

DR. UZI SALTZMAN BOAZ SALTZMAN בעז זלצמן דר' עזי זלצמן

ENGINEERING GEOLOGY & ROCK ENGINEERING

גיאולוגיה הנדסית והנדסת סלע

לשכת התכנון המחוזית
משרד הפנים-מחוז דרום
1 02. 2014
נתקבל

עיריית אילת
מנהל תכנון והנדסה
20-07-2014
תכנון

ההל תכנון
מנהל מחוז דרום
משרד הפנים-מנהל מחוז דרום
תכנון
24-07-2014
דואר נכנס

בדיקה לעמידות סייסמית

מגרש פולו גולף - צפון אילת

תוכנית 255/03/2

לשכת התכנון המחוזית
משרד הפנים-מחוז דרום
24.07.2014
נתקבל

חוק התכנון והבניה, התשכ"ה - 1965
משרד הפנים - מחוז הדרום
הוועדה המחוזית לחליטה ביום:
21/6/14
לאשר את התכנית

התכנית לא נקבעה טעונה אישור השר
 התכנית נקבעה טעונה אישור השר
יו"ר הוועדה המחוזית
תאריך 29/9/14

מוגש

לאדריכל ישראל חיון
מנהל אגף תכנון

עיריית אילת

חוק התכנון והבניה, התשכ"ה - 1965
משרד הפנים - מחוז הדרום
הוועדה המחוזית לחליטה ביום:
3/9/14
להמקיד את התכנית
יו"ר הוועדה המחוזית
תאריך 24/7/14

דצמבר 2012

10 בדצמבר 2012

לכבוד
אדר' ישראל חיון
מנהל אגף תכנון
עיריית אילת

הנדון: בדיקה לעמידות סייסמית – מגרש פולו-גולף - תוכנית 255/03/2 - אילת.

בתאריך 08.06.2009 הוצא מסמך מינהל התכנון במשרד הפנים "הנחיות בנושא התחשבות בסיכונים סייסמיים בתכניות מתאר ובתכניות מפורטות" שמחייב את המתכננים מאז תאריך פירסומו.

הדרישות העקרוניות שהוצגו במסמך מינהל התכנון במשרד הפנים הן: כי בהגשת תכנית יש "לזהות האם בגבולותיה או בסמוך להם נמצאים סוגי הסיכונים הסייסמיים" הבאים (מוצגים בסעיף 3.4 במסמך), כדלקמן:

- (1) קריעת פני שטח, העתק גיאולוגי פעיל או חשוד כפעיל,
- (2) יצירת תאוצות והפעלת כוחות אופקיים על מיבנים ותשתיות,
- (3) העצמה של תנודות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים,
- (4) פגיעה ביציבות מדרונות וגלישות קרקע,
- (5) התנזלות הקרקע,
- (6) נחשול ים (צונאמי).

המסמכים עליהם מומלץ להסתמך במסמך ההנחיות: "נמצאים באתר האינטרנט של המכון הגיאולוגי: <http://www.gsi.gov.il>, הם:

- (1) מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים בישראל, (איורים: 1 ו-2). ניתן לראות כי הקטע הדרומי של מדינת ישראל ובכללו האתר - אינו מופיע במפה.
- (2) מפת תאוצת הקרקע (מפת האזורים של המקדם הסייסמי לתקן ישראלי 413) (איור 8).
- (3) מפת אזורים החשודים בהגברת שתית חריגה, (איור 7).
- (4) מפת האזורים בהם קיימת סכנה לגלישת מדרונות, (לא קיימת באזור אילת),
- (5) דוחות של סקרי תגובת אתר - (לא בוצעו באתר). בוצעו ב:
535/112/00 הערכת סיכוי רעידת אדמה לפרויקט נחל רודד, אילת
573/110/01 הערכת הסיכון הסייסמי באזור "מתחם 6", אילת
575/122/01 הערכת תגובת אתר וסיכוי רעידות אדמה בתחנת טורבינות הגז, אילת
- (6) מפות אזורים בהם קיים פוטנציאל להתנזלות, (לא קיימת באזור אילת),
- (7) מפת האזורים המועדים להצפה מצונאמי, (לא קיימת באזור אילת).

מכבוד רב

ד"ר עזי זלצמן

תוכן ענינים

1	מבוא	.1
2	תאור המיסלע באתר ועבודות הפיתוח שניתן להגדירן בשטח	.2
4	גיאומורפולוגיה	.3
5	מיבנה גיאולוגי (סטרוקטורה)	.4
16	סיכונים סייסמיים	.5
16	קריעת פני השטח (מיקום העתקים פעילים או חשודים כפעילים)	.5.1
17	יצירת תאוצות והפעלת כוחות אופקיים על מבנים ותשתיות	.5.2
17	העצמה של תנודות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים	.5.3
18	פגיעה ביציבות מדרונות וגלישת קרקע	.5.4
18	התנזלות הקרקע - ליקויפקציה	.5.5
19	הופעת נחשולים וצונאמי	.5.6
19	מסקנות	.6

רשימת איורים

3	מפת תבליט של אזור הסקר כולל הערכה לקו סלע התשתית (ללא קנ"מ)	איור 1:
7	קטע ממפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת בהוצאת המכון הגיאולוגי, 2000	איור 2:
8	קטע ממפה גיאולוגית של יטבתה ואילת בהוצאת המכון הגיאולוגי, 1993	איור 3:
9	מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים - עדכון 2009	איור 4:
10	מפת ההעתקים החשודים בפעילות צעירה - 2000	איור 5:
11	מראה קו ההעתק + עובי סדימנטים מדוייק ממערב להעתק (אורי פריזלנדר - 2000)	איור 6:
12	תמונות מאזור הסקר	איור 7:
13	מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות - 2009	איור 8:
14	מפת אזורים סייסמוגניים	איור 9:
15	מפת תאוצות הגברה	איור 10:

1. מבוא

- א. שני אלמנטים גיאולוגיים מייחדים את העיר אילת מהערים האחרות במדינת ישראל. מחד גיסא - המיסלע הכולל מאסה רציפה של סלעים ממוצא מאגמאטי או מותמר (מטאמורפי) ומאידך גיסא - הקירבה או התנוחה על גבי מערכת ההעתקים הראשית של "בקע ים המלח" או "טרנספורם ים המלח" (הידועים גם כחלק מה"שבר הסורי אפריקני").
- ב. המתחם נשוא דו"ח זה ממוקם באזור שצפונית מזרחית למרכז העיר אילת ודרומית לקבוץ אילות, בנ.צ. מרכזי 194600/387700. האתר ממוקם על מגוון של מרכיבי סלע:
- (1) סלע יסוד מאגמאטי או מותמר (מטאמורפי) בונה את המדרון שבחלקו המערבי של האתר,
 - (2) סלע סחף צעיר (הולוקני - עם ליכוד חלש) מכסה על סלע היסוד.
 - (3) התחתרות נחלים בסחף ובניית אזורי מניפות סחף צעירות שאינן מלוכדות כלל.
 - (4) אזור מופר בו בוצעו פעולות פיתוח וסלע הסחף נחפר בחלקו.
- ג. המיפלים הטופוגרפיים נעים בין: כ- 70-170 מ'. (ראה איור 1)
- ד. באתר בוצעו סיורים רגליים בתאריך 14-15 בנובמבר 2012. מטרת הסיורים היתה כפולה:
- (1) הכרות עם מרכיבי הסלע באתר,
 - (2) הצגת המצב הגיאולוגי לצורך קבלת החלטות בנושאים הקשורים לסייסמולוגיה.
- ה. בתאריך: 08/06/2009 הוציא מנהל מינהל התכנון במשדד הפנים הנחיות "התחשבות בסיכונים סיסמיים בתכניות מתאר ובתכניות מפורטות".
- ו. במסמך מתבקשת התייחסות לששה הפרמטרים:
- (1) קריעת פני שטח, העתק גיאולוגי פעיל או חשוד כפעיל,
 - (2) יצירת תאוצות והפעלת כוחות אופקיים על מיבנים ותשתיות,
 - (3) העצמה של תנודות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים,
 - (4) פגיעה ביציבות מדרונות וגלישות קרקע,
 - (5) התנזלות הקרקע,
 - (6) נחשול ים (צונאמי).
- ז. נעזרנו בתכניות שהועמדו לרשותנו וכן במפות שהיו ברשותנו כדלקמן:
- (1) תוכנית מדידה מפורטת survey 9997.dwg, ללא קנ"מ, מדידה מתאריך 25/10/2011 של המודד רמי שריר.
 - (2) אילת - מפה טופוגרפית קנ"מ 1:50,000 בהוצאת המרכז למיפוי, ישראל.

