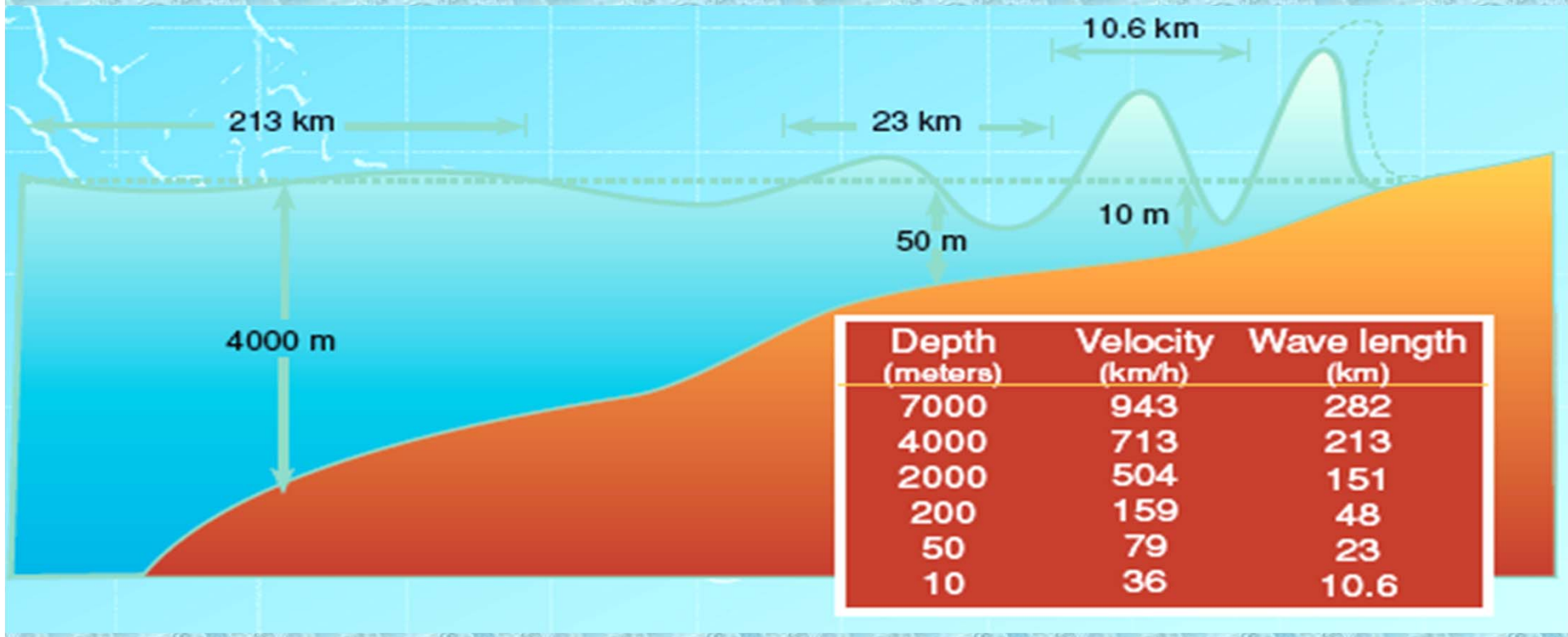


מבוא המציתי לתופעת גלי הצונאמי



אז מה זה צונאמי ? :

- ☉ מקור המילה יפני : סו-נא-מי משמעותה : גל בנמל ;
- ☉ גל צונאמי הוא גל כובד ארוך מאד, בעל זמן מחזור של כ- 5 עד 60 דקות ;
- ☉ ביים עמוק אורך הגל כ- 200 ק"מ, גובה 0.2-5.0 מ', מהירות עד 900 קמ"ש
- ☉ בקרבת שפת היים, אורך הגל קצר עקב רפרקצית הגל לכ-6 ק"מ, מהירותו קטנה לכ-25 קמ"ש, אך גובהו עולה לכדי פי 4 עד 30 ויותר (במגה-צונאמי)



מה הם הגורמים לגלי צונמי ?

☹️ רעידת אדמה בקרקעית הים ותזוזה אנכית של פני קרקעית הים עקב תנועת הלוחות הטקטוניות

☹️ התפרצות וולקנית ושפיכת לבה וחומר רב במהירות גבוהה

☹️ התמוטטות מבנה לוע הר געש תת-ימי, וזרימה מהירה של מי הים בו

☹️ רעידת אדמה ביבשה וגלישת גושי קרקע או קרחונים לים

☹️ נפילת מטאור או אסטרואיד לים

☹️ אירוע של תנודת לחץ אטמוספרי מהירה, גורמת ליצרת גלים בעלי אפיינים כמו של גלי הצונאמי, הנקראים "מטאו-צונאמי"

יצוין כי לא כל רעידת אדמה יוצרת גלי צונאמי, כמעט תמיד רק אלה מעל מגניטודה 6 ובממוצע רק באחד מ-7 אירועים, ועבור אלה במגניטודה 7 או יותר רק באחד מתוך 3 אירועים.

תאור סכמטי להיווצרות, התפשטות והצפת החוף ע"י צונאמי



איזה שלבי התפתחות של הצונאמי קיימים ?

☹️ הווצרות גל צונאמי יחיד במקרה של רעידת אדמה, וכמה גלים נוספים במקרה של גלישת חומר במדרון המדף, נוצרים גלים רבים, תוך התמשכות הגלישה

☹️ התפשטות גלי צונאמי עקב תזוזת פלטות טקטוניות מתרחשת בכיוונים התלויים בתצורת וכיוון השבר וכן באופי תצורת קרקעית הים והאגן עד לחופים. בהתקרב הגלים לחופים הם נכנסים בתחום מים רדודים מאוד, מצב הגורם להתקצרות אורך הגל והקטנת מהירותו, ומאידך לעלייה ניכרת בגובה הגל.

☹️ הצפה של החופים ו\או כניסה בשפכי נהרות תוך עלייה בגובה פני ההצפה. הרום המרבי אליו יגיעו המים נקרא: שיא ההצפה (run-up).

☹️ נסיגה של המים הימה וכן החזרה של חלק מהגל כלפי חופים שכנים.

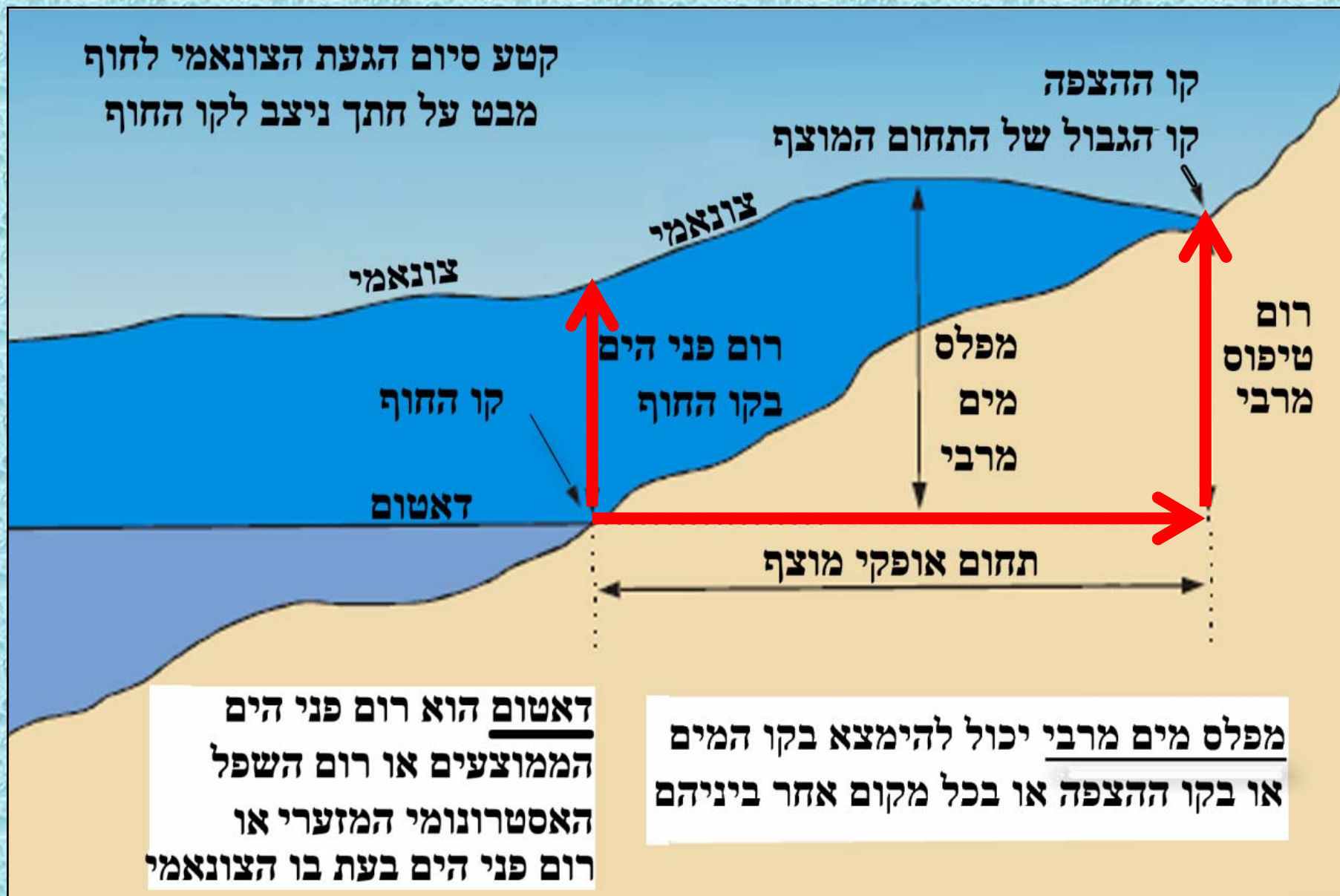
כיצד מזהים הגעת גלי צונאמי ?

☯ לעיתים מזהים תחילת הגעת גלי צונאמי בחוף ע"י תופעה של ירידה מהירה מאד (למשך דקות ספורות) של מפלס פני הים ב- 2 - 4 מ' ונסיגה של קו המים מספר מאות מטרים הימה, לעיתים מקבלים ישירות עלייה בפני הים והצפה של החוף.

☯ לרוב, צונאמי מגיע בסדרה של מספר גלים (3-7), כאשר לעיתים הגל הגבוהה ביותר הוא הראשון ולעיתים אחד מהגלים העוקבים.

☯ גל צונאמי יכול להיות נמוך בקטע חוף אחד וגבוהה מאד בקטע חוף שכן, הכל תלוי בשיפוע ותבליט קרקעית הים המקומית, במיוחד בחלק הרדוד ביותר.

הגדרת פרמטרים בהצפת צונאמי בחוף צונאמי



צילום חזית גל צונאמי המתקדם אל חוף



ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון - פיקוח





מירוק לחום – הרס הצונאמי באינדונזיה ב-2004
מבט מהאוויר של בנדה אצ'ה, בסומטרה, אינדונזיה.
מימין : 10 ינואר 2004 ; משמאל: 29 דצמבר 2004 (3 יום לאחר הצונאמי

Sri Lanka



*In Sri Lanka, most damage from the tsunami attack,
not from groundshaking
Train station in Paiyagala, Sri Lanka*

Tsunami damage to buildings.



