



בדיקה לעמידות סייסמית

תוכנית 74/114/03/2
מגרש 222A

אילת

התוכנית נכנסה לתוקף בתאריך 1965
משרד הפנים - מחוז הדרום
התוכנית החליטה ביום:
18/08/14
למשך זמן התכנית

התכנית לא נקבעה טעונה אישור השר
 התכנית נקבעה טעונה אישור השר

מוגש

[Signature]
י. ד. ה. יעדה המחוזית

Boaz Saltzman
תאריך

לאדריכל ישראל חיון
מנהל אגף תכנון

עיריית אילת

דצמבר 2012

30 בדצמבר 2012

לכבוד
אדר' ישראל חיון
מנהל אגף תכנון
עיריית אילת

הנדון: בדיקה לעמידות סייסמית - מגרש A222 - תוכנית 74/114/03/2 - 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 5 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: 13 ו-14).

(2) מפת תאוצת הקרקע (מפת האזורים של המקדם הסייסמי לתקן ישראלי 413) (איור 17).

(3) מפת אזורים החשודים בהגברת שתית הריגה, (איור 15),

(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 הווד, 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 עינים

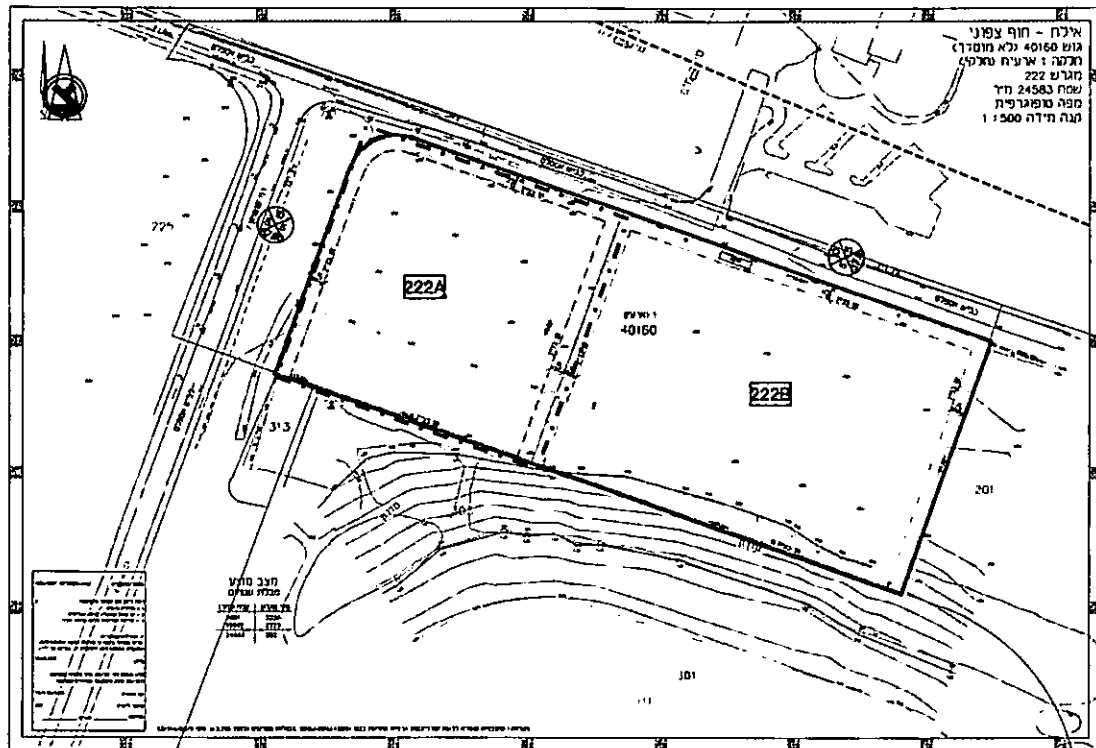
1	מבוא	.1
5	נתונים גיאולוגיים	.2
7	גיאומורפולוגיה	.3
9	מיבנה גיאולוגי (סטרוקטורה)	.4
15	סיכונים סייסמיים	.5
15	קריעת פני השטח (מיקום העתקים פעילים או חשודים כפעילים)	5.1
21	יצירת תאוצות והפעלת כוחות אופקיים על מבנים ותשתיות	5.2
21	העצמה של תנודות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים	5.3
24	פגיעה ביציבות מדרונות וגלישת קרקע	5.4
24	התנזלות הקרקע - ליקויפקציה	5.5
25	הופעת נחשולים וצונאמי	5.6
26	מסקנות	.6