- (3) מפה גיאולוגית של יטבתה ואילת גליונות 25 ו- 26 קנ"מ 1:100,000 בהוצאת המכון הגיאולוגי, 1993. (איור 3)
 - (4) מפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת גליון 26, קנ"מ 1:100,000 בהוצאת המכון הגיאולוגי, 2000. (איור 2)
 - (5) מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים בהוצאת המכון הגיאולוגי קיימים שינויים ביניהן. מכל מקום המפה התקפה כיום היא המפה משנת 2009. (איורים 4 ו- 5)
 - (6) מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות - דו"ח המכון הגיאולוגי GSI/15/2009. (איור 8)
- ח. נעזרנו במחקרים הבאים:
- (1) גרפונקל, צ., 1970. הטקטוניקה של השולים המערביים של הערבה הדרומית, עבודה לתואר Ph.D, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
 - (2) פריזלנדר, א., 2000. מבנה טרנספורם ים המלח תוך דגש על הערבה לאור נתונים גיאופיזיים חדשים, עבודה לתואר Ph.D, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
 - (3) יזרסקי מ., (2005). "סקר רפרקציה סייסמית באזור מאפייה, אילת", המכון הגיאופיזי לישראל, דו"ח מס' 226/102/05.
 - (4) תצלומי אוויר ישנים של אזור אילת משנות הארבעים והחמישים, בהוצאת המרכז למיפוי ישראל.
 - (5) כן נעזרנו בסקרים גיאוטכניים אחרים, שערכנו באזור אילת ובסביבותיה.
- ט. ההמלצות שלנו יישענו על אקסטרפולציה של נתוני המיסמכים שהוזכרו - למרות שגבולם אינו כולל את האתר - ועל בסיס המימצאים בשטח והנתונים הלא מתועדים שהועברו על ידי המכון הגיאולוגי.

2. תאור המיסלע באתר ועבודות הפיתוח שניתן להגדירן בשטח

האתר ממוקם על גבי משטח גיאולוגי מכוסה סחף, המכסה על המורדות של הר שחמון הנוחתים למזרח (בסיכומו של דבר כל הסחף מתנקז אל בקעת הערבה). מוצא הסחף בנקיקים שממערב לאילת והצטברותו הסופית בשקע מורפולוגי שמסונף למערכת העתקים (טרנספורם ים המלח) היוצרת את אזור הערבה ואת שקע ים סוף. האתר תחום מדרום וממזרח על ידי הכביש לבית הקברות ודרך שדרות ששת הימים, ממערב על ידי סלע מותמר וסלע מגמאטי (הר שחמון) ומצפון על ידי נחל רודד.

סוגי הסלע המותמר והמגמאטי משתנים וכוללים: שיסט וגנייס וכן דייקים מסוג גרניט או דיאבז.

הסלע החשוף סדוק עד מרוסק והופעתו מפוררת ובלויה. הבליה אינה מוגבלת לפני השטח בלבד והשפעתה ניכרת גם עשרות מטרים בתוך הסלע.



איור 1: מפת תבליט של אזור הסקר כולל הערכה לקו סלע התשתית (ללא קנ"מ)

חומר הסחף הנחשף על פני האתר בנוי סחף חול וטין חום עם חלוקי אבן בקוטר עד כ- 50 סמ'. החלוקים מהווים עד כ-30-40% מנפח הסחף. חלק מחומר זה הינו סחף חוזר ומעובד על ידי מערכת הערוצים החוצה את השטח ומשנה מיקום משיטפון לשיטפון.

הסחף המכסה על השטח נוצר בתקופות גיאולוגיות צעירות (ניאוגן-הולוקן). בגלל שפני הסלע הטבעיים גבוהים יותר במזרח, עובי המילוי גדל בחתך ממערב למזרח בשיפוע מקורב: 1 אנכי לכ- 3 אופקי (כ- 10° או כ- 20%). לשכבות הסדימנטים מהירות סייסמיות שונות. פרושו של דבר כי קיימות לפחות שתי יחידות סחף כדלקמן:

- (1) גבוהה ויחסית תחוחה (מהירות סייסמית נמוכה),
 - (2) נמוכה - יחסית מלוכדת וצפופה (מהירות סייסמית גבוהה יותר).
- הרכב היחידה הגבוהה הוא הרכב עם מיון גרוע (Poorly Graded) על פי ההגדרה הגיאולוגית) ומיון טוב (Well Graded) על פי ההגדרה ההנדסית-מכאנית). היחידה בנויה מגוון של מרכיבים הנע בין גושי סלע בקוטר עד כ-1/2 מ', לטיין וחול גס או דק. קיים קיטוב בין שתי ההגדרות. כאמור, היחידה אינה צפופה ועוביה נע סביב כ-30 מ'. הרכב היחידה הוא עדשתי. עדשות קונגלומרט עם תוספת ליכוד על ידי חומרים כימיים כמו גבס (וזאת בנוסף לתליד שנוצר על ידי דקים או על ידי קונסולידציה סמוך לפני מים אזוריים). תוספת זו מצופפת את התליד ומעלה - במידה מסויימת את מהירות הגלים החוצה אותה. באזור הדרום מערבי של האתר קיים נסיון לפתח מגרש ספורט. המגרש בצורת אליפסה או מגרש אולימפי. אינני יודעים מה מימדיו ומה עובי של המילוי המונח או של החומר המעובד בתחומיו. המילוי שמונח עליו גובהו מספר מטרים. קיימים שרידי ערמות עפר ללא סדר בקרבת מקום. פה ושם נמצא ערמות של פסולת חפירה הפזורות על פני השטח בצורה רנדומאלית.

3. גיאומורפולוגיה

האתר ממוקם ברובו על גבי מניפת סחף, שתאורה ניתן לעיל. הקצה המערבי של האתר ממוקם על מדרונות הר שחמון. בשולי האתר הדרום מערביים וכן במתחמים הפזורים בחלקו הדרומי מערבי נחשפים כתמי סלעי תשתית מותמרים החצויים על ידי דייקים מאגמאטיים (איור 7א). המסלע העיקרי הבונה את גוש הסלע במערב הוא כאמור: שיסט החצוי על ידי דייקים של גנייס, קוורץ-דיוריס ואמפיבוליט.

תהליכי היווצרות הסלע (כולל הפעילות הטקטונית של ההעתקים המשתייכים למערכת השבר הסורי אפריקני) והחישוף שלו גרמו לחלקים מהמיסלע להיות בלויים ולחלקים אחרים להיות סדוקים ושבירים. הבליה אינה מוגבלת לפני השטח בלבד. השפעתה ניכרת גם עשרות מטרים פנימה לחזית הסלע ומטה לעומק הסלע.

כדי לקבוע את עובי הכיסוי של הסחף, שאינו ידוע, יהיה צורך בביצוע סקר גיאופיסי משלים, או לחילופין בביצוע קדוחי נסיון בכל אתר שיהיה מיועד לבניה.

ההנחה היא כי מאחר והתשתית עליה מונח הסחף אינה "שרה" ו"חלקה" ישתנה עובי הסחף בהתאם לטופוגרפיה התת קרקעית של הסלע.

המקור העיקרי לסחף באזור האתר הוא ערוץ נחל רוזד. הממוקם צפונית לאתר. ערוץ הנחל המרכזי הפעיל הוא גבולו הצפוני של האתר.

את אזור הסקר חוצים ערוצי נחל משניים בכוון כללי מצפון מערב לדרום מזרח.

המשחק של ערוץ צעיר המתחתר בסחף עתיק מלמד על תנועת השתפלות בסיס הארוזיה בים סוף, או במילים אחרות - לתנועות טקטוניות צעירות המביאות לשקיעת ים סוף בהשוואה לאזור אילת.

מדרון ההר המגמאטי-מותמר מחורץ על ידי ודיות ונקיקים המזרימים מים בעת הגשמים.

האזור ארדי ועל כן משטר הגשמים הוא משטר שיטפוני קיצוני: ירידת גשמים עזה על פני תקופת גשמים קצרה. הכמות השנתית יכולה להופיע על טווח זמן של מספר ימים או שבועות. המשטר גורם לשטפונות חזקים ולדרדרת של חלקי מסלע גדולים יחסית (המגיעים לקטרים של עד כ-1/2 מ').

4. מיבנה גיאולוגי (סטרוקטורה)

הפעילות הטקטונית סייסמית העכשווית המתרחשת לאורך טרנספורם ים המלח (הבקע הסורי אפריקני) הינה גורם מכריע בתכנון הסייסמי של מבנים באזור אילת ובכללו האתר שבו אנו דנים.

העתק הערבה הינו העתק מסובך, בנוי מדרגות הנוחתות מכוון מערב אל מרכז הערבה. בעבודתו מסמן פריזלנדר את השולים המערביים של מערכת הטרנספורם (ראה איור 6).

מקובל כי תזוזות המביאות לרעידות אדמה מתבצעות על גבי העתקים (שברים) פעילים. לכן, כדי לטפל בנושא רעידות האדמה, יש לקבוע היכן ממוקמים ההעתקים שלאורכם עלולה להווצר רעידה.