*Among structures along the frontline,
mostly only RC buildings survived.*

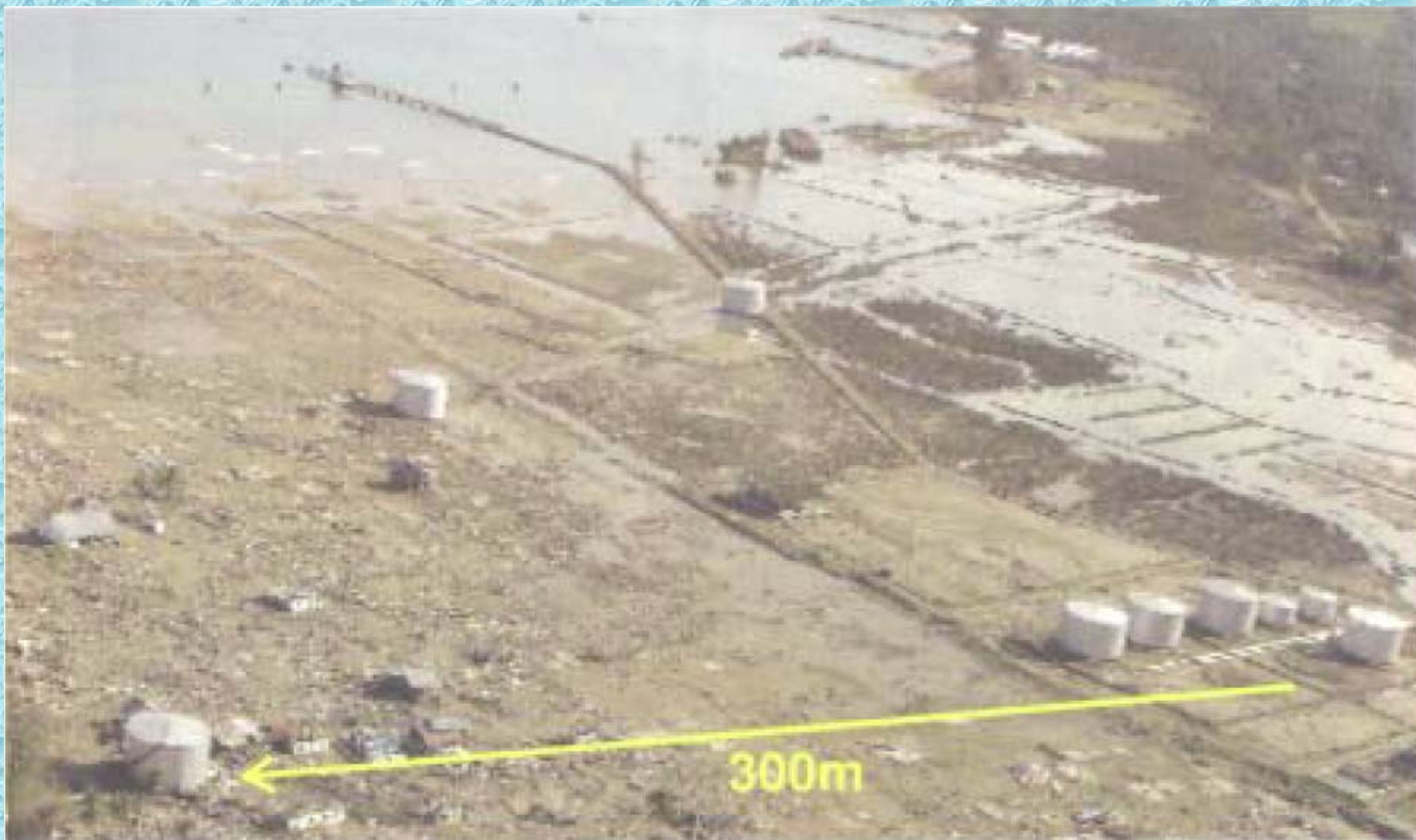
דוגמאות נוספות לנזקים מפגיעת צונאמי



דוגמאות נוספות לנזקים מפגיעת צונאמי



דוגמאות נוספות לנזקים מפגיעת צונאמי



ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון – פיקוח





ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון – פיקוח



דוגמאות נוספות לנזקים מפגיעת צונאמי



ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון – פיקוח



דוגמאות נוספות לנזקים מפגיעת צונאמי



ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון – פיקוח

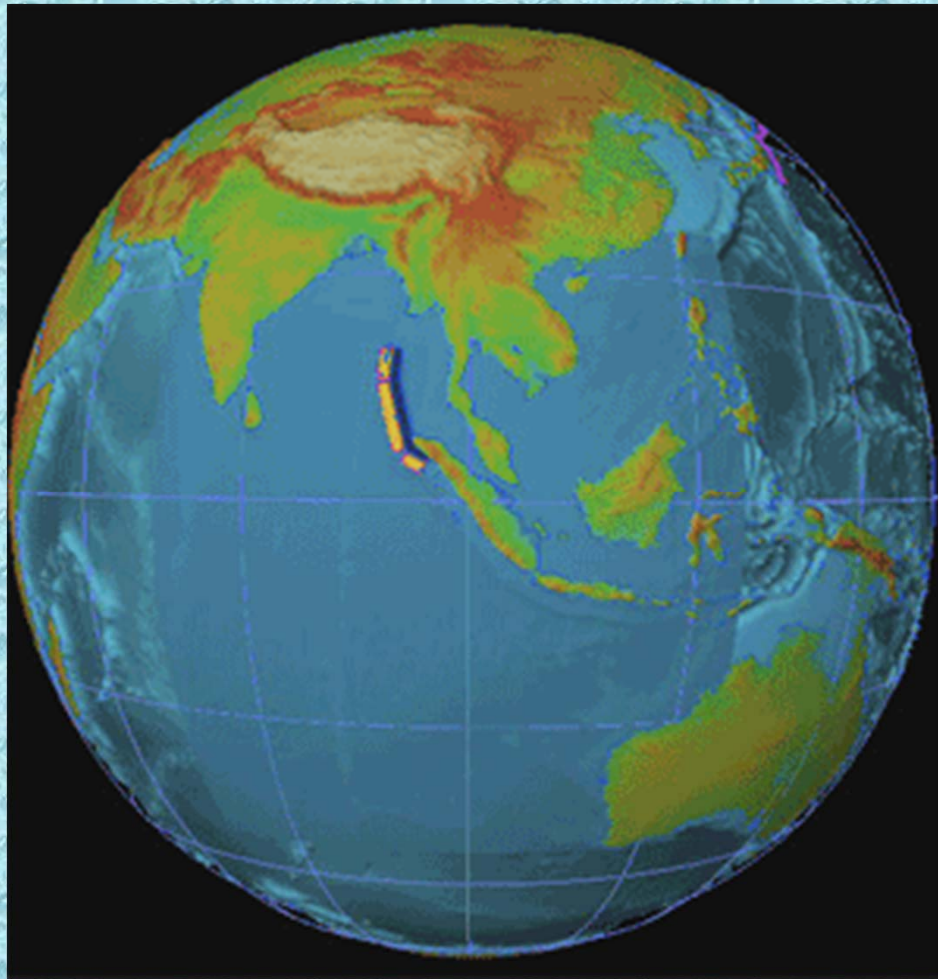


מצב הערכות לצונאמי בים התיכון ובישראל



על מערכת ההתרעה מצונאמי בים התיכון NEAMTWS

הדמיות צונאמי, מפות הצפה ואמצעי התרעה מוקדמת



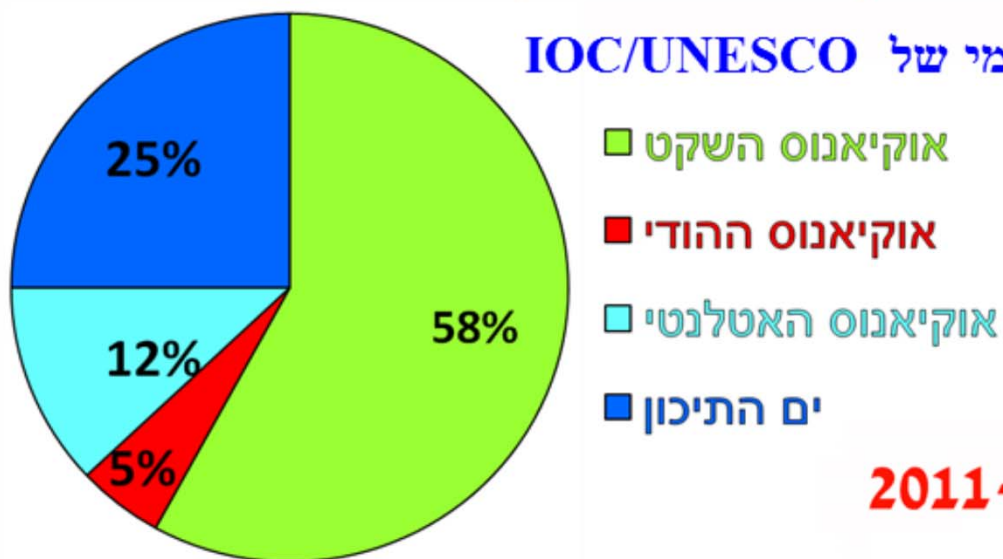
בעקבות אירוע הצונאמי ההרסני ב-26/12/2004 באוקיאנוס ההודי, מצאה הוועדה הבינממשלתית לאוקיאנוגרפיה (IOC) של UNESCO כי הים התיכון נמצא במקום השני בעולם, מבחינת מספר אירועי הצונאמי שהתרחשו בהיסטוריה הידוע וגם במאה ה-20. ממצא זה היווה המאיץ להקמת מערכת התרעה מצונאמי בים התיכון (NEAMTWS) ולעליית המודעות לסיכון מפגיעה ע"י צונאמי בחופי הים התיכון ולצורך להיערך לכך.

במפגש היסוד של ה-ICG/NEAMTWS ברומה בנובמבר 2005 הוחלט על הקמת מערכת ההתרעה, שפועלת מאז 2010 תוך שדרוג יכולות מתמיד. הדמיות צונאמי לאירועי קיצון שפגעו בעבר בחופי ישראל שבוצעו בחיא"ל, הצביעו על סיכונים לתשתיות ולאוכלוסייה בחופי ישראל עם הצפות בסדר גודל של 10 מ' מעל אפס האיזון הארצי ברצועת החוף הקרובה לקו המים עד כ-1 ק"מ בתנאי ים שקט וללא הדמיית זרימות בנחלים. ביוני 2012 החליטה ממשלת ישראל על הקמת מערכת להתרעה מוקדמת מצונאמי "מים אדירים" שהיתה צריכה לפעול מיוני 2014. באוקטובר 2012 הוקמה גם וועדה מדעית להמליץ כיצד ליישמה, שהגישה את הדו"ח סופי לממשלה בתחילת ספטמבר 2014. אתמול והיום התקיים תרגיל צונאמי בינלאומי בו גם ישראל השתתפה בהיקף מלא. אף כי טרם טרם נפלה החלטת ממשלה לאמץ את המלצות דוח הוועדה המדעית ולהקצות התקצוב הדרוש להקמת מערכת ההתרעה הישראלית, רשות חירום לאומית במשרד הביטחון פועלת לקידום היישום יכולות תפקוד במצב ביניים בשיתוף עם המשרדים והרשויות השונים.