רשימת איורים

2	מפה מצבית וגבהים של האתר	איור 1
3	תצלום אוויר של מיקום האתר היום	איור 2
4	תצלום אוויר של אזור אילת משנת 1946 (קנ"מ מקורב 1:10,000)	איור 3
6	מפה טופוגרפית - אילת ק.מ. 1:5,000	איור 4
7	מפת דרום הערבה על מרכיביה המורפולוגיים והמורפוטקטוניים העיקריים	איור 5
8	חתך סכמאטי בין קידוחי המים	איור 6
10	קטע ממפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת, 2012	איור 7
11	קטע ממפה גיאולוגית של יטבתה ואילת, 1993	איור 8
12	קטע ממפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת, 2000	איור 9
13	שרטוט מיקום ההעתק הראשי מחולק למספר מדרגות	איור 10
14	חתך קונספטואלי מתוך המפה הגיאולוגית של ישראל	איור 11
14	סימון העתק הערבה ומפת עובי סדימנטים מעל התשתית	איור 12
16	מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים - עדכון 2009	איור 13
17	מפת ההעתקים החשודים בפעילות צעירה - 2000	איור 14
18	מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות - 2009	איור 15
19	מפת אזורים סייסמוגניים	איור 16
20	מפת תאוצות הקרקע	איור 17
22	מיקום קדוחים ממזרח לברכות המלח (תהל 1980)	איור 18
23	מפת מיפלסי מי תהום (תהל 1977)	איור 19

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").
- המתחם נשוא דו"ח זה ממוקם באזור שממזרח למרכז העיר אילת, צפונית למלונות שבקו החוף ודרומית לבריכות המלח של חברת המלח. האתר נמצא בנ.צ. מרכזי 196650/385075. האתר ממוקם על סחף צעיר (הולוקני - עם ליכוד חלש) המכסה על סחף עתיק יותר.
- ב. המיפלים הטופוגרפיים נעים בין: כ- 4.2-5.5 מ'. (ראה איור 1)
- ג. 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.
- ד. בתאריך: 08/06/2009 הוציא מנהל מינהל התכנון במשדד הפנים הנחיות "התחשבות בסיכונים סיסמיים בתכניות מתאר ובתכניות מפורטות".
- ה. 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),
- ו. נעזרנו בתכניות שהועמדו לרשותנו וכן במפות שהיו ברשותנו כדלקמן:
- (1) תוכנית מס. 74/114/03/2 (Survey_hfz222a.dwg) שטח למבנה ציבור - מגרש 222 א בחוף הצפוני אילת, קנ"מ 1:1000, מדידה מתאריך 01/2012 של המודד ויטלי סוסניצקי.
 - (2) אילת - מפה טופוגרפית קנ"מ 1:50,000 בהוצאת המרכז למיפוי, ישראל.
 - (3) מפה גיאולוגית של ישראל קנ"מ 1:100,000, יטבתה ואילת גליונות 25 ו- 26 בהוצאת המכון הגיאולוגי, 1993. (איור 8)
 - (4) מפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת גליון 26, קנ"מ 1:100,000 בהוצאת המכון הגיאולוגי, 2000. (איור 9)



איור 1: מפה מצבית וגבהים של האתר

(5) מפה גיאולוגית של ישראל בקנ"מ 1:50,000, גליון II, 1-26, אילת, בהוצאת המכון הגיאולוגי, 2012. (איור 7)

(6) מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים בהוצאת המכון הגיאולוגי משנת 2000 ושנת 2009. קיימים שינויים ביניהן. מכל מקום המפה התקפה כיום היא המפה משנת 2009. (איורים 13 ו-14)

(7) מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות - דו"ח המכון הגיאולוגי GSI/15/2009. (איור 15)

ז. 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) עמית, ר., זילברמן, ע., אנזל, י., פורת, נ., (2002)

Paleoseismic evidence for time dependency of seismic response on a fault system in the southern Arava Valley, Dead Sea rift, Israel. Geological Society of America Bulletin, vol. 114, no. 2, pp. 192-206, 2002

(5) תצלומי אוויר ישנים של אזור אילת משנות הארבעים והחמישים, בהוצאת המרכז למיפוי ישראל.