על פי איורים 2-6 מיקום העתק הטרנספורם הראשי אינו מרוחק מהאתר. מיקום ההעתקים המסומנים על גבי המפות הגיאולוגיות הרשמיות הוא מקורב (מאחר ובמרבית המקרים - כמו באתר - לא ניתן לחשוף "קרעיה של פני השטח").

בתחומי הסקר אין שבירי מדרגות כאשר גם בשרטוט של פריזלנדר לא מסומן העתק נוסף מערבה לראשי.

בנוסף, הפרשים בקנה מידה שבין מפה גיאולוגית המסומנות על גבי מפה בקנה מידה 1:200,000 או בקנה מידה 1:50,000 לתוכנית בניה (1:1,000 או 1:250) הינם קיצוניים מכדי להעביר מיקום מפה מדוייק ממפה רשמית לתכנית.

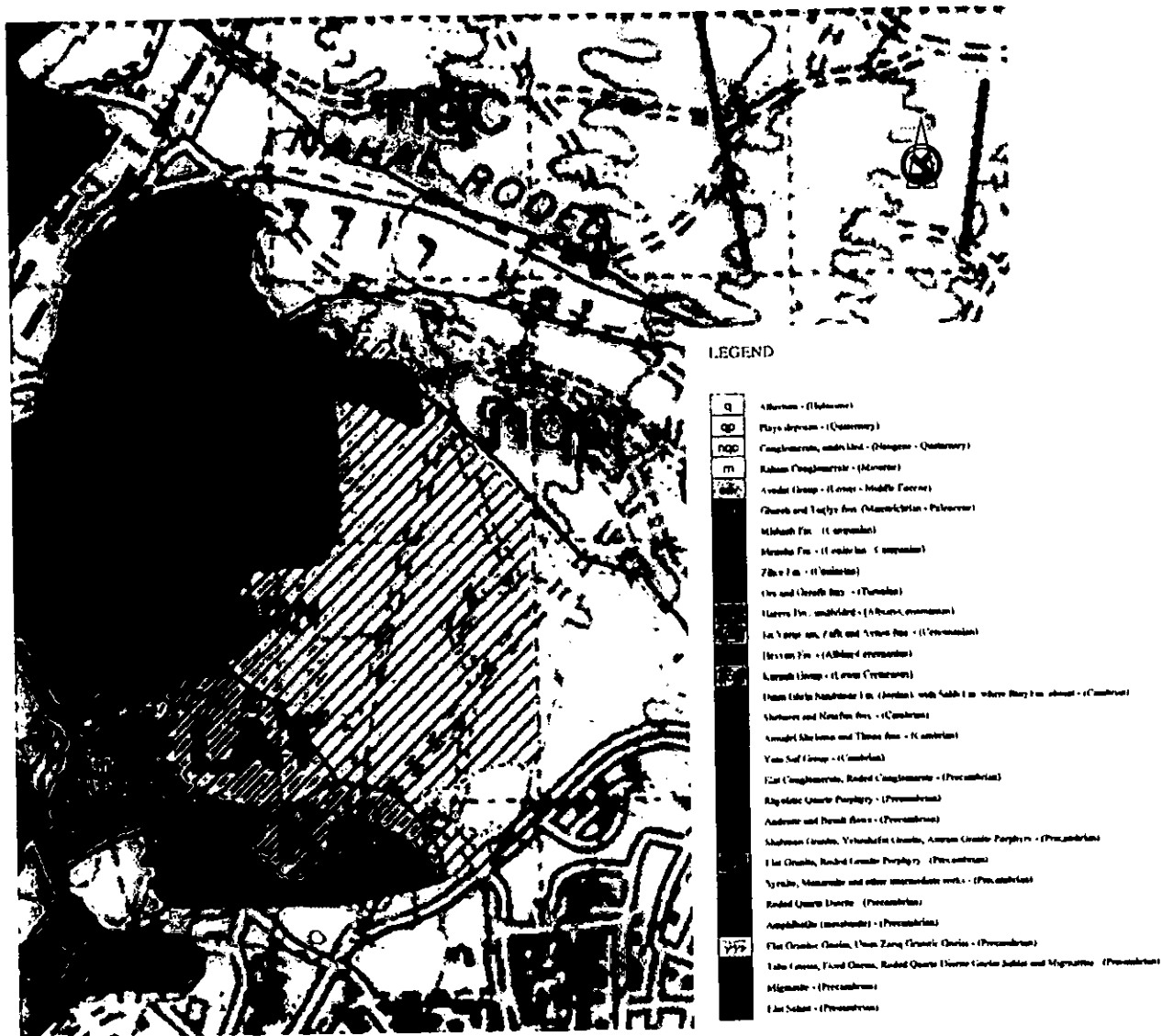
לדוגמא: קו העתק המסומן על גבי המפה בק.מ. 1:200,000 ברוחב 1 מ' מציג רוחב של 200 מ', שהוא מכסה 25% מרוחב האתר. לא כל שכן במפות עם קנה מידה גבוה יותר.

קו ההעתק הראשי המסומן בעבודת הדוקטור של א. פריזלנדר ממוקם - עקרונית - לאורך תוואי כביש הערבה (ראה איור 6).

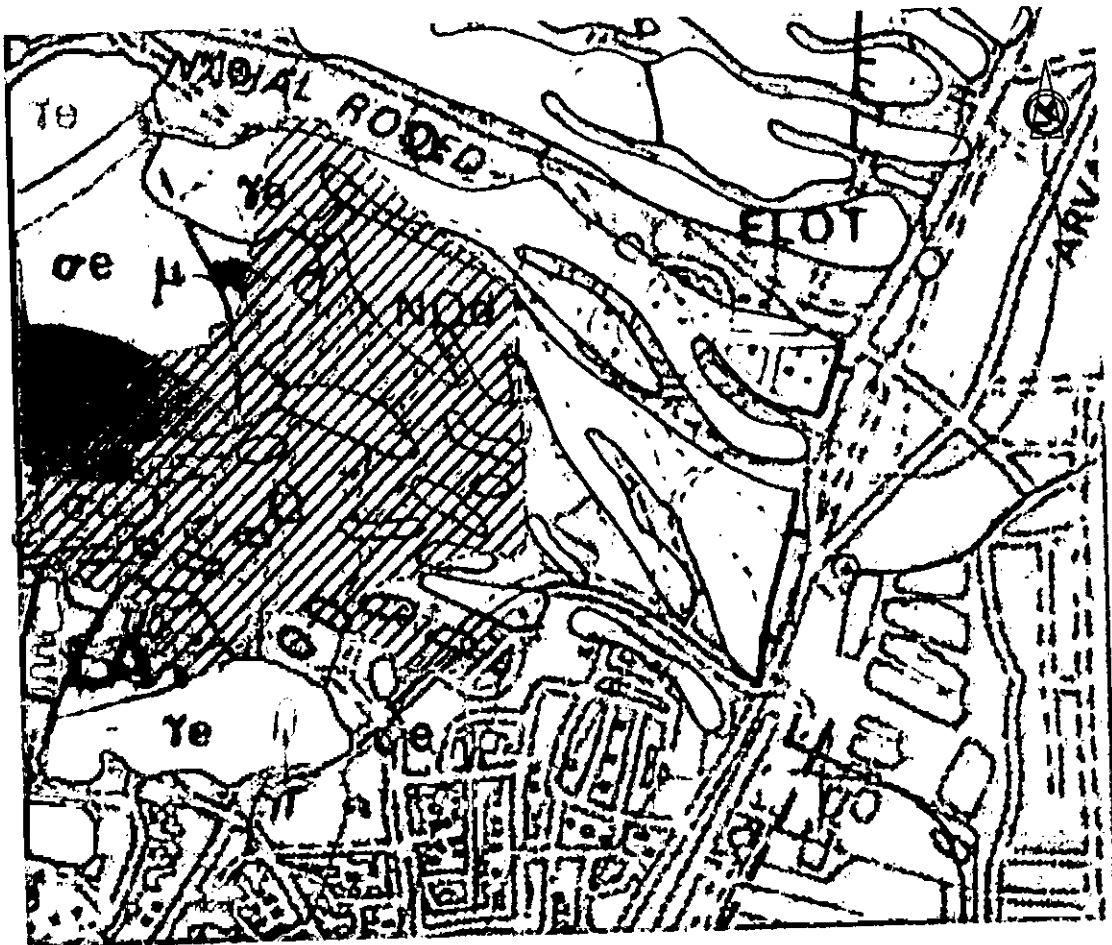
עבודת תה"ל שבוצעה באזור שכונת שחמון שבמרחק כ- 3 קמ' דרומה לאתר, קבעה את מיקומו של העתק מישני פעיל - מקביל לקו החוף של מפרץ אילת (העתק שחמון) - שניתן לעקוב אחריו עד לבית החולים יוספטל שבאילת (נ.צ. 143900/885200). לאחר מכן מציג הדו"ח אפשרות לא ברורה של התפצלות ההעתק בכוונים שונים שכיוונם הכללי צפון.