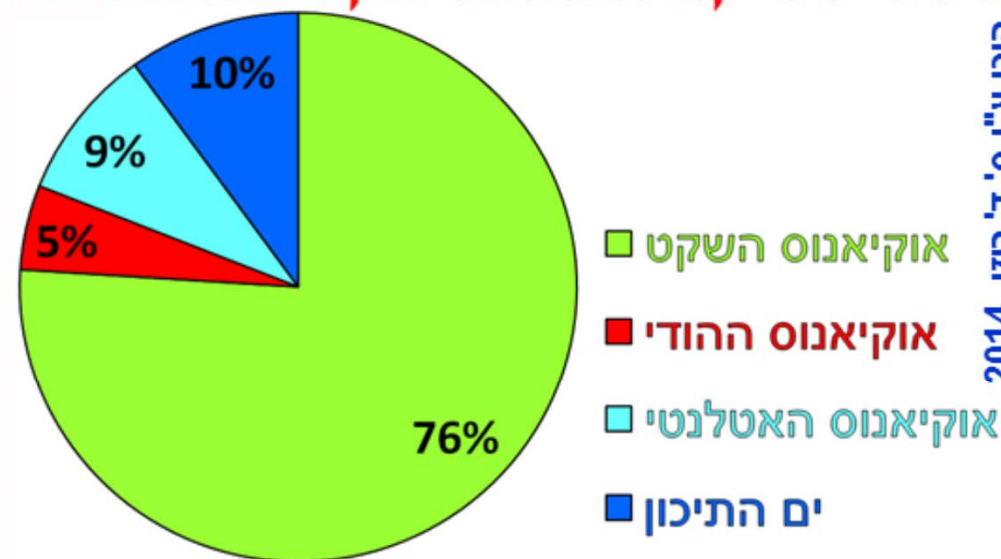
סטטיסטיקה עולמית של מספר אירועי הצונאמי

סטטיסטיקת אירועי הצונאמי בעולם בכל ההיסטוריה

לפי בסיס הנתונים העולמי של אירועי צונאמי של IOC/UNESCO



סטטיסטיקת הצונאמי בין 1901 ו-2011



הוכן ע"י ס' ד' רוזן, 2014

הצונאמי הרצחני האחרון

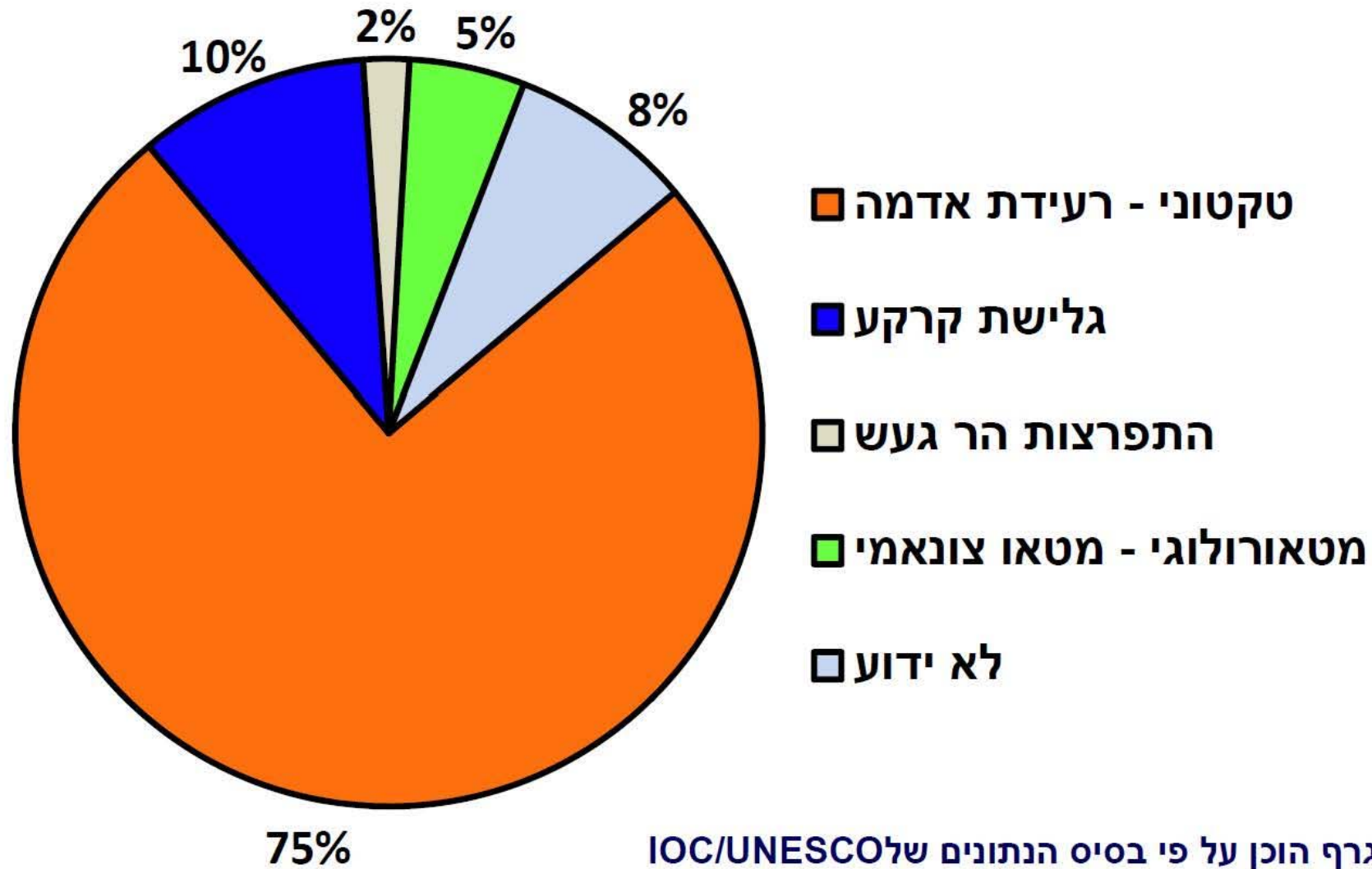
- 2011
- 2004
- 1946
- 1908

התפלגות אירועי הצונאמי (מכל הגדלים) בכל העולם



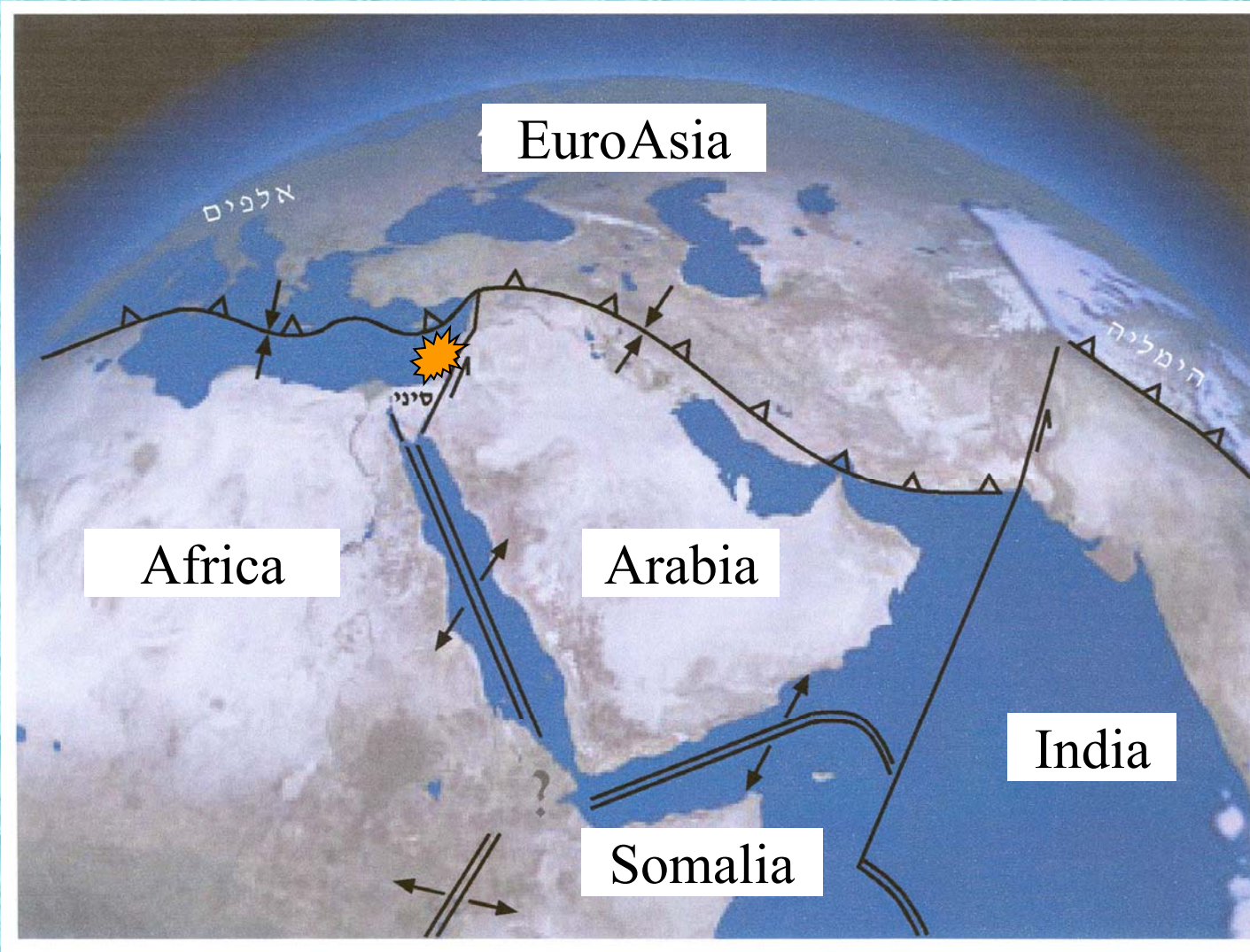
סטטיסטיקה עולמית של הגורמים לצונאמי

תאור הגורמים לצונאמי על פי שכיחותם



הוכן ע"י ס' ד' רוזן, 2014

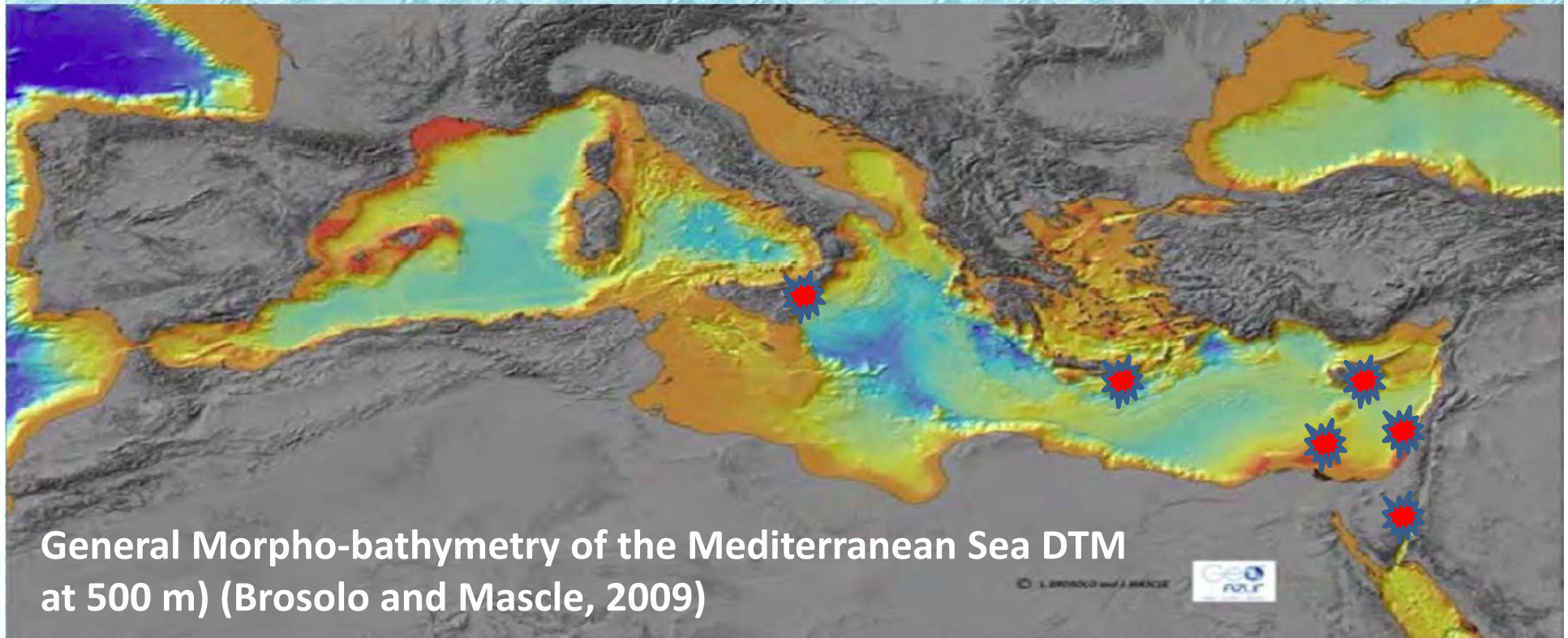
טקטוניקת הלוחות - המקור לרעידות האדמה החזקות