(6) כן נעזרנו בסקרים גיאוטכניים אחרים, שערכנו באזור אילת ובסביבותיה.

ח. 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.



איור 2: תצלום אוויר של מיקום האתר היום



איור 3: תצלום אוויר של אזור אילת משנת 1946 (קנ"מ מקורב 1:10,000)

2. נתונים גיאולוגיים

שני נתונים גיאולוגיים עיקריים חייבו התייחסות - טרם תבוצע הערכת תכנון מיבנים באזור אילת:
א. מיקום ועומק ההעתקים הגיאולוגיים האחראיים לתופעות סייסמיות אפשריות,
ב. עובי הסחף המכסה על מיסלע צפוף כמו הסלעים המאגמאטיים-מותמרים באזור אילת,
והרכב הסחף.

בדיון להלן, תוצגנה ההשערות (בספרות המקצועית) הדנות במיקום ההעתקים ובעובי/הרכב הסחף.

א. האתר ממוקם על גבי אזור המוכר כמלחת אילת על גבי מניפת סחף שמוצאה גם בנחלים שמתנקזים אליה גם ממערב (ישראל) וגם ממזרח (ירדן) (איור 5). הסחף מצטבר בשקע שמוצאו במערכת העתקים (טרנספורם ים המלח) היוצרת את אזור הערבה ואת שקע ים סוף.

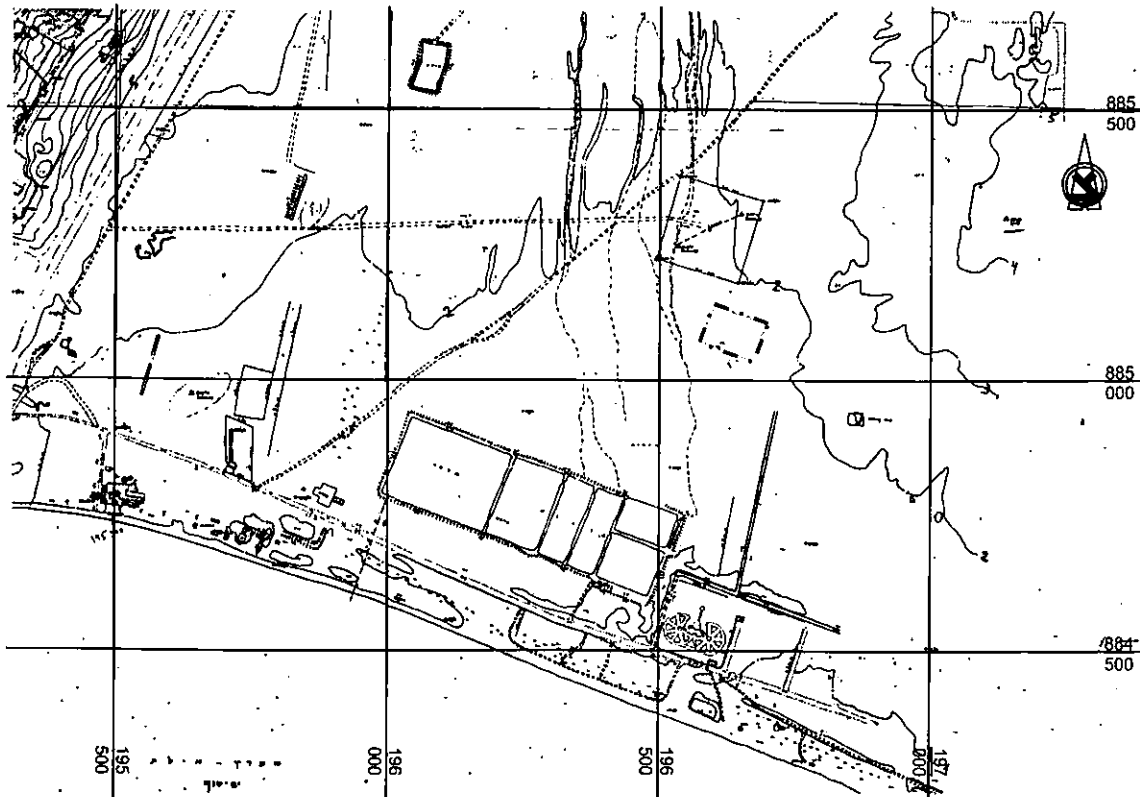
מקובל להניח כי מתחת לסחף (שעוביו המדוייק אינו ידוע אבל, מוערך במספר קילומטרים) ממוקם מיסלע "גרניטי" או "מותמר" – כזה הנחשף ממערב להעתק הערבה. אולם, מיקום ההעתקים בספרות המקצועית אינו מוצג בדרך אחידה.