בנוסף, בדיקה של תצלומי האויר הישנים מראה כי המשך העתק שחמון עובר מצפון מזרח לאתר. אך לא נצפה עובר דרכו.

גם קבוצת ההעתקים שמצפון לאתר אינה חודרת לאתר.



איור 2: קטע ממפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת בהוצאת המכון הגיאולוגי, 2000.



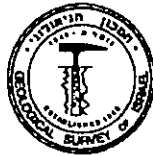
איור 3: קטע ממפה גיאולוגית של יטבתה ואילת בהוצאת המכון הגיאולוגי, 1993.

DR. UZI SALTZMAN BOAZ SALTZMAN **ד"ר עזי זלצמן בעז זלצמן**

ENGINEERING GEOLOGY & ROCK ENGINEERING

גיאולוגיה הנדסית והנדסת סלע

- 9 -



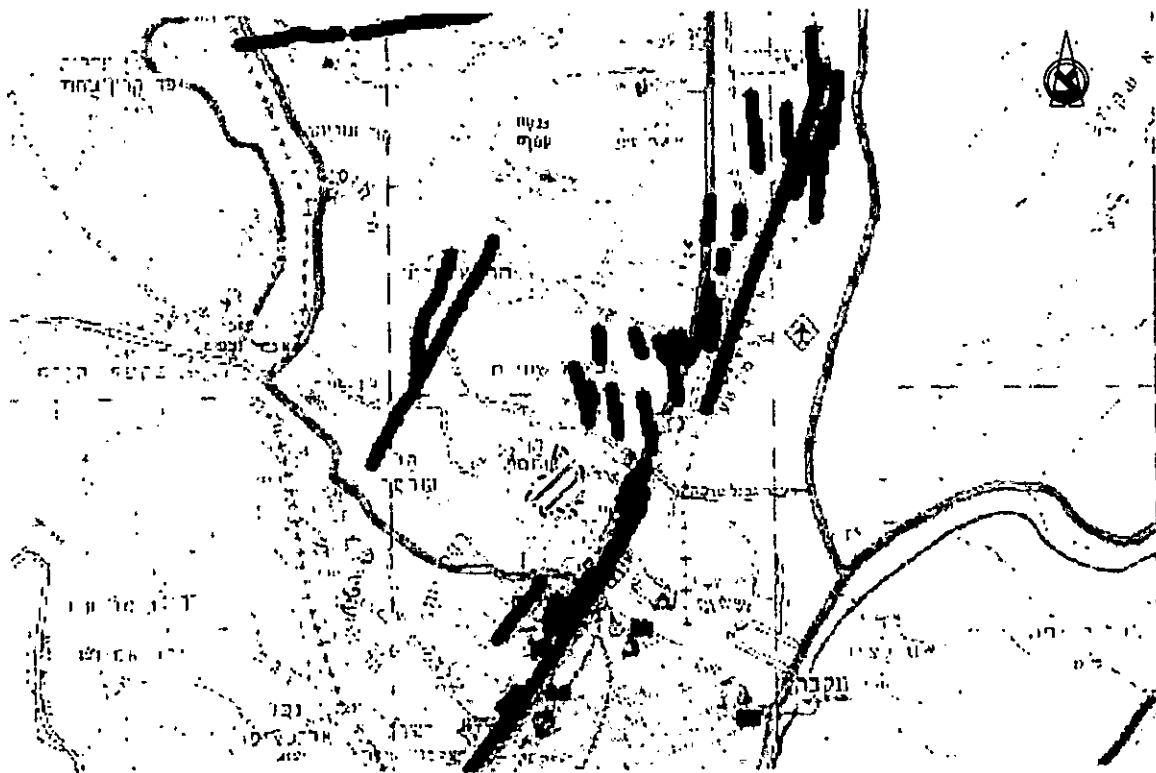
משרד החקלאות והמזון
המכון הגאולוגי

מפת ההעתיקים הפעילים
והחשודים כפעילים בישראל -
עדכון מרץ 2009

MAP OF ACTIVE AND POTENTIALLY
ACTIVE FAULTS IN ISRAEL

בעריכת יוסף ברטוב, עמיחי סנה ומרסלו רוזנצפט

כרטוגרפיה - חנה נערי-כהן
רקע מפה טופוגרפית של המרכז למיפוי ישראל



איור 4:

מקרא:

- העתק חשוד כפעיל
- העתק פעיל

DR. UZI SALTZMAN BOAZ SALTZMAN **בעז זלצמן** דר' עזי זלצמן

ENGINEERING GEOLOGY & ROCK ENGINEERING

גיאולוגיה הנדסית והנדסת סלע

STATE OF ISRAEL מדינת ישראל

- 10 -

משרד התשתית הלאומית
THE MINISTRY OF NATIONAL INFRASTRUCTURE

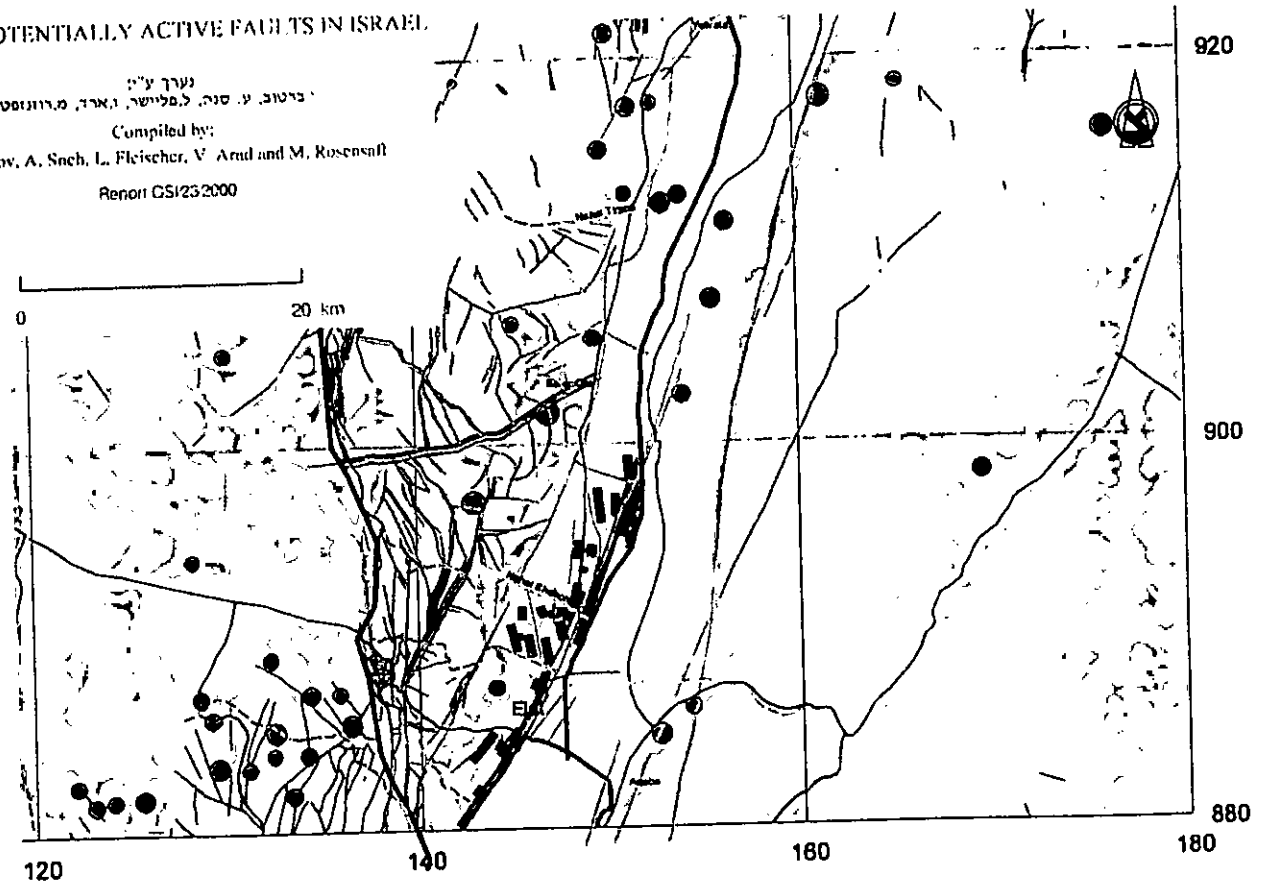


GEOLOGICAL SURVEY המכון הגיאולוגי
JERUSALEM ירושלים

מפת ההעתקים בישראל
החשודים בפעילות צעירה

MAP OF POTENTIALLY ACTIVE FAULTS IN ISRAEL

נערך ע"י
ברטוב, ע. סנה, ל. פלישר, ו. ארד, מ. רוזנסוף
Compiled by:
Y. Bartov, A. Sneh, L. Fleischer, V. Arad and M. Rosenshaft
Report GSI/23/2000