בעקבות סלמון, 2014

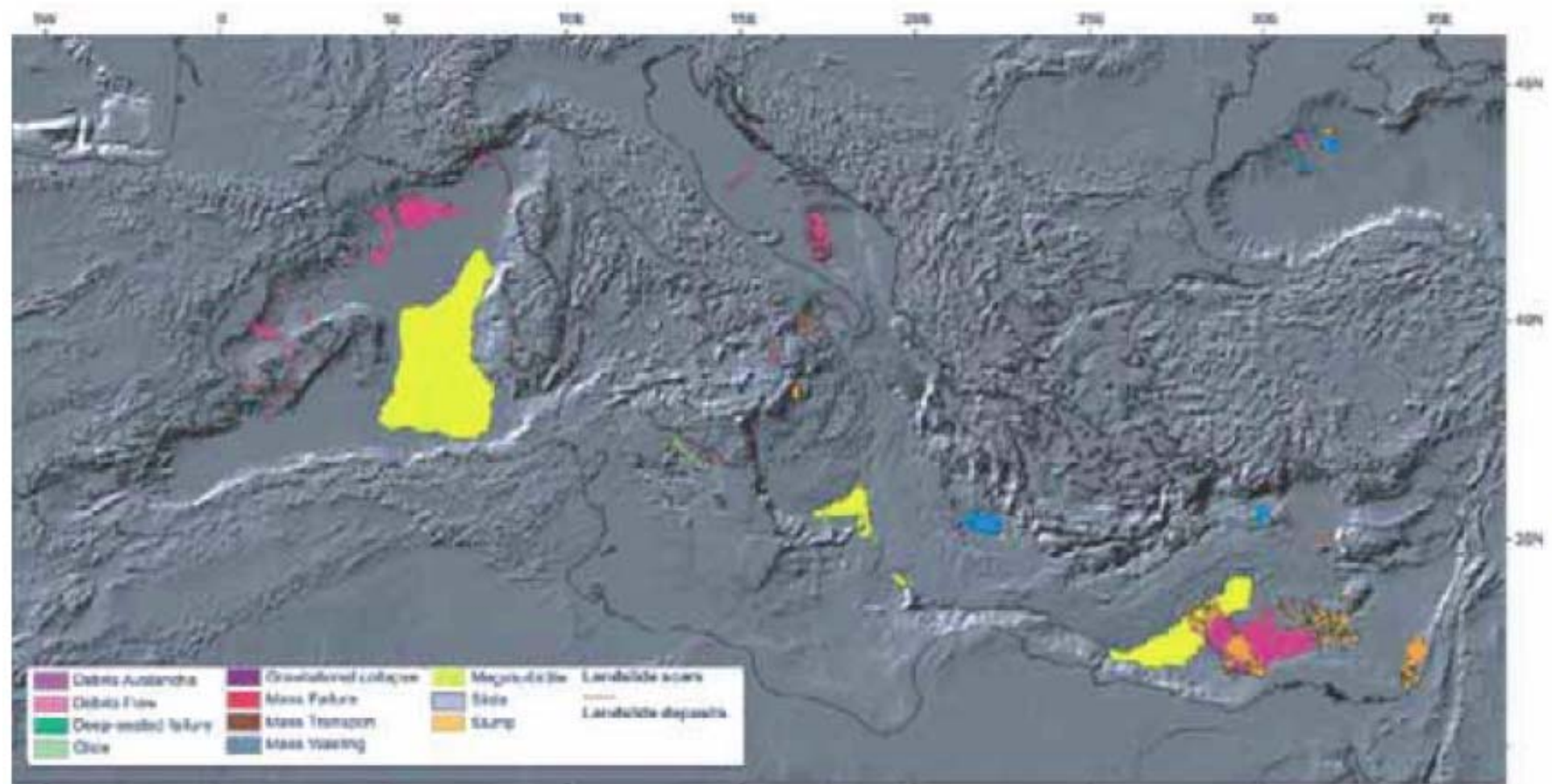


מקורות פוטנציאליים להיווצרות צונאמי שיפגע בישראל

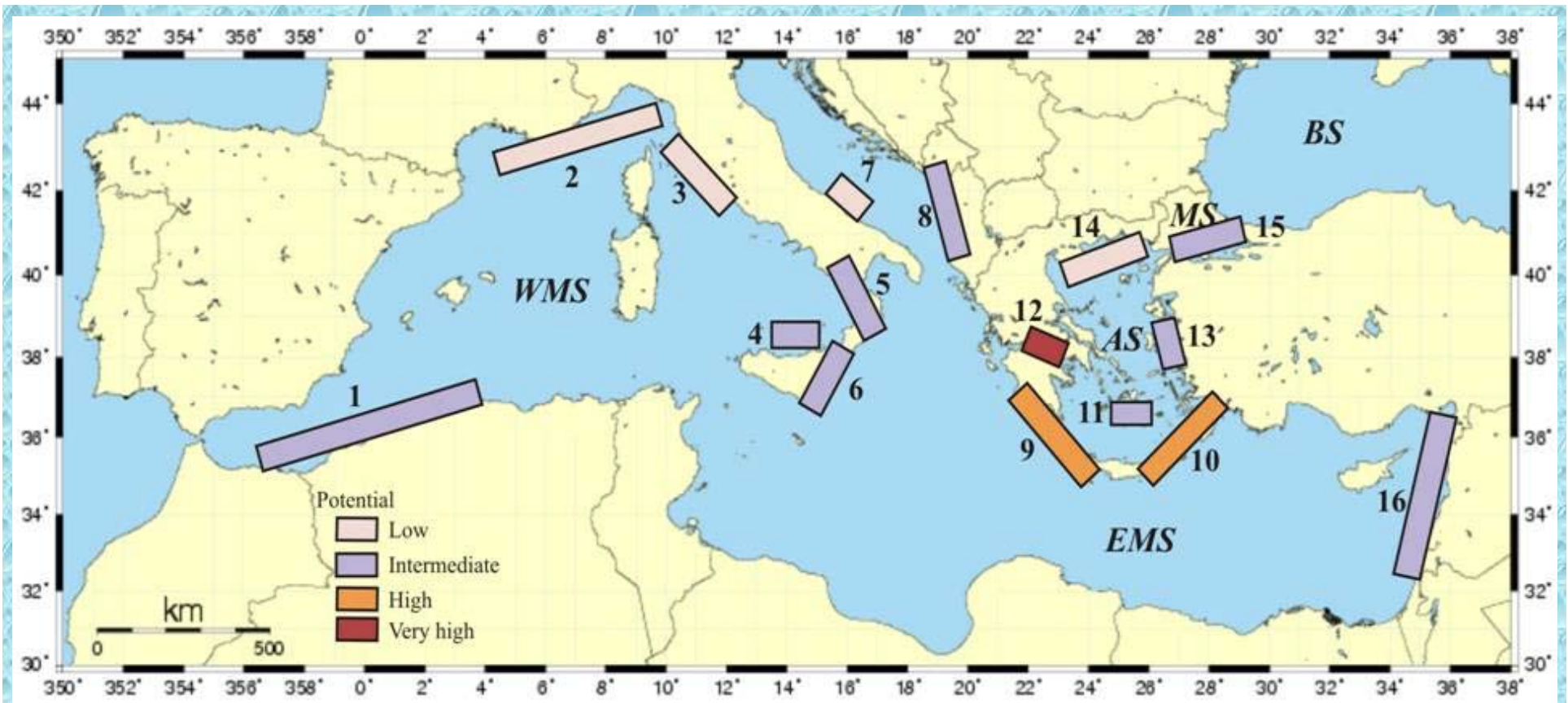


איזור ממנו יתכן כי יגיע צונאמי





מיקום אירועי הגלישות התת-ימיות העקרות שדווחו בים התיכון
(Papadopoulos, 2010)

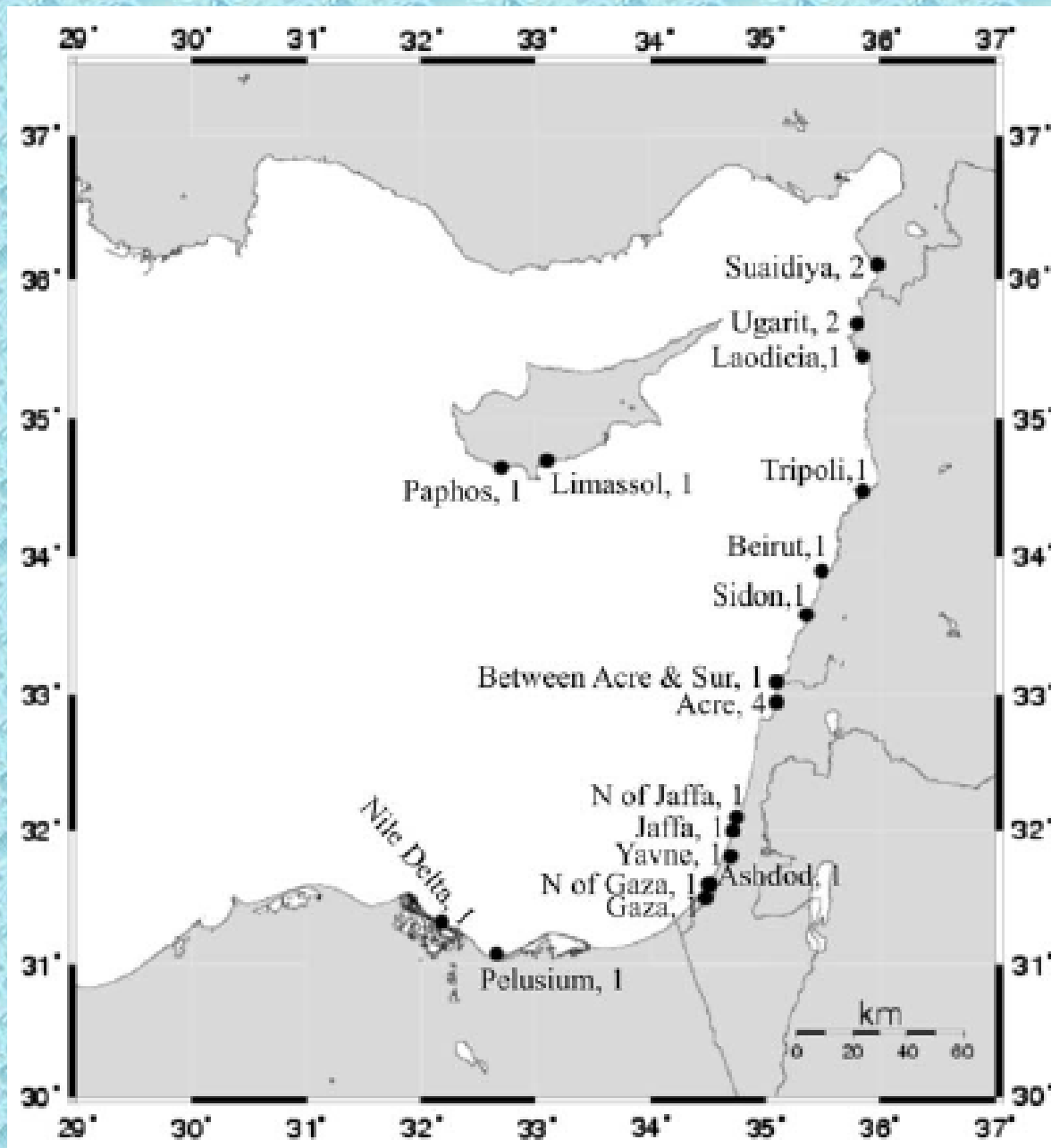


אזורים יוצרי צונאמי (מספרים על בסיס מקורות כתובים) ומיון לפי צבעים של הסיכון היחסי מצונאמי (בעקבות Papadopoulos, 2009)

WMS=Western Mediterranean Sea, EMS=Eastern Mediterranean Sea, AS=Aegean Sea
MS=Marmara Sea. Black Sea (BS) is not included in this study.

Zonation key; 1 = Alboran Sea, 2=Liguria and Côte d'Azur, 3 = Tuscany, 4=Aeolian Islands, 5=Tyrrhenian Calabria, 6= Eastern Sicily and Messina Straits, 7=Gargano, 8=east Adriatic Sea, 9=west Hellenic arc, 10=east Hellenic arc, 11=Cyclades, 12=Corinth Gulf, 13=Maliakos Gulf, 14=east Aegean Sea, 15=north Aegean Sea, 16=Levantine Sea





אתרים חופיים במזרח הים
התיכון בהם דווחו גלי צונאמי

מספר אירועי הצונאמי בכל
אתר כולל אירועים מקומיים
ורחוקים

נכללו רק אירועי צונאמי
בעלי רמת אמינות ≥ 2

(Fokaefs &
Papadopoulos, 2006)



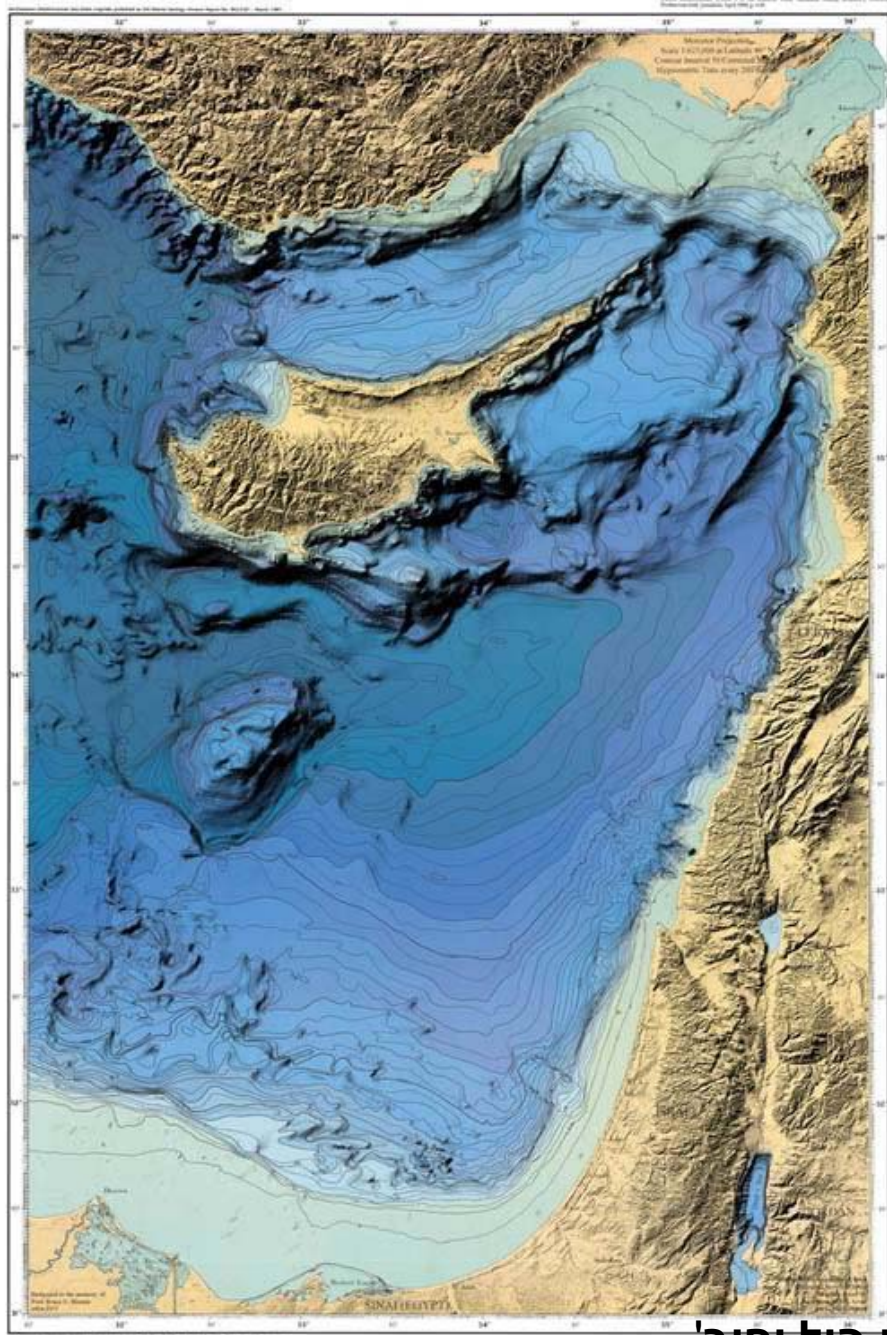
צונאמי 'בולטים' בחופי ישראל (בעקבות ע. סלמון)

תאריך	חופים שנפגעו	היקף	הגורם
מאה שנייה לפנה"ס	בין צור ועכו	מקומי	לא ידוע - יתכן רעידת אדמה
? 13 דצמבר 115	בין קיסריה ויבנה	מקומי	רעידת אדמה ביבשה, צפון מערב סוריה
9 יולי 551	לבנון וצפון ישראל	מקומי	רעידת אדמה ביבשה או בים בלבנון
18 ינואר 746	(?) דרום לבנון וצפון ישראל	מקומי	רעידת אדמה בעמק הירדן
דצמבר 1033 (1034)	צפון ישראל	מקומי	רעידת אדמה ככל הנראה בעמק הירדן
29 מאי 1068	דרום ישראל	מקומי	רעידת אדמה ביבשה? בדרום ישראל
20 מאי 1202	לבנון, צפ' ישראל, קפריסין	אזורי	רעידת אדמה ביבשה, לבנון וצפ' ישראל
8 אוגוסט 1303	אלכסנדריה, עכו, כרתים	רחב	רעידת אדמה באזור כרתים
14 ינואר 1546	בין יפו לעזה	מקומי	רעידת אדמה, יתכן בעמק הירדן
30 אוקטובר 1759	לבנון וצפון ישראל	מקומי	רעידת אדמה ביבשה בגבול סוריה לבנון
25 נובמבר 1759	ישראל, הדלתה של הנילוס	אזורי ?	רעידת אדמה ביבשה בגבול סוריה לבנון
9 יולי 1956	ים אגאי, יפו (חיפה), אלכסנדריה	אזורי-חלש	גלישה תת ימית בים האגאי אחרי רעידת אדמה

שלושה אירוע הקיצון ביותר שארעו ב-1500 לפני הספירה בסנטוריוני ושני האירועים מול כרתים בתאריכים - 21.7.365 ו-8.8.1303 עם מגניטודה של מעל 8 בקרוב.