ב. העתק הערבה הינו העתק מסובך, בנוי - כנראה - מדרגות הנוחתות מכוון מערב אל מרכז הערבה שם נמצא העובי המירבי של הסחף. (גרפונקל 1970 וראה איור 10) בעבודתו מסמן פריזלנדר - אך ורק - את ההעתק המערבי של מערכת הטרנספורם (ראה איור 12). גם על מפת ההעתקים בישראל החשודים בפעילות צעירה (ראה איורים 13 ו-14) מסומן - אך ורק - העתק הערבה המערבי (שסומן על ידי פריזלנדר) כחשוד בפעילות. מלבדו, סומן לאחרונה (בייט במפה הגיאולוגית משנת 2012- איור 7) העתק הקיים לכאורה גם בצד המזרחי של המלחה. (באזור האתר).

למרות זאת, אין לבטל את המדרגות המשורטטות במפת גרפונקל (איור 10).

שרטוט המציין מיקום העתקים מוסתרים (Concealed) נמצא במפת המכון הגיאולוגי (איור 9). ג. לפנינו, אם כן, מספר "הצגות" העתקים, שכל אחת שונה מהאחרות - אם לא בקונצפט הבסיסי - הרי שבתפיסת המיקום של ההעתק או במיקום העתקי המישנה.

תפיסה הנדסית המקובלת על המהנדסים המטפלים בהשפעות של רעידות אדמה גורסת כי באזור בו קיים סחף - אפילו יימצא העתק "פעיל מהבחינה הסייסמית" מתחת לאתר בו מתוכננת הבניה, די בסחף (ובמקרה שלנו כמה מאות מ') - כדי לבלוע אנרגיה שמקורה בתזוזות עמוקות לאורך העתקים ובכך למנוע פגיעה במיבנים הממוקמים על הסחף. הסחף המכסה על השטח נוצר בתקופות גיאולוגיות צעירות (ניאוגן-הולוקן).



איור 4: מפה טופוגרפית - אילת ק.מ. 1:5,000 (מחלקת המדידות 1955)

קיימים תאורי קדוחים שבוצעו על ידי חב' מקורות, למטרות הפקת מים. הקדוחים ממוקמים סמוך לחלק המזרחי של ברכות המלח מצפון לאתר.

עבודות קודמות באזור אילת הראו כי המהירות הסייסמית של סלע היסוד באזור אילת, נעה סביב כ-3,000 מ'/שניה. לעומת זאת, מופרדות שכבות הסדימנטים לשתי יחידות בעלות מהירויות סייסמיות שונות. פרושו של דבר כי לפנינו - לפחות - שתי יחידות סחף כדלקמן:

(1) גבוהה ויחסית תחוחה (מהירות סייסמית 790-950 מטר/שניה),

(2) נמוכה - יחסית מלוכדת וצפופה (מהירות סייסמית 1640-1750 מטר/שניה).

פני המים ממוקמים בתוך המתקרא "יחידת הסחף הגבוהה" ולכן, אין המים תורמים למיקום הגבול.