LEGEND

Pliocene to Recent formations
(including alluvium)



Earthquake epicenter, 2.5-6.5 magnitudes
(GSI database)



Fault, surface and subsurface compiled
by L. Fleischer & Gurec 1988-2000 (GSI)



Fault, surface only, after Sneh et al., 1996
(Geological map 1:200,000)



Trace of potential active fault, generalized
(See text)

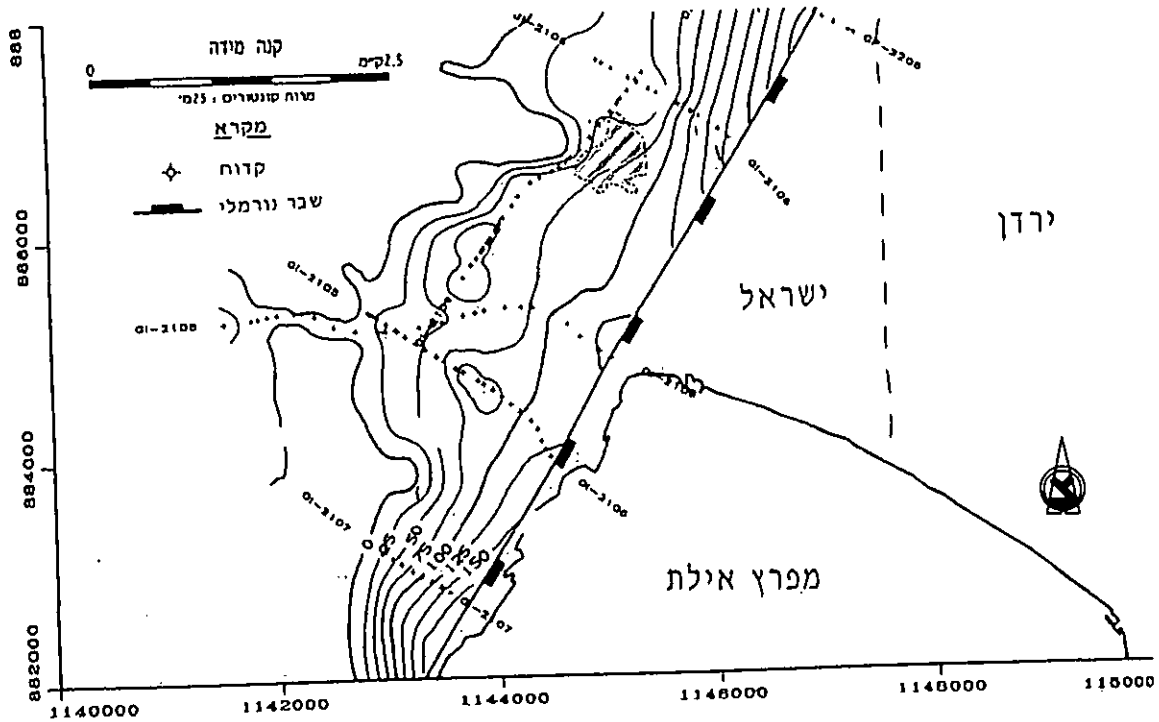


מקרא
תצורות סלע פליוקן עד הווה
(כולל אלוביום)
מוקדי רעידות ארמה, מגניטודות 2.5-6.5
(לפי בסיס המונים של המכון הגיאולוגי בישראל)
העתק בפני חוטם ובתת הקרקע, בעשבות ל. פלישר
ונססו 1988-2000 (המכון הגיאולוגי בישראל)
העתק בפני חוטם בלבד, לפי סנה וזב' 1996
(מפת גיאולוגית 1:200,000)
סימן מוכלל של העתק חשוד כפעיל
(ראה טקסט)

איור 5

The map shows earthquake epicenters
at magnitudes of 2.5 or greater

בנוסף מוצגים מוקדי רעידות ארמה
במגניטודה הגבוהה מ- 2.5

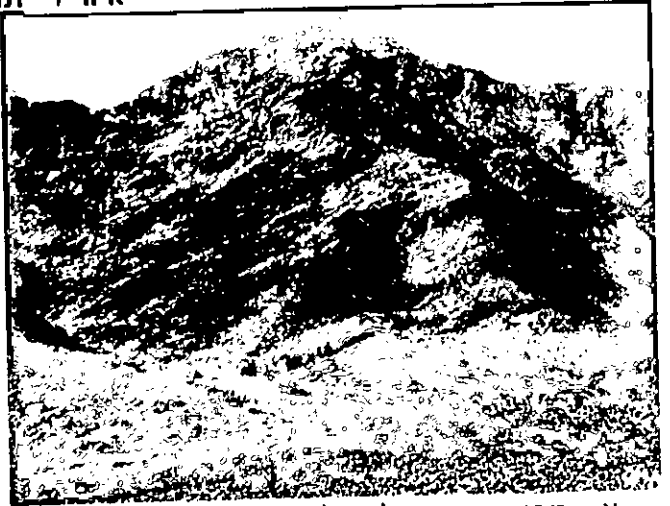


איור 6 מראה קו ההעתק + עובי סדימנטים מדוייק ממערב להעתק (אורי פריזלנדר - 2000).