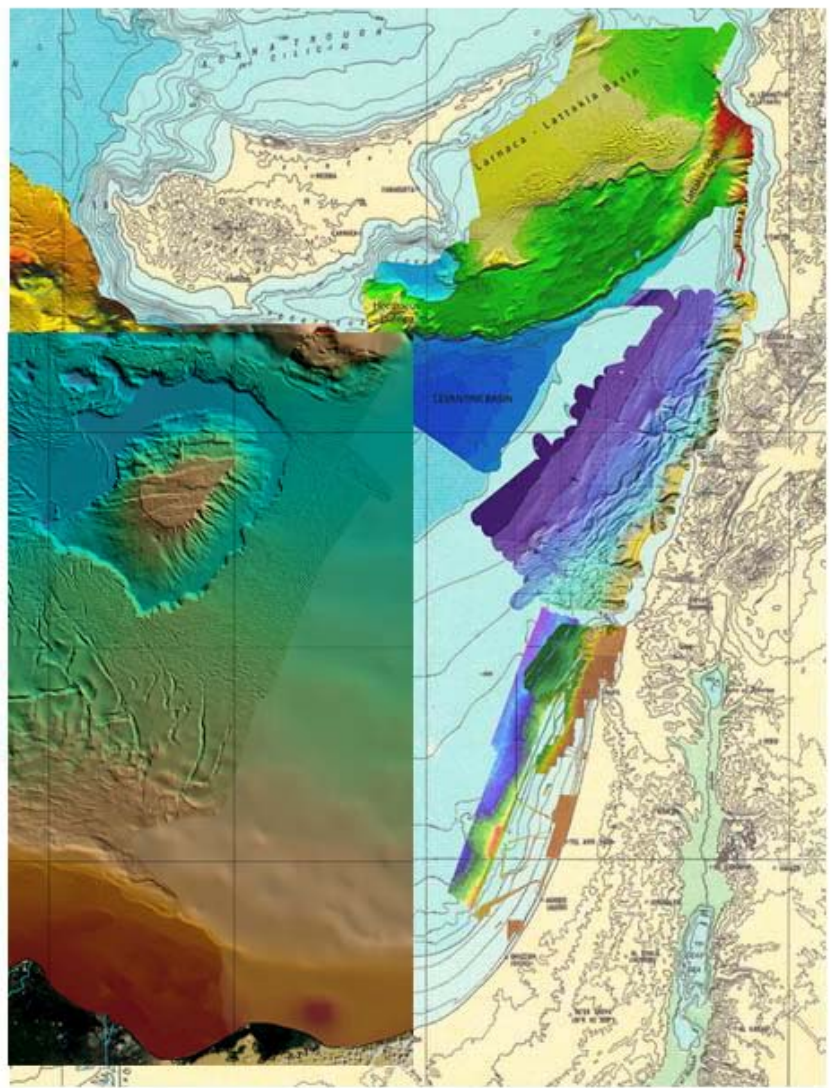
שני אירועי רעידות אדמה האחרנים גרמו לתופעות דומות באלכסנדריה, בדלתת הנילוס ובאזורים השכנים במזרח הים התיכון, כולל בחופי ישראל.

כיום אומדים שכיחות ממוצעת לצונאמי חלש כל 30 עד 100 שנה, חזק כל 250 עד 400 שנה וקיצון כל 1000 שנה



Eastern Mediterranean Situation

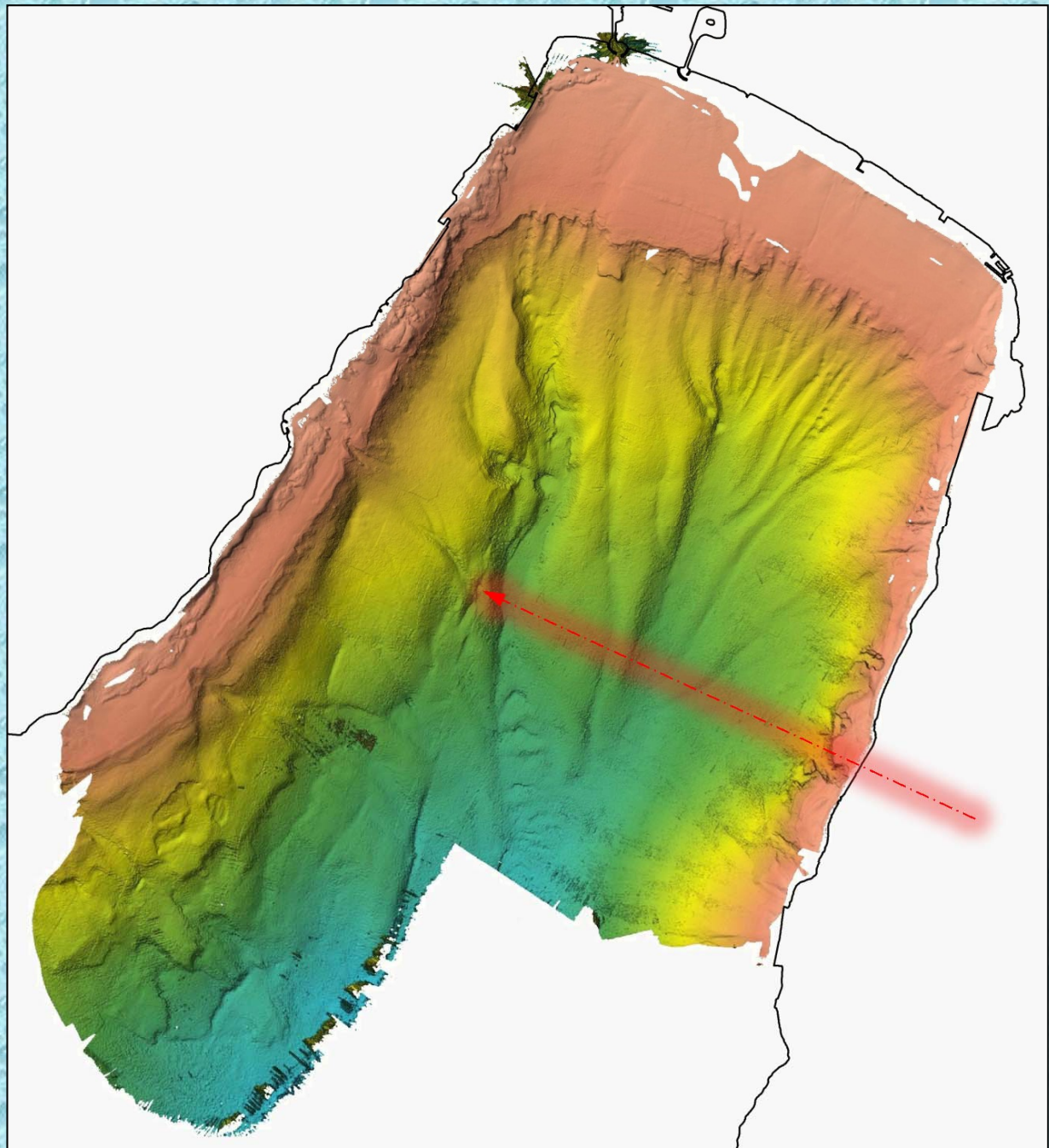
Background is the 1:5 Million version of the International Bathymetric Chart of the Mediterranean (and Black) Seas (IBCM).



מקור המפות - ד"ר ג'ון הול וחוב'

ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית - ייעוץ - תכנון - פיקוח

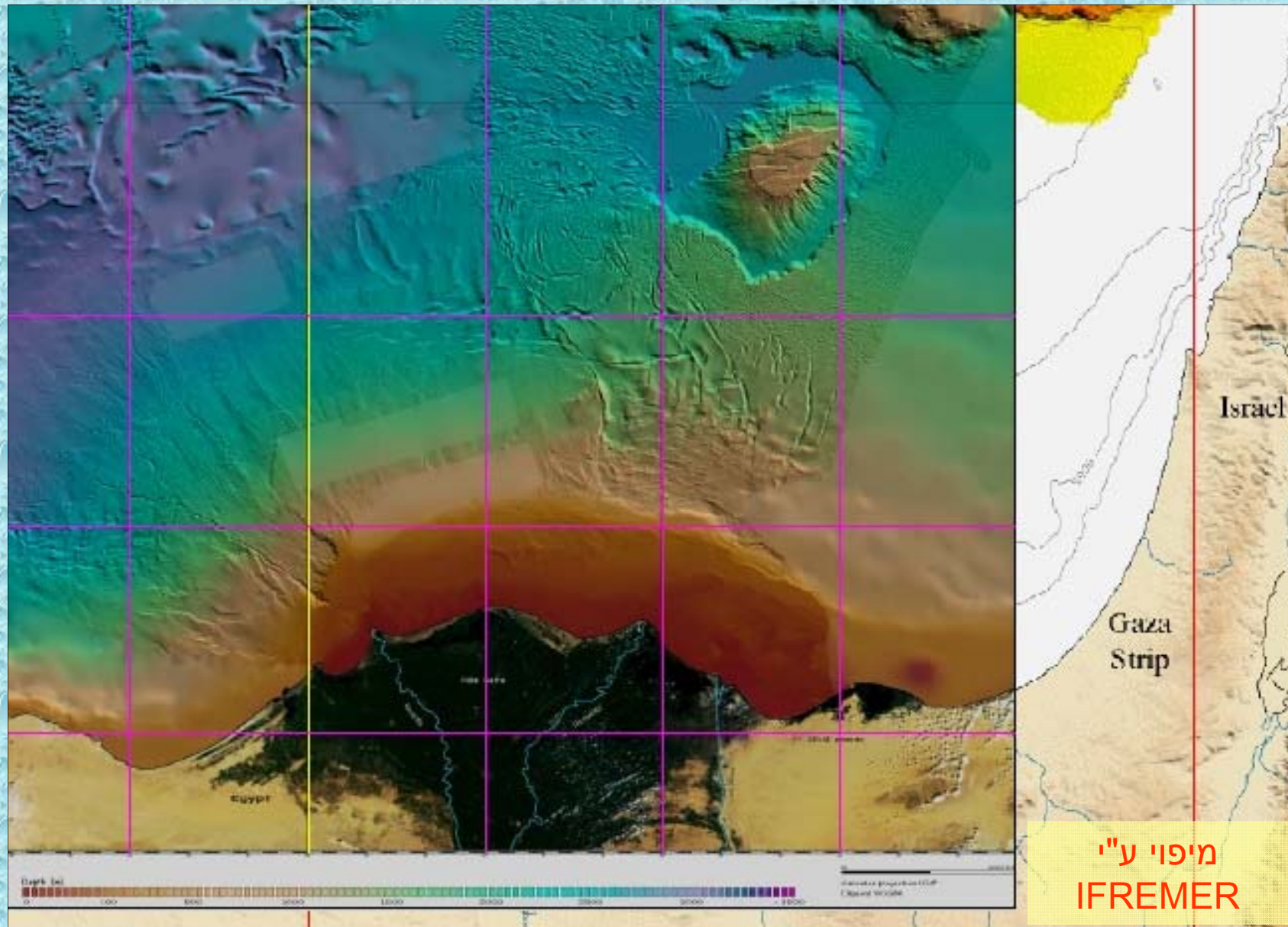




Zoomed multibeam bathymetry of the Elat/Aqaba Gulf at the Red Sea.