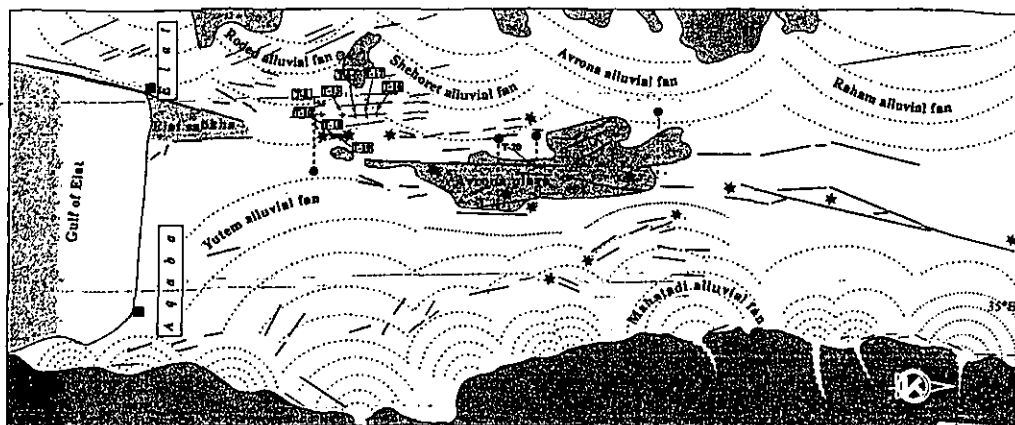
סיכום חתך הקרקע:

(1) החומר הגס, בעיקר חול גס או חצץ דק מלוכד על ידי חומר טיני. בחתך הכללי החומר הגס מופיע כשכבות/עדשות בעובי כ-100-20 סמ'. נפח החומר הגס – כרבע מהחתך.

(2) אין אופקי חול דק ללא ליכוד טיני-חרסיתי.

(3) פה ושם קיימות "שכבות/עדשות של חרסית פלאסטית אך עוביין של אלו אינו עולה על כ-2

מ' ובדרך כלל קטן יותר.



איור 5: מפת דרום הערבה על מרכיביה המורפולוגיים והמורפוטקטוניים העיקריים ללא ק.מ. (עמית וחב. 2002)

3. גיאומורפולוגיה

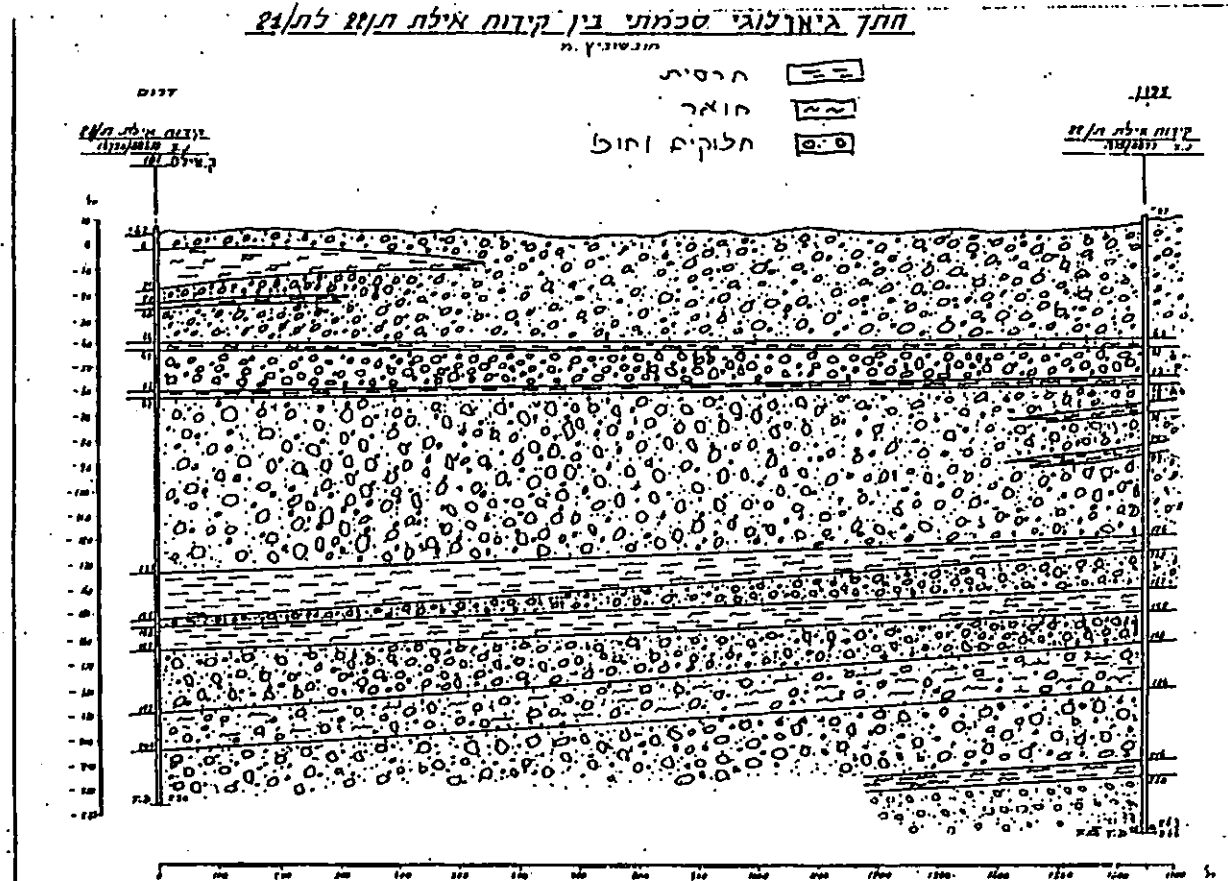
כאמור האתר ממוקם ברובו על גבי מניפת סחף, צעירה יחסית, שתאורה ניתן לעיל. מקור הסחף מהיקף המלחה בלא שהתבליט יראה העדפה של זרימה מכון כל שהוא. כדי לקבוע את עובי הכיסוי של הסחף, שאינו ידוע, יהיה צורך בביצוע סקר גיאופיזי משלים, או לחילופין בביצוע קדוחי נסיון בכל אתר שיהיה מיועד לבניה.