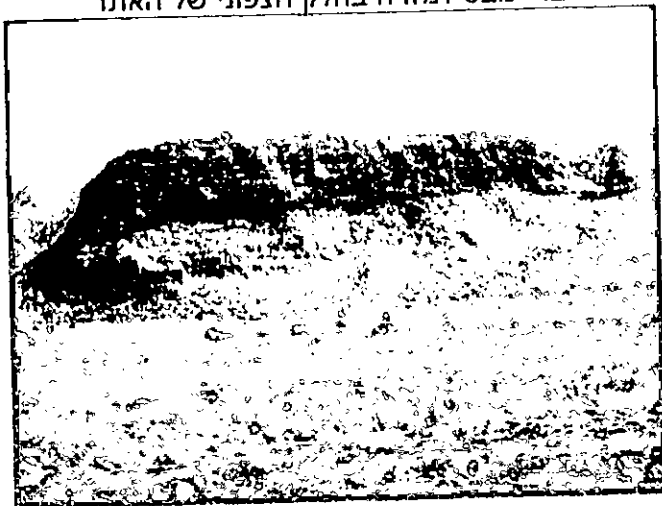
איור 7 תמונות מאזור הסקר



ב. מבט למזרח בחלק הצפוני של האתר



א. מבט מערבה על הסלע הבונה את הר שחמון



ד. מדרגת סחף בסמוך לאחד מערוצי המשנה



ג. מבט על תעלת ניקוז שחוצה את האתר



ה. מערומי פסולת חפירה שפוכים בשטח



ה. סלע בלוי חשוף על פני השטח

מפת האזורים החשודים בהגברות שתיית חריגות

זהר גבירצמן
המכון הגיאולוגי
המשרד להשתיות לאומית

יולי זלובסקי
המכון הגיאופיזי לישראל

תמו חש"ט זיל 2009
ח"ה GSU15/2009

מקורות

סקרי תגובת אתר
זלובסקי וחבוריו, אתר המכון הגיאופיזי לישראל
www.gii.co.il

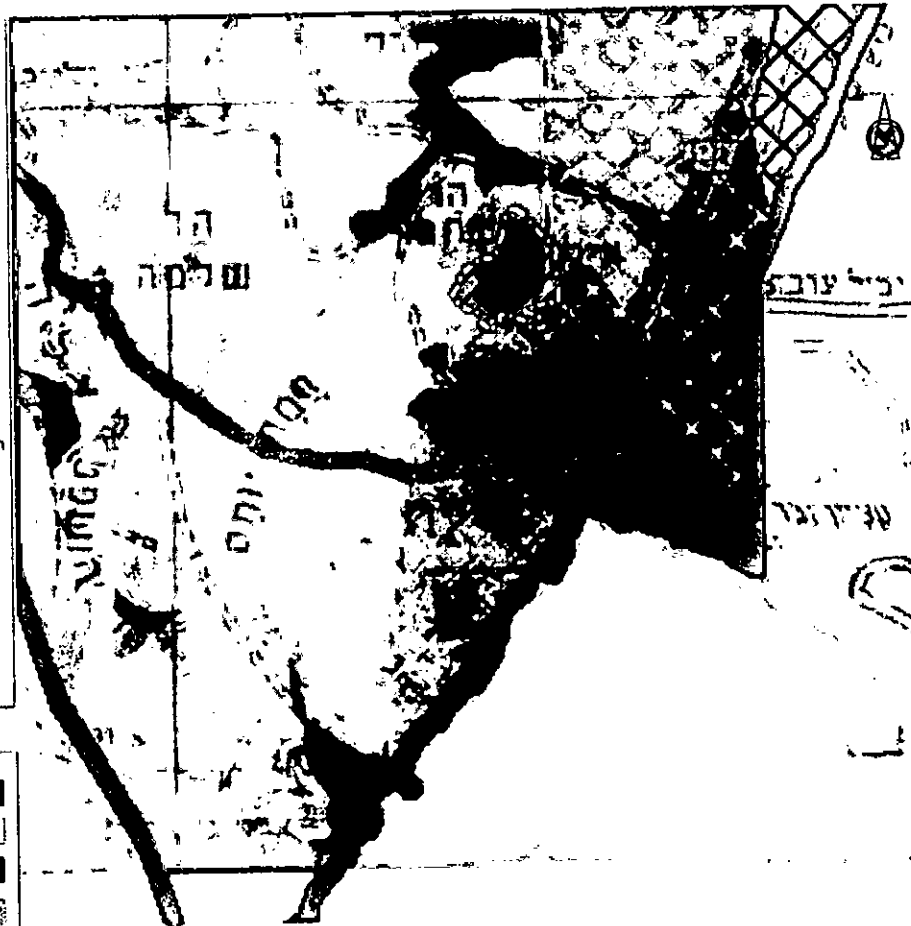
התאמה בין המבנה הגיאולוגי למדידות רעשי רקע
גבירצמן וחבוריו, אתר המכון הגיאולוגי
www.gsi.gov.il

מפה גיאולוגית של ישראל, ק"מ 1:200,000
סנה, ע., ברטוב, י., רחנספט, מ., 1998
המכון הגיאולוגי

מפה סטרוקטורלית של גג חבורת יהודה
ק"מ 1:200,000
פליישר, ל., גפסו, ר., 2003
המכון הגיאופיזי לישראל, דו"ח 753/312/03

מקרא

- אתר סלע
- אתר קרקע תיל
- אתר קרקע עם חשד להגברה חריגה
- נתוצאה מקיומו של חצץ קשה מאוד כבסיס
- אתר עם חשד להגברה חריגה
- באגנים גיאולוגיים עמלמים וצרים



איור 8

אתרי קרקע באגנים גיאולוגיים צרים ועמלמים
בנוסף לתופעת ההגברה הטבעת מהרשי מהירויות תגלים
הסיסמיים, באגנים גיאולוגיים צרים ועמלמים עלולים להיווצר
אפקטים מיוחדים הקשורים לכליאה של האנרגיה בין קירות האגן
ופני השטח, למיקוד נלים לאזורים מסוימים, לריכוז אנרגיה בקרבת
קירות האגן, לכיוונית תגלים הסיסמיים ועוד. תיוון, שאגנים אלו
נמצאים בדרך כלל באזורים סיסמוניים שבהם הסיכון הסיסמי
גדול ממילא. מניסיון שהצטבר מרעידות אדמה חזקות כמו זאת
שהתרחשה באזור לוס אנג'לס (קליפורניה) ב-1994 ובקובה (קובה) ב-
1995 נתברר שהשפעות אגן גם מאריכות את משך התנועות וגם
מגבירות אותן.

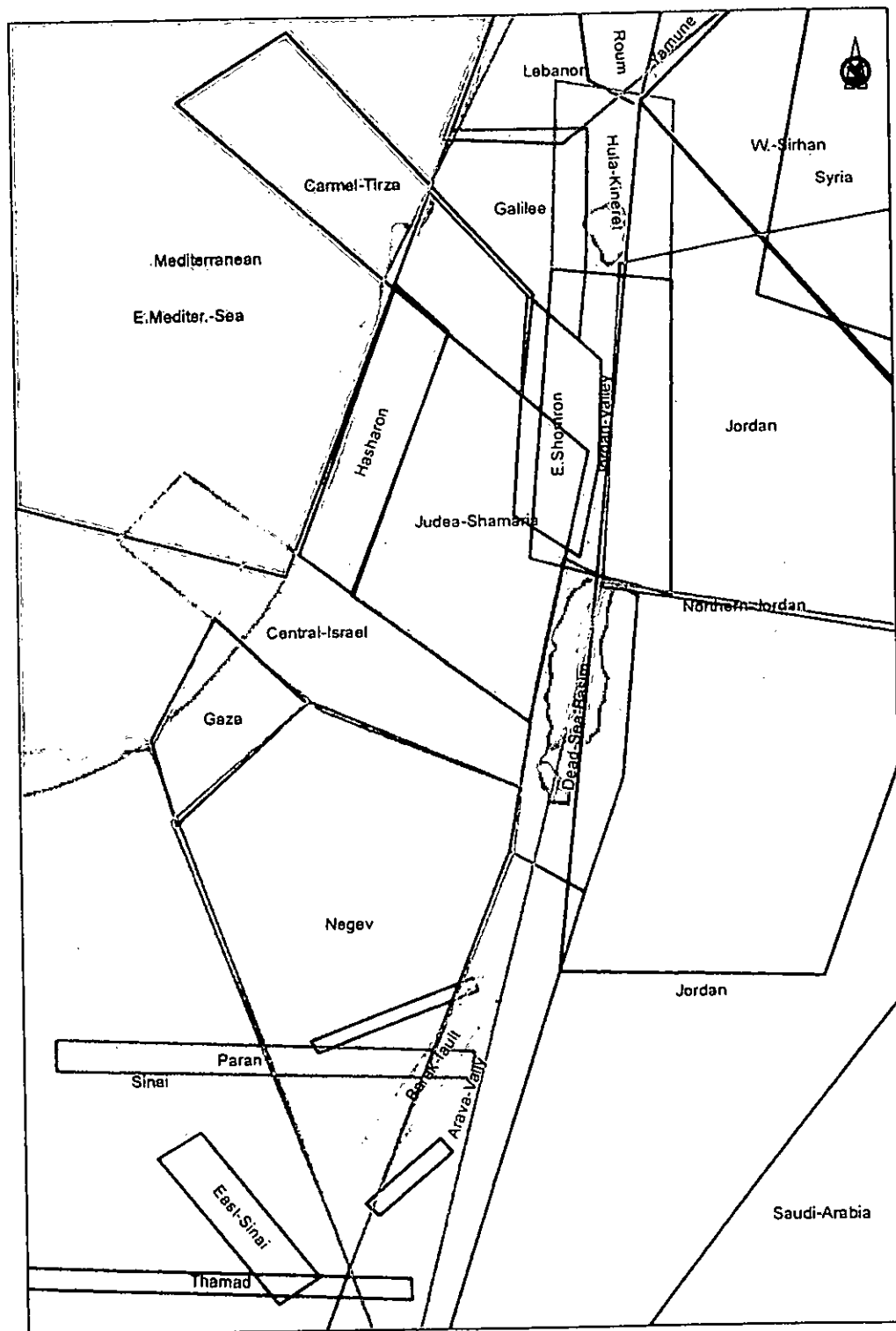


חתך סכמטי המדגים ציורופים אפשריים של יחידות גיאולוגיות
משפלה ובמשתור החוף של ישראל, היוצרים תחורה חזקה של נלי
רעידות אדמה ועלולים לגרום להגברות חריגה של תנועות הקרקע
בזמן רעידת אדמה. המספרים מציינים בקירוב את מחירות נלי
גוריה ביחידות של מטר לשנייה. קו אדום עבה מציון מחירור לוס
עם יחס אימפרדנס מוערך של 4 ויותר עומקו בתחום העלול לגרום
הגברות חריגה. איור זה נועד להמחשה בלבד ואין להשתמש בו
להשיגו הגברה ללא סקר מפורט באתר הנחשב.