Observe the left landslide (from Tibor et al., 2010).



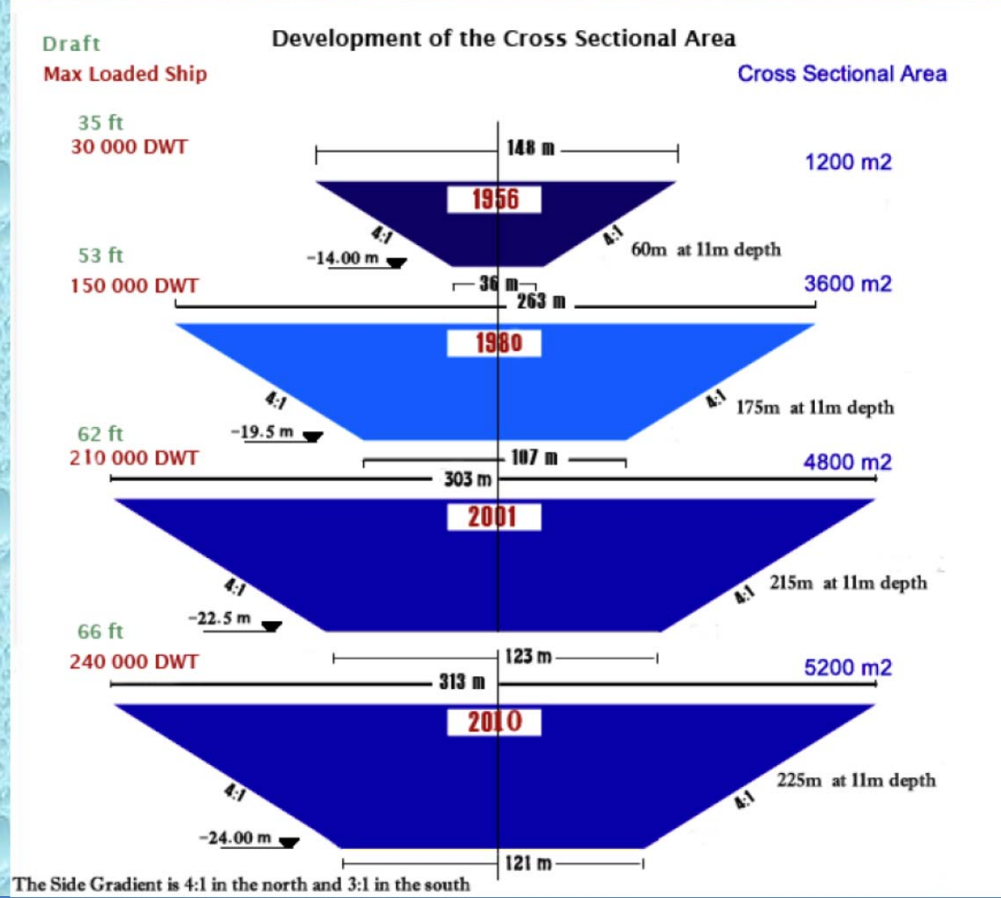


מפת עומקים מול דלטת הנילוס בעזרת מיפוי רב אלומות – מקור אפשרי לגלישה

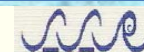
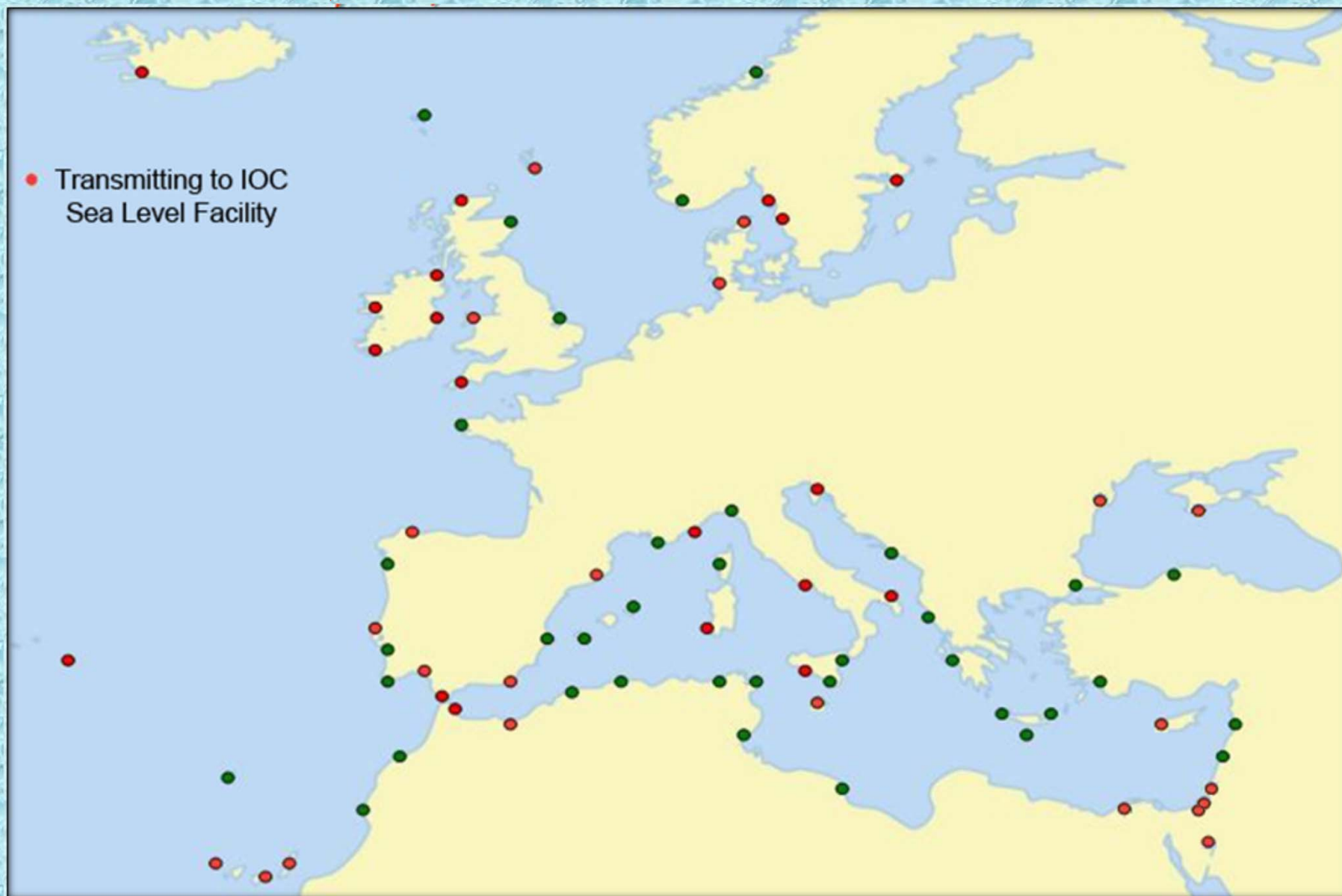
ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית – ייעוץ – תכנון - פיקוח 

השינוי בגודל חתך הזרימה של תעלת סואץ בזמן (1869 – 2010)

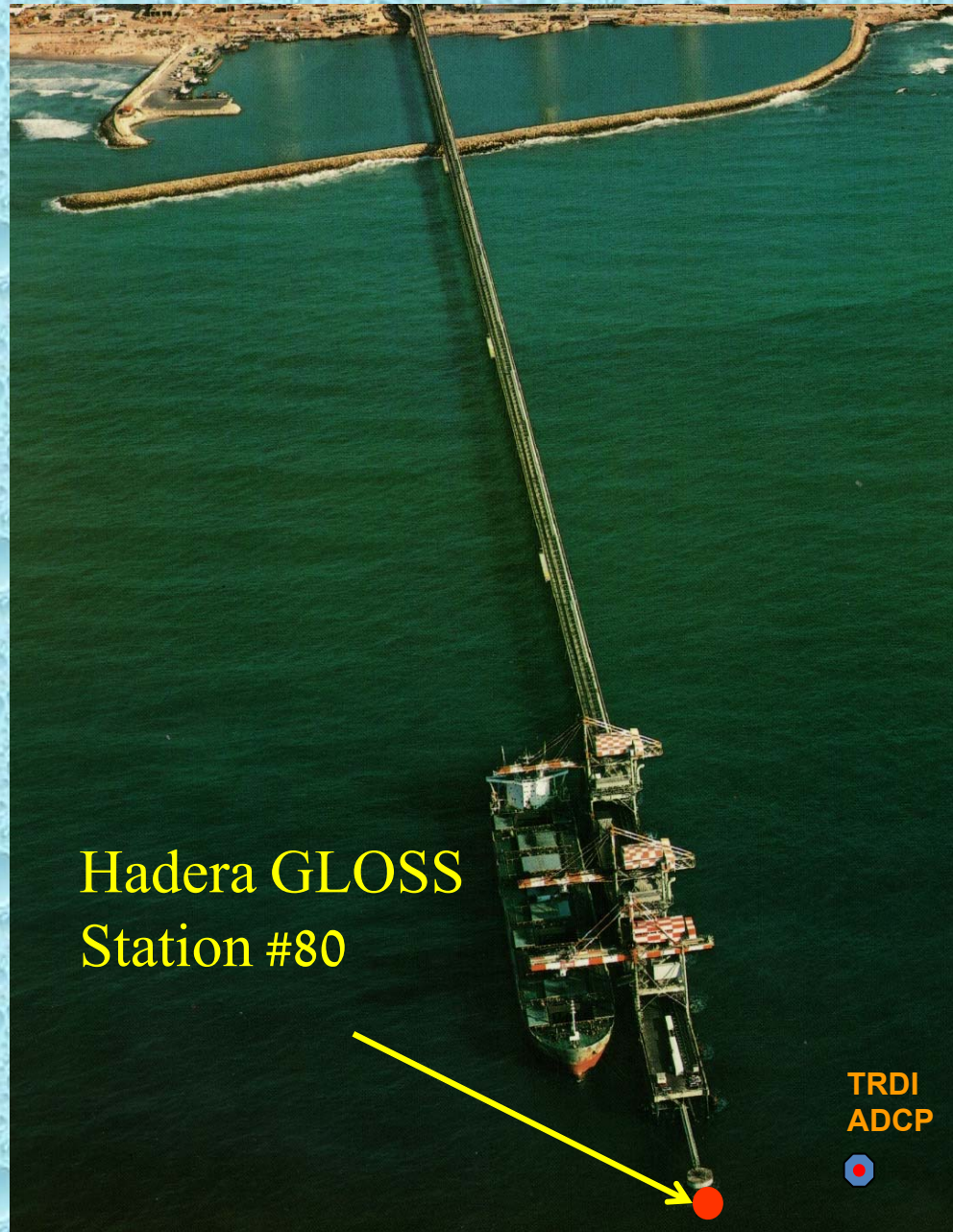
ITEM	UNIT	1869	1956	1962	1980	1994	1996	2001		2010
Percentage increase									1869-2001	
WIDTH AT 11M DEPTH	M	44	60	90	160	210	210	210	477%	
MAX DRAFT OF SHIPS	FEET	22	35	38	53	56	58	62	282%	
OVERALL LENGTH	KM	164	175	175	190.25	190.25	190.25	190.25	116%	
DOUBLED PARTS	KM	-	29	29	78	78	78	78	269%	
WATER DEPTH	M	10	14	15.5	19.5	20.5	21	22.5	225%	24
CROSS SECTIONAL AREA	M2	304	1100	1800	3600	4300	4500	4800	1579%	5208
MAX. TONNAGE (DWT)	TON	5000	30,000	80,000	150,000	180,000	185,000	210,000	4200%	



רשת תחנות מפלס הים המשדרות בזמן אמת למערכת NEAMTWS (מעל 70 תחנות, מהן 4 של ישראל)



תחנות ניטור מפלס הים בחדרה, תחנה 80 ברשת GLOSS



Hadera GLOSS
Station #80

TRDI
ADCP





הצפה תל אביב
 מפת הצפה לתרחיש צונאמי
 מרעידת אדמה במגניטודה 8.4
 מול דרום מזרח כרתים
 הגדרת תנאים: ד"ר ע. סלמון - מג"ל
 מודל צונאמי: ד"ר ב. גלנטי, חיא"ל
 פלוט על תצלום אוויר, ג. גרצ'ניקוב, מפ"י
 ניהול המחקר: ס.ד. רוזן, חיא"ל