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

האזור ארידי 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 ולסחיפה של חלקי מסלע גדולים יחסית (המגיעים לקטרים של עד כ-1/2 מ').

יכולה להתרחש הצפה כללית של האזור, הרכב הקרקע (דקים) ופני המים הגבוהים, פרושם מניעת חילחול וספיגה. קיים סיכוי לעלית פני המים מעל לפני הקרקע.

גם המישוריות של האזור תגרום למים לשהות זמן רב במקום אם לא ינוקז בצורה יזומה.



איור 6: חתך סכמטי בין קידוחי המים

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 12).

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 המפות 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 "קריעה של פני השטח").

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

בנוסף, הפרשים בקנה מידה שבין מפה גיאולוגית המסומנת 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"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 ומזרחית לו (ראה איור 12 ו-7).

קוי העתק משניים מופיעים בפרסומים שונים. במפה משנת 2000 (איור 9) מופיע העתק משנה בסמוך ומערב לאתר נשוא דו"ח זה. העתק זה מופיע גם במפת ההעתקים החשודים בפעילות צערה משנת 2000 - לא כפעיל (איור 14).

עבודת תה"ל שבוצעה באזור שכונת שחמון שבמרחק כ- 3 קמ' דרומה לאתר, קבעה את מיקומו של העתק מישני פעיל (rupture) - 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.



איור 7: קטע ממפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת בהוצאת המכון הגיאולוגי, 2012.

SYSTEM	SERIES - STAGE	ATIGRAPHY		לטוטסטריגרפיה		
		SYMBOL	THICK. m	LITHOLOGY	MAPPING UNITS	GROUP
תקופה	סדרה - דרגה	סימן	מ' עובי	מטלע	יחידות מפה	חבורה
QUATERNARY	HOLOCENE	Aj	0-2	חול, רمال	Alluvium	החומר החדש
	PLEISTOCENE	Qp	0-5	חול, רمال	Playa deposits	החומר החדש
		Ql	0-2	חול, רمال	High terraces	החומר החדש
QUATERNARY	PLIOCENE	Q2	10-30	חול, רمال	Low terraces	החומר החדש
		Q1	10-30	חול, רمال	Zabala Fan	החומר החדש
		Ne	20-50	חול, רمال	Corel formation	החומר החדש
		Na	20-50	חול, רمال	Arava Formation	החומר החדש