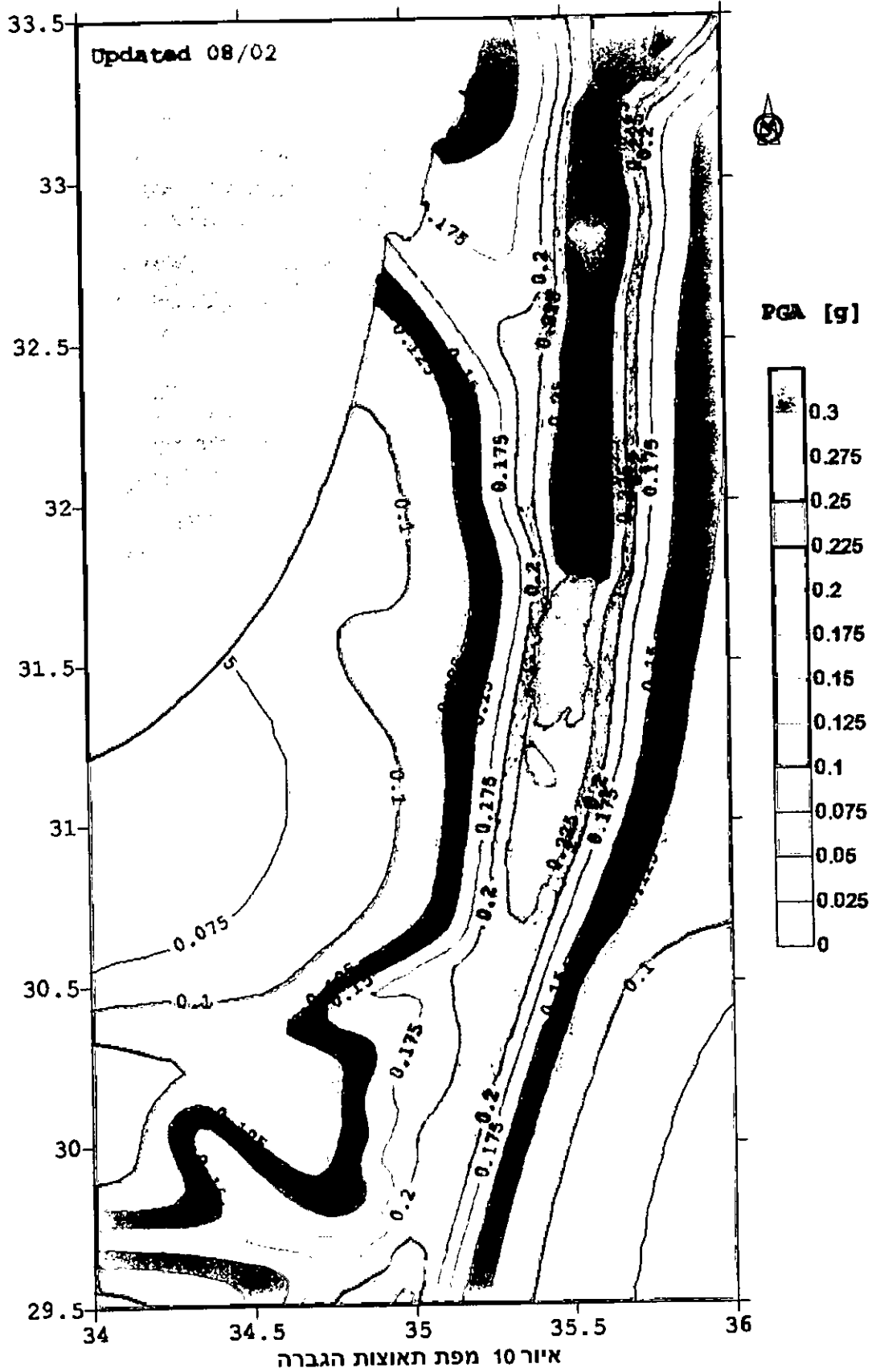
מפת האזורים החשודים בהגברות שתיית חריגות מצביעה על שני סוגי
אזורים בהם מידת הגברת תנודות הקרקע בזמן רעידת אדמה עלולה
להיות גבוהה מהרגיל. (1) אזורים בהם קרקע רכה מונעת שירות על
סלע אם קשה (מסומן במפה בשחור), בהם תופעת הגברת התנודות
הסיסמיות מתחזקת במידה ניכרת כתוצאה מכליאת האנרגיה
הסיסמית שכבת הקרקע (2) אגנים גיאולוגיים צרים ועמלמים
(מסומן במפה בקווים אדומים), בהם עלולים להיווצר אפקטים וסיסמיים
הקשורים לכליאה של האנרגיה בין קירות האגן ופני השטח, למיקוד
נלים לאזורים מסוימים, לריכוז אנרגיה בקרבת קירות האגן, לכיוונית
תגלים הסיסמיים ועוד.

לאור החשש הוח התליטה ועדת המוסחים של מכון החקיקים הישראלי
שבאזורים אלו, עבור מבני ציבור חשובים ועבור תכנון אורבני, מקדמו
הגברת תנודות הקרקע לצורך תכנון מבנים קבועים על סמך לימוד פרטני
של תנאי התשתית המקומיים ולא על פי מקדמים סטנדרטיים. הדרך
המעשית לישום התחלטה היא לכלול אתרים החשודים בהגברות
חריגות בסוג אתר F, המיועד לחריגים מסוימים שונים והמחייב כניעת
סקר אתר מפורט. בתיוון 413 בסעיף 202.1, שנוסף בגיליון תיקון
מס' 3 (2009), ממורטים המשיה קריטריונים לסיווג אתר כ F. ארבע
הקריטריונים הראשוניים המגדירים קרקעית המועדות לכלול מיסמי
נלקחו מהתקן האמריקני; החמשי התווסף בכדי לתת מענה לאזורים
החשודים בהגברות שתיית חריגות. טאמר, שם, שיעור מבנים סקובעת
חשיבות יא ועבור תכנון אורבני אתר יסונו כ F, אם הוא נכלל באזורים
שבהם לפי המפה הגיל יש חשד להגברות שיתת חריגות עקב הימצאות
סלע קשה מאוד בבסיס או עקב השפעת אגן (basin effect).

מפה חדשה זו מצטרפת לשתי מפות שצורפו לתקן בעבר: מפת התאוצה
האופקית המרבית (PGA) בהסתברות 10% בחמישים שנה,
המחזות בסיס לחישוב ספקטרום התנועה לתכן עבור אתרי סלע; ומפת
ההשתקים הפעילים או חשודים כפעילים המגבילה בנייה על קרקע
שעולה להיוור בזמן רעידת אדמה. תיוון, שמפת האזורים החשודים
בהגברות שתיית חריגות, שמצטרפת תוח לתיוון 413, מצביעה על
אזורים כעתיים אך אינם מתוחה תחליף לסקר מפורט שרק בו ניתן
לכמת את מידת ההגברה ולאיינה בתדר וכעוצמה מתאימים.



איור 9 מפת אזורים סייסמוגניים



5. סיכונים סייסימיים

5.1. קריעת פני השטח (מיקום העתקים פעילים או חשודים כפעילים):

האזור כולו נמצא בתחום שמוגדר כפעיל סייסימי. ישראל שוכנת באזור בעל פעילות סייסימית נמוכה יחסית. על פי מפת העתקים החשודים בפעילות צעירה (משנת 2000) וכפעילים (משנת 2009) קיימים העתקים פעילים בקרבת האתר כדלקמן:

א. העתק ראשי במרחק כ- 2 קמ' מזרחה.

ב. מכלול העתקים במרחק כ- 2-5 קמ' צפונה.

ג. העתק עם מזלג כ- 10 קמ' מערבה.

בתחומי האתר ובסביבתו הקרובה לא אותרו העתקים פעילים או חשודים בפעילות סייסימית ב-13,000 השנים האחרונות (איורים 4 ו-5 וכן איורים 2 ו-3). כן לא אותרו צלקות קריעה על פני השטח.

מצורפות שתי מפות המציגות את ההעתקים החשודים בפעילות סייסימית (בהוצאת המכון הגיאולוגי, מהשנים: 2002 ו-2009). אנחנו מציגים את שתי המפות מאחר וקיימים שינויים במצגת ומאחר ואין הסבר לכך שהשינויים בין השתיים – כה רבים.

חובה להדגיש כי בהסבר המילולי המצורף למפת 2009 מצוין כי "במפה הגיאולוגית בקנ"מ 1:200,000 (של ישראל) לא מופיעים העתקים המכוסים באלוביום ולכן אין הם מופיעים במפת ההעתקים הנוכחית". ובהמשך "מן האמור לעיל עולה כי על הנעזר במפה מוטלת חובה לבצע בדיקה פרטנית ומדוייקת של כל ההעתקים הרלוונטיים למשתמש". ואידך זיל גמור.

האתר ממוקם בתחום הגדרה זו של מתכנני שרטוט ההעתקים הפעילים. בכל מקרה, לא ברור מדוע מוטלת אחריות זו על רשות מקומית ואילו האנשים שאמורים לקבוע את איכות המצב על פי קריטריונים כלל ארציים שנקבעו על ידם אינם מפנים אותנו לתהליכי הביצוע שעלינו למלא.

קיימות שתי אפשרויות מעשיות לפתרון הנושא:

א. קבלת התזה של מהנדסי הביסוס שטוענת כי כיסוי סחף בעובי 30-40 מ' מספיק כדי לבלוע כל אנרגיה סייסימית שנוצרת ברעידת אדמה. כך גם נבנו מלונות החוף של אילת. המסקנה היא כי יש להטיל ביצוע קדוחים בכל מבנה ולקבוע את עובי הסחף.

ניתן לסייע לקביעת העובי על ידי ביצוע סקר גיאופיסי (רפרקציה) לרוחבו ולאורכו של האתר. לחילופין ניתן להשען על מפת א. פריזלנדר שקובע כי עובי הסחף על גבי הסלע באזור הנדון נע בין 25-75 מ'.