דוגמאות לסיכונים 1 - הצפת החופים



דוגמאות לסיכונים: 2 – הצפת חופי מפרץ חיפה





השפעות מטאורי-מיות ושיוני האקלים

על סיכוני הצונאמי

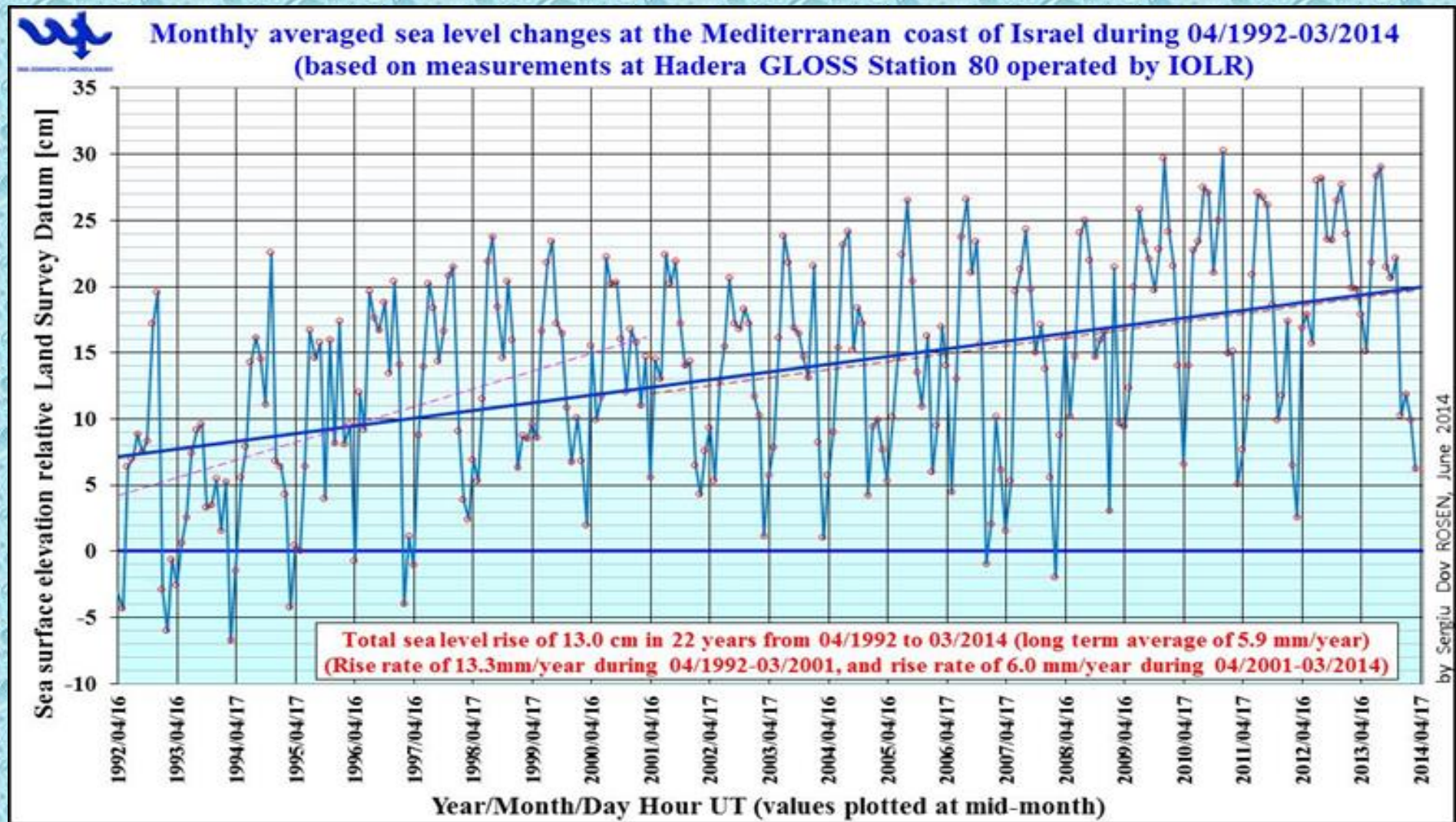


דו"ח הפאנל הבין-ממשלתי להערכת השפעות שינוי האקלים עקב ההתחממות הגלובלית (IPCC, 2013), מדווח על עליית מפלס ים עולמית ממוצעת של כ-3.2 מ"מ\שנה בין 1993 עד 2010 ובהצטבר ב-2100 בממוצע עולמי עד 0.98 מ' (ממוצע של 0.63 מ' וטווח 5% עד 95% הסתברות של 0.45 מ' עד 0.82 מ') לפי תרחיש RCP8.5 ההתחממות המחמיר (מ-4 תרחישים) על בסיס מודלים גלובליים.

מאידך, לפי שיטת הקורלציות הסטטיסטיות בין עליית ההתחממות העולמית למפלס הים הממוצע העולמי (לפי RCP8.5), מפלס הים העולמי הממוצע ב-2100 יהיה כ-1.2 מ'. המחבר אמד את עליית מפלס הים בחוף הישראלי בים התיכון לשנת 2040 ב-0.5 מ' וב-1.0 מ' ל-2100 לעומת רום מפלס הים ב-1992 (רוזן, 2010).

שינוי האקלים צפוי לגרום גם לעלייה בשכיחות סערות רוחות וגלים נדירות, אך השינוי האזורי לא נבחן לעומק לגבי מזרח הים התיכון ועדיין לא ברורה לגמרי מידת השינוי וקצבו, אך קיים אומדן יווני לאזור הים האגאי צפויה עלייה בכ-5% בשכיחותם ל-2050.

עליית מפלס הים בחוף הישראלי ב-22 השנים האחרונות



שינוי מפלס הים החודשי הממוצע בין 04.1992 עד סוף 03.2014 בתחנת GLOSS מס' 80 של חיאל בקצה מזח פריקת הפחם בחדרה (עלייה של 13.0 ס"מ במפלס פני הים ב-22 השנים ההידרוגרפיות האחרונות, כלומר עלייה של כ- 5.9 מ"מ/שנה בממוצע רב שנתי)



על בסיס המידע שהוצג לגבי עליית מפלס הים עד סוף 2100
ושל הגברת שכיחות אירועי קיצון של סערות רוחות וגלים, ניתן
להסיק כלהלן לגבי השפעתם על החמרת סיכוני צונאמי:

- ❖ לעליית מפלס הים כתוצאה מההתחממות העולמית תהיה השפעה ישירה קטנה בהגדלת רום גובה ההצפה המרבי.
- ❖ לעליית שכיחות אירועי קיצון של סערות רוחות וגלים עלולה להיות השפעה משמעותית אם התרחשות הצונאמי תהיה בו זמנית עם אירוע של סערת רוחות וגלים, היכולות להרים את רום מפלס הים בקו החוף אפילו במספר מטרים.
- ❖ מאחר ולרב אירועי סערות גלים ורוחות מלוות גם באירועים שטפוניים, השפעתם עלולה להיות משמעותית ביותר ולגרום להרחבת השטחים שיוצפו, עקב הקטנת גרדיאנטי הזרימה בנחלים או אפילו הפיכת כיוונם. מאידך, יש לזכור כי ההסתברות להתרחשות כל האירועים בו-זמנית קטנה מהסתברות כל אחד מהם ושווה למכפלת ההסתברויות.



**הסיכונים בישראלי מגלי צונאמי לפגיעה בתשתיות
הזורמות: נחלים, ניקוז וביוב, מי תהום, שטפונות**

מדוע גלי הצונאמי כה הרסניים - איזה כוחות מופעלים ?

1. מהירות הזרם בגל צונאמי u בעומקי מים גדולים מ-10 מ' בקרבת החוף היא מעל 10 מ' לשניה וביבשה בין 4-8 מ' לשניה ומחושבת בקירוב ע"י הנוסחה:

$$u \approx \sqrt{gh}$$

כאן u היא המהירות ו- h עומק המים בזמן הצפת הגל

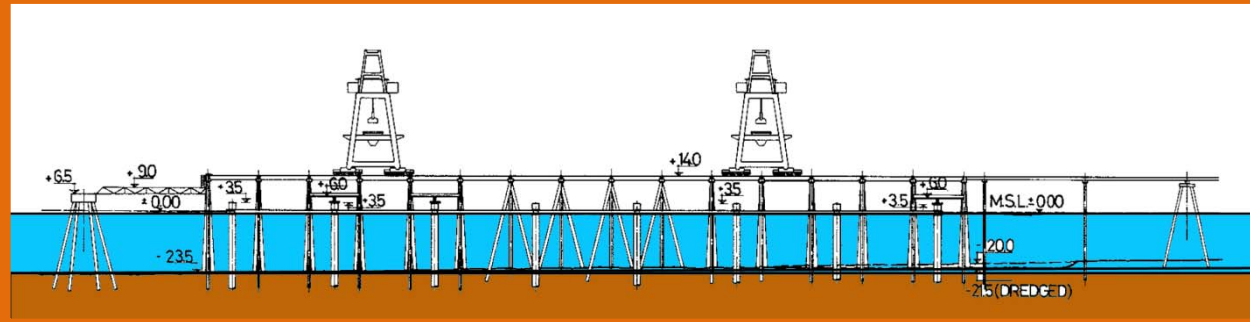
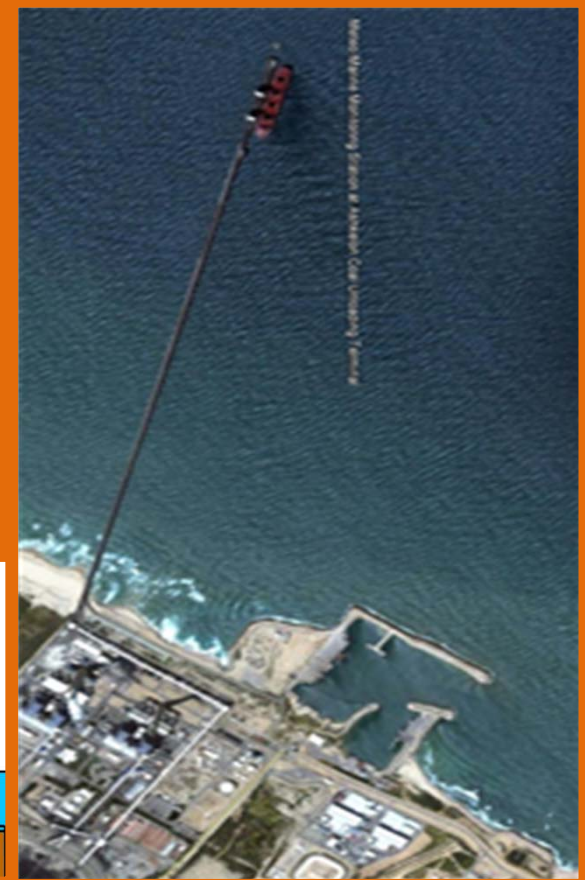
2. כוח הגרר ההידרודינמי הפועל על גוף קבוע, עולה ביחס ישר לריבוע מהירות הזרם u לפי נוסחת Morrison:

$$F_d = \rho_s C_d B h u^2_{max}$$

כאן F הוא כח הגרר, C_d הוא מקדם הגרר ו- B רוחב המבנה

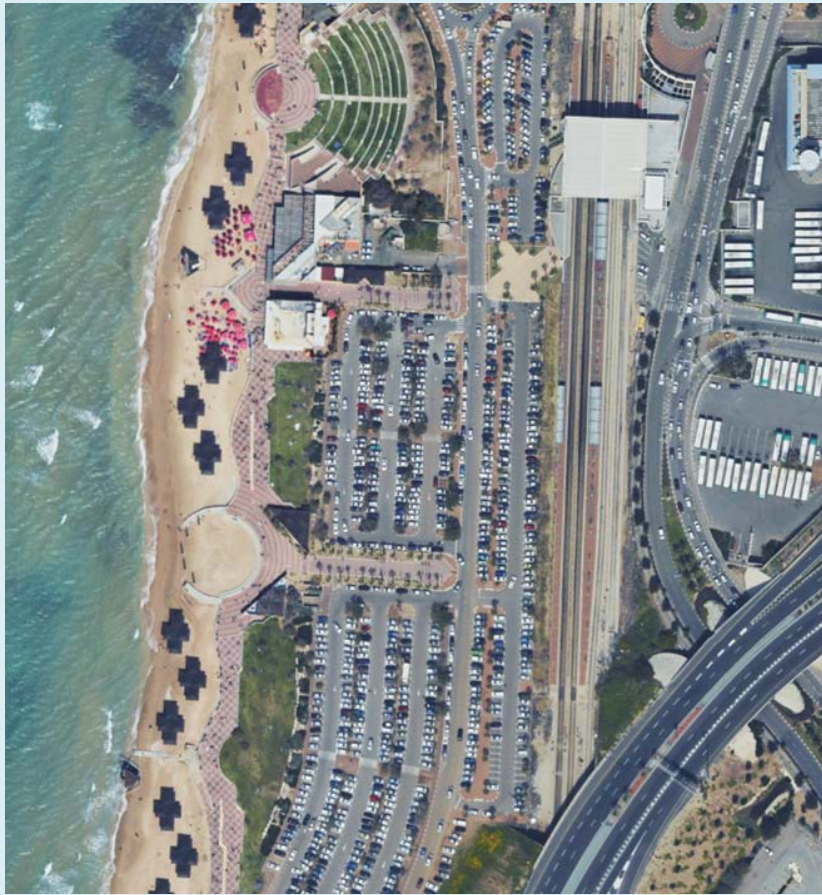
3. בנוסף מופעלים עוד כוחות מהסוגים הבאים: כח אינרציה, כח עילוי, כוח הידרוסטטי, כוחות פגיעה (impulse) ע"י צופת וגרופת (debris),

דוגמאות לסיכונים : 1 – מזחי וגשרי מסופי הפחם



נמצאו סיכונים עד רמת אי שרידות למזחי וגשרי מסופי הפחם בחדרה ובאשקלון, ע"י כוחות הזרימה על הכלונסאות שלהם ולראשי היניקה של מתקני ההתפלה הקיימים, הגדולים בהרבה מאלה שהונחו בתכנונם, כ-1.5 מ'שנ' וכוחות גלי רוח שפועלים לא בו-זמנית על כל הכלונסאות.