ב. פניה לצוות המכונים שאחראים לשרטוט המפות (מכון גיאולוגי או מכון גיאופיסי) כדי שיציעו דרך ותג מחיר לאימות המצב.

יש לציין כי – למעט הארוע של שכונת שחמון (אילת) בו התגלתה קריעת פני השטח על ידי העתק פעיל – אין בידנו כל מידע בישראל על קריעת פני השטח, שניתן היה לשייך לתזוזה על גבי העתק. קיימות עדויות ראייה לקריעה במסמך וקס ולויטה בעקבות רעידת האדמה של 1927 בעמק הירדן.

יש לפעול בכל תכנון של מיבנים על פי התקן הקיים.

5.2. יצירת תאוצות והפעלת כוחות אופקיים על מבנים ותשתיות

מקדם התאוצה (PGA) באילת ואילות הוא: $z=0.231$

5.3. העצמה של תנודות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים

הגברה נוצרת במערכת סלע רצוף, או לחילופין, במערכת בה מונח סלע חלש (שהוא בדרך כלל גם בעל צפיפות נמוכה ומהירות נמוכה של גל סייסי ובמקרה שלנו - הסחף), על גבי סלע חזק (שהוא בדרך כלל גם בעל צפיפות גבוהה ומהירות גבוהה של גל סייסי).

הדיון העקרוני בהגברה נסוב על הגדרת "עומק שכבה חזקה" (או בריאה), כאשר באזור אילת הגדרת "שכבה בריאה" מתיחסת למסלע מגיל פרה קמבריום המטמורפי והמגמאטי.

באזור הסקר שכבה בריאה זו אינה מצויה על פני רוב השטח (למעט באזורי "כתמי הסלע" בדרום) ולכן מוגדר האזור כ"חשוך בהגברה" עקב תנאי שתית גיאולוגיים. (ראה איור 8). האזור מאופיין בסחף וקרקע המונחת ישירות על סלע אם קשה ומלוכד, בהם תופעת הגברת התנודות הסיסמיות מתחזקת במידה ניכרת כתוצאה מכליאת האנרגיה הסיסמית בשכבת הקרקע.

האזור בגלל מיקומו בעמק הערבה שקיומו נובע מהיותו חלק מהמבנה אזורי של הטרנספורם. המבנה הטופוגרפי של עמק צר ועמוק המלא סדימנטים גורם לשיוכו להגדרה של "חשוך בהגברה חריגה באגנים גיאולוגיים עמוקים וצרים".

האזור נמצא באזור הססמוגני של עמק הערבה. (ראה איור 9)

5.4. פגיעה ביציבות מדרונות וגלישת קרקע

הרס המוגדר כגלישת מדרונות מתבצע אך ורק כאשר נוכח אופק סלע חלש שנמצא במצב של רוויה המחלישה אותו.

רוב אזור הסקר מתוכנן באזור עם שיפוע יחסית מתון. קיימים מדרונות תלולים שנוצרו על ידי זרימת שטפונות.

מקומות בהם יש סיכוי לפגיעה במדרון טבעי קיימים לאורך בתרונות ונפתולים של זרימת. במקומות אלה נמצאים מדרונות בשיפועים מאוזנים טבעית, שבזמן הצפה משתנים ומתייצבים על פי זרימת המים באותו אירוע.

במצב השטח הטבעי - אין פוטנציאל גלישות קרקע בתחומי התוואי. פגיעה במצב הטבעי (חפירות, סוללות) עלולה להביא לגלישה או להתמוטטות תחת פעילות של הצפה. בחינת מצבים אלה והפתרונות לשימור היציבות הם חלק מעבודת מהנדס הביסוס.

אין באתר העתק פתוח הדומה לזה שהוצג בנחל שחמון.

5.5. התנזלות הקרקע - ליקויפקציה

התנזלות נוצרת כאשר גלי גזירה סיסמיים חזקים העוברים דרך חול לא מלוכד ורווי במים, יוצרים מעוות גזירה מחזורי אשר גורם לקריסה של מבנה הגרגרים. הקריסה מתרחשת כתוצאה מסידור חדש של הגרגרים, שהוא צפוף יותר מהסידור הקודם. במהלך הסידור החדש מופר המגע שהיה בין הגרגרים, הם נעים בנוזל ואינם תומכים עוד זה בזה. כתוצאה מכך, העומס שנישא קודם לכן בעזרת נקודות המגע שבין הגרגרים עובר למי הנקבובים, לחץ מי הנקבובים עולה והמאמץ האפקטיבי יורד. כאשר לחץ מי הנקבובים מגיע לרמה קריטית בה המאמץ האפקטיבי מופחת לאפס, הקרקע מתנהגת כנוזל צמיג ומתרחשת התנזלות.

הגורמים המשפיעים על פוטנציאל ההתנזלות בחול הם:

- א. גודל גרגר
- ב. מפלס מי תהום
- ג. עומק השכבה המתנזלת
- ד. צפיפות יחסית
- ה. תכולת חרסית

1. מיקום שכבות חרסית ביחס לשכבות החול

2. מאפיינים של רעידת האדמה

על פי הקידוחים המצויים באזור האתר מפלס המים נמוך מ- 20 מ' מפני השטח.

לאור האמור לעיל, על פי ממצאי הרשויות האזור בו מתוכנן האתר, לא נמצא בסכנה של התנזלות. מאחר ואם קיימות עדשות ושכבות חוליות הן אינן "נקיות" ויש בהן גם חרסיתות וגם שברי אבן בגדלים שונים.

5.6. הופעת נחשול ים וצונאמי

רעידת אדמה (או גלישת מדרון יבשתי) אשר מרכזה בקרקעית ים משחררת כמות אנרגיה גדולה ודוחקת כמות מים עצומה כלפי מעלה במהירות שבין 400 ל- 1000 קמ"ש. גל צונאמי משתרע לאורך כמה מאות קילומטרים, בעודו בלב ים גובהו כמעט ואינו מורגש מפאת עומק המים הרב. בהגיעו למדף היבשתי ולמשטח מים רדוד יותר הולך גובהו וגדל ביחס הפוך לעומקם של המים (הגל גדל ככל שהמים רדודים יותר) ומגיע לשיאו בעומק אפס: מפגש קו המים עם החוף.

באזורינו נחשולי הצונאמי הם תוצאה של רעידות אדמה שקרו במפרץ אילת או גלישות קרקע תת ימיות שיתרחשו לאורך חופי המפרץ או הים האדום. באילת דווח על קיום גל צונאמי בגובה 1 מ' לאחר רעידת האדמה בנואיבה. גל הצונאמי לא יוכל להגיע ופגוע באזור הסקר הנמצא בגבהים הטופוגרפיים שמעל ל- 60 מ'.

6. מסקנות

על פי הנחיות משרד הפנים מיוני 2009 יש לבחון שש תופעות

א. קריעת פני השטח (העתקים)

באתר אין העתקים מסומנים. לא העתקים רגילים ולא העתקים פעילים או חשודים כפעילים. קיימת הערה על פיה יש לבחון נוכחות העתקים מתחת לכיסוי קרקע/סחף. מאחר ומתכנני המפות הסרו מעצמם אחריות בדיקה. בנוסף לא ניתנות הנחיות כיצד לבצע סקר לקביעת העתקים כאלה. ניתן פתרון מקובל על מהנדסי ביסוס בישראל - שאינו מקובל על קובעי המדיניות.

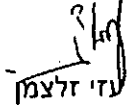
אם לא יתקבל פתרון זה - יש לבקש מצוותי המכון הגיאולוגי או המכון הסייסמולוגי הנחיות כיצד לבצע סקר זה.

ב. יצירת תאוצות והפעלת כוחות אופקיים

מקדם התאוצה (PGA) באילת ואילות הוא: $z=0.231$

- ג. העצמה של תנודות קרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים האתר מאובחן "כחשוד בהגברה" בגלל תשתית הסלע הקרובה וכן "כחשוד בהגברה חריגה באגנים גיאולוגיים עמוקים וצרים".
- ד. פגיעה ביציבות מדרונות וגלישות קרקע (כולל מפולות של קירות סלע או קרקע) בתנאים הנוכחים אין סכנת גלישות. פעילות הנדסית ושטפונות עלולים להביא להתמוטטות (יש לזכור את מפולת נאות הככר לפני כ- 40 שנה)
- ה. התנזלות הקרקע לא ידוע באזור האתר על קיום אופקי חול לא מהודק. פני המים באתר נמוכים עשרות מטרים מתחת לפני השטח. שתי העובדות מצביעות על כך שאין ליקוויפיקציה אפשרית באתר.
- ו. נחשולים (צונאמי) האתר ממוקם במפלסים גבוהים בהרבה מתחום השפעת ארוע צונאמי.

בכבוד רב


דר' עזי זלצמן