דוגמאות לסיכונים : 2 – מסילת הברזל בדרום חיפה



הנזק למסילות הרכבת בסרי לאנקה
עקב הצונאמי באוקיאנוס ההודי ליד
תחנת הרכבת ב-Paiyagala –
פוטנציאל לנזק דומה עקב
צונאמי באזור תחנת הרכבת
חוף הכרמל, באזור נמל חיפה,
ובאזור חופי כפר גלים ועתלית
Sri Lanka

דוגמאות לסיכונים: 3 - הצפת נתיבי תעבורה ונחלים



ים חוף רוזן מהנדסים יועצים להנדסה חופית, נמלית, ימית וסביבתית - ייעוץ - תכנון - פיקוח




דוגמאות לסיכונים : 4 - יתכנות נזק למיכלי דלק



נזקים דומים מפגיעת צונאמי עלולים להיגרם למיכל האמוניה ומיכלי חוות דלק בקרבת החופים וכן לצנרת הטמונה לא עמוק בקרקע או בקרקעית הים או מונחת על קרקעית הים (צנרת גז, דלק, נקזים, רכז או מי התפלה)

דוגמאות לסיכונים: 5 – צפי להרס ראשי היניקה




TECHNICAL REPORT

GEOCEAN ASA

ASHKELON DESALINATION PLANT WATER INTAKE -
INDEPENDENT CALCULATION OF ENVIRONMENTAL
LOADS

REPORT No. 2004-1076
Revision No. 01

DET NORSKE VERITAS



Report No: 2004-1076, rev. 01

TECHNICAL REPORT

1 CONCLUSIVE SUMMARY

Pipelines are to be used as seawater intake system for a large desalination plant in Ashkelon, Israel. The pipelines are buried from the shoreline to the -15 m water depth contour, approximately 950 m from the shoreline. Each of the 3 pipelines is connected at the 15 m water depth contour with vertical "water intake suction heads" made out of concrete.

The objective of the present study was to calculate the maximum environmental force and overturning moment on the vertical water intake suction head under the extreme environmental operating conditions.

Calculation of wave and current loads is based on Morison's equation. The structure is assumed to be rigid. Marine growth has not been accounted for.

The design environmental condition as shown in Table 1 has been selected based on input from Geocean and on DNV Classification Notes 30.5. The wave and current are taken to be collinear. Water depth, wave height and period were considered in the selection of an appropriate wave theory. Finite depth Airy theory was found to be conservative for the submerged water intakes and has been used in the calculations. The current velocity was estimated considering wind driven current, tidal stream and wave generated (longshore) current. Being submerged, there is no direct effect of wind on the structure.

Table 1 Design environmental condition	
	Comment
Water depth	d = 16.25 m
Wave	H = 12.0m, T = 14.0s
Current velocity	U = 0.6m/s

The force and moment has been calculated over a complete wave period. The maximum occurs at $t=0.08T$, where $t=0$ seconds corresponds to a wave crest and T is the wave period. The maximum horizontal force is 324kN, and the maximum overturning moment about seabed is 1498kNm.

2 INTRODUCTION

The project is a turnkey contract for design, procurement and installation of 3 x 1000 m HDPE diameter 1600 mm submarine pipelines and intake heads to be installed offshore Ashkelon, Israel. The project is under construction since early 2003.

Pipelines are to be used as seawater intake system for a large desalination plant. Pipelines are buried from the shoreline to the -15 m water depth contour, approximately 950 m from the

Page 1

Table 1 Design environmental condition

		Comment
Water depth	d = 16.25 m	Includes tide and storm surge
Wave	H = 12.0m, T = 14.0s	Airy wave theory for finite depth
Current velocity	U = 0.6m/s	Equivalent velocity over depth

The objective of the present study was to calculate the maximum environmental force and overturning moment on the vertical water intake suction head under the extreme environmental operating conditions.

The design environmental condition as shown in Table 1 has been selected based on input from Geocean and on DNV Classification Notes 30.5. The wave and current are taken to be collinear. Water depth, wave height and period were considered in the selection of an appropriate wave theory. Finite depth Airy theory was found to be conservative for the submerged water intakes and has been used in the calculations. The current velocity was estimated considering wind driven current, tidal stream and wave generated (longshore) current. Being submerged, there is no direct effect of wind on the structure.

ערכי התכן לראשי היניקה באשקלון
לפי חו"ד Det Norske Veritas (2004)



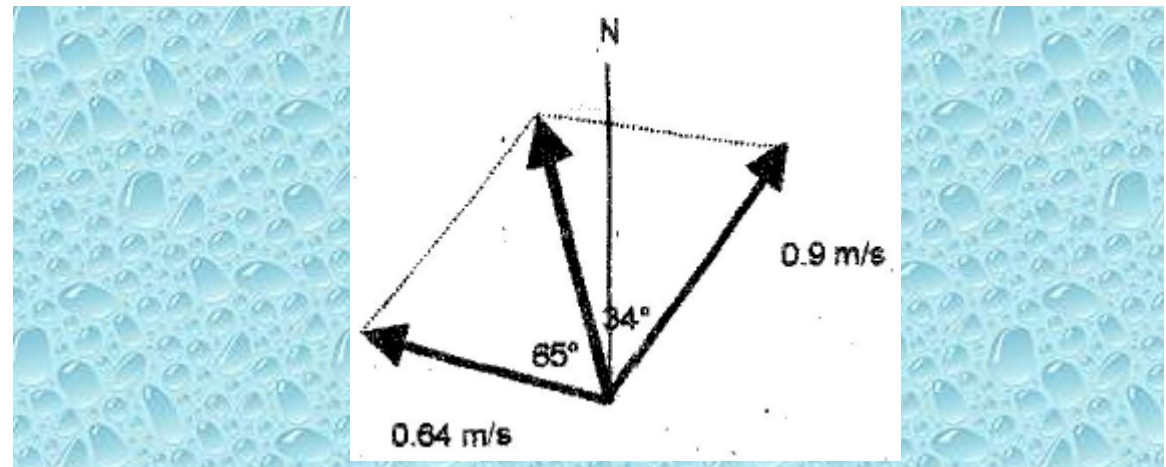
ASHKELON WATER INTAKES

CURRENT CONDITIONS ON INTAKES
COMMENTS ON DESIGN WAVE HEIGHT

TECHNICAL NOTE



Hydro-Assistance



4.2.7 - Total current

As a total current, we have to consider:

- the general current : 0.3 m/s direction 34°
- we may neglect tidal current
- longshore current : 0.6 m/s direction 34°
- cross shore or wave drift current on intake pipe 0.64 m/s offshore direction.

Wave orbital velocity has a different status and has to be treated in wave forces calculation.

Resulting current on intake pipe is the summation of the two components, general current + longshore current parallel to coast and undertow current cross shore. The resulting current vector is **1.05 m/s direction 355°N .**

ערכי התכן לזרם לראשי היניקה באשקלון לפי יעוץ HydroAssistance (2004)





מסקנות והמלצות למניעה או מיתון הפגיעות מצונאמי



מסקנות לגבי היבטים תכנוניים לגבי תכן מתקני ניקוז ומתקני יניקה

❖ בדומה לצנרת ימית, בעת עליית מפלס פני הים ע"י גל הצונאמי, יוצר גרדיאנט זרימה שלילי, כך שבמקום שהזרימה תהיה הימה, הזרימה תהיה לכיוון בית השאיבה ויכולה לסתום אותו בסחף.

❖ צפויה בעיית שרידות של מבני בתי שאיבה, של מיכלי אגירה ושל צנרת הולכה עקב כוחות גרר והעילוי הגבוהים בכמה מונים לעומת אלה המחושבים על פי התקינה הקיימת. הדבר יכול לשתק ניקוזים שונים ולגרום הצפות בחוף. התקינה הקיימת שוב אינה מכסה היבט זה.

❖ בקרעקות חוליות ברצועת החוף המוצפת, יתכנו מצבי התנזלות קרקע, שגם הם יכולים לגרום נזקים לצנרת הולכה ומיכלי אגירה.

❖ מומלץ לבצע הדמיות צונאמי פרטניות ומפורטות, שכוללות גם הסעת סחף כדי לאמוד נכון את מידת הנזק הצפוי ולאור התוצאות להחליט על אמצעי המיגון הדרושים.

היבטים תכנוניים לגבי מבנים ואלמנטים נושאי עומס

- ❖ במקרה של הצפה, התברר כי מבנים שונים באזור ניו אורלינס קרסו. התברר שהסיבה היתה כי הקורות הנושאות תוכננו למצב של עומס מעליהם אך לא למצב של כוחות עילוי.
- ❖ כתוצאה מכך, התהפך מהלך המומנטים, ובמקום שהיה צפוי לקבל כוחות מתיחה התקבלו כוחות לחיצה וההיפך במקומות הלחיצה. אבל, בטון רגיל עומד טוב בלחיצה אך אינו עומד כלל במתיחה.
- ❖ כדי לפצות על כך צריך היה לשים זיון פלדה גם בתחתית קורות הבטון, אך מאחר והתקינה לא דרשה לשים מספיק ברזל גם באזורי לחיצה למקרים של התפתחות מתיחה, הבטון קרס ועימו המבנה הנתמך. זהו לקח למבנים העלולים להימצא בהצפה בעת אירוע צונאמי.

מסקנות לגבי פגיעות מתקני תשתית בים ובחוף

❖ בעומקי מים רדודים מכ-70 מ' עומק ובחופים חוליים קיימת ייתכנות לתופעות התנזלות בקרקעית הים ולאן עקב גריפה של שכבת החול המכסה בקרקעית הים עקב רעידות אדמה, גלי רוח בסערות חזקות ובעת צונאמי שעלולים לסכן צנרת ימית או יבשתית המוצבת על פני הקרקע או בתוך הקרקע. התנזלות יכולה גם לגרום לשקיעות הפרשיות וקריסת שוברי גלים או מבנים ימיים וחופיים עם ביסוס רדוד.

❖ בעומקי מים רדודים מ-30 מ' הצונאמי מתבטא לא רק בעליית גובה אלא גם ביצירת זרימה מאוד חזקה בקרוב $V=(g*d)^{0.5}$; לעומקים מעל 10 מ' $v < 10$ מ'שנ'

❖ תתכן פגיעה במסילת הרכבת הנמצאת בקרבת שפת הים.

❖ צפויה פגיעה במוצאים הימיים ובמתקני היניקה של תחנות הכח וכן בנמלים ובמעגנות.

סיכום מסקנות לגבי פגיעות מתקני תשתית בים ובחוף

- ❖ הצפה ע"י צונאמי של אזור החוף תמליח את הקרקעות ועלולה לחדור לאקוויפר החוף ולהמליח אותו עוד יותר מהמצב הקיים. גם עליית מפלס הים תגרום להגברת המלחת מי התהום באקוויפר החוף ולארוזיה ונסיגת החופים.
- ❖ הצפת הצונאמי באזורי מתקני טיפול בביוב כמו המתקן של השפד"ן עלולה להוביל לים כמויות שפכים בלתי מטופלים ניכרים ולזהם אותם. פגיעת ישרה של זרימת הצונאמי או משולבת עם פגיעת צופת וגרופת קשיחה (debris) במיכלי אכסון של כימיקלים וחומרים מסוכנים, בכלי שייט ובין כלי שייט ובין מכוניות צפות, וכן בצנרת הולכה עלולות להביא לזיהום הים בחומרים מסוכנים למשך זמן ניכר ולפגיעה בדיג ובחקלאות ימית.

המלצות למניעת פגיעות במתקני תשתית בים ובחוף

❖ יש צורך לערוך בדיקה של כושר הניקוז המרבי של הנחלים והנקזים (לפחות העיקריים) בחופי ישראל בים התיכון בתנאי מפלס ים מורם מבלי לגרום להצפות, ולהכין וליישם פתרונות למצבי הניקוז הבעייתיים בתנאי מפלס הים המורם.

❖ המחבר זיהה סיכונים עד רמת אי שרידות לראשי הניקה של מתקני ההתפלה הקיימים ושל מבני מזחי פריקת הפחם והגשרים המובילים לחוף, כמו גם למבנים חופיים שהוקמו בקרבת החוף על כלונסאות עקב היווצרות זרמים בעת צונאמי, המהירים בהרבה (כ-10 מ'שנ' ויותר) מאלה שנלקחו בתכנונם. לכן, נדרש להיערך להבטחת שרידותם גם בתנאי קיצון כאלה ע"י יישום פתרונות מיגון וחיזוק.

❖ יש להיערך להכנת תקינה ישראלית שתתחשב בסיכונים שהוצגו כאן, שלא נכללים בתקינת הבנייה הקיימת בארץ

תודה על ההקשבה !

שאלות?