Era / תקופה / System / עידן	Eilat Block	Roded Block	Black
Neoproterozoic	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
Proterozoic	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
Paleoproterozoic	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור
	גוש אילת	גוש חרד	סלע שחור

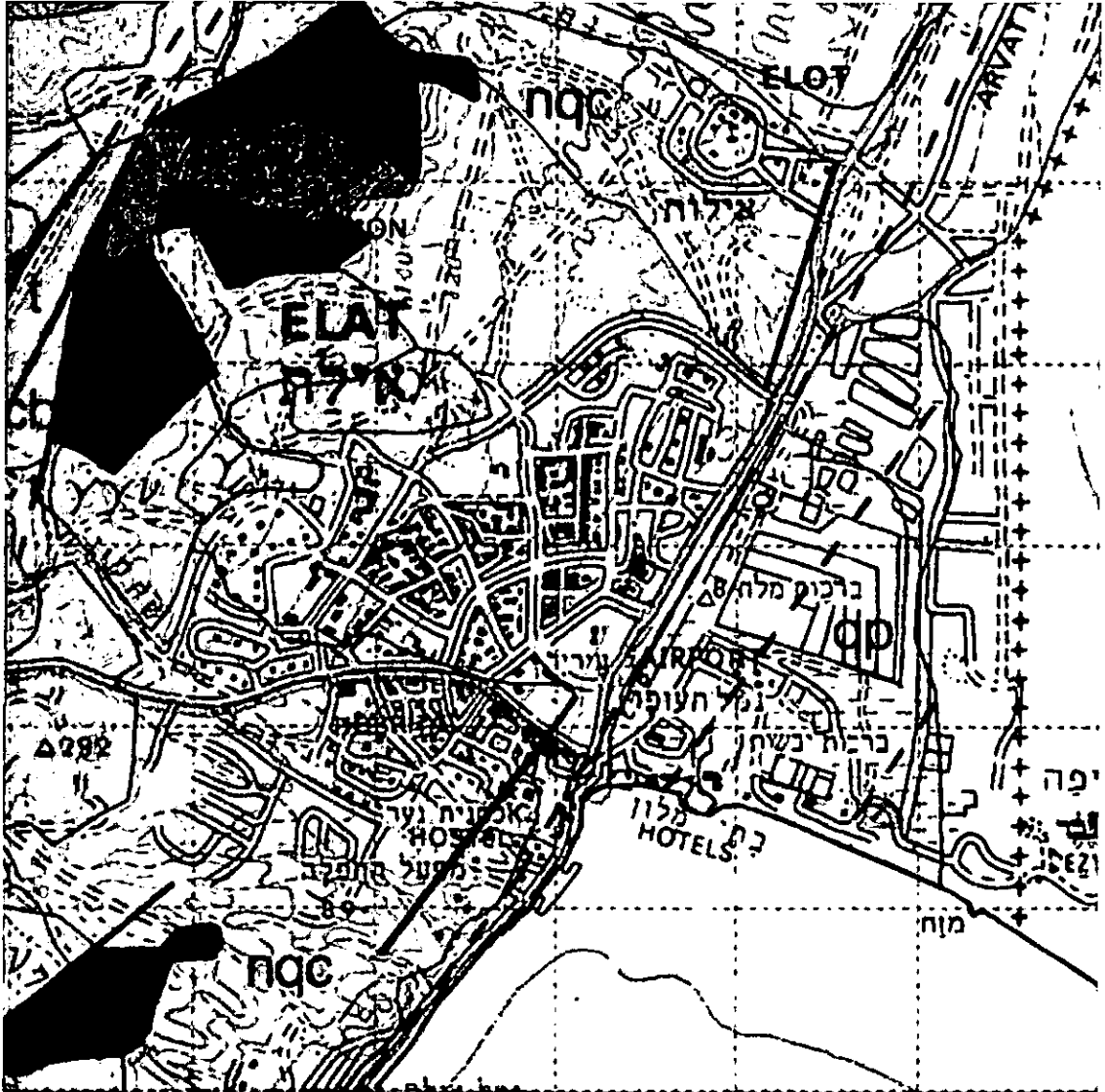


איור 8: קטע ממפה גיאולוגית של יטבתה ואילת בהוצאת המכון הגיאולוגי, 1993.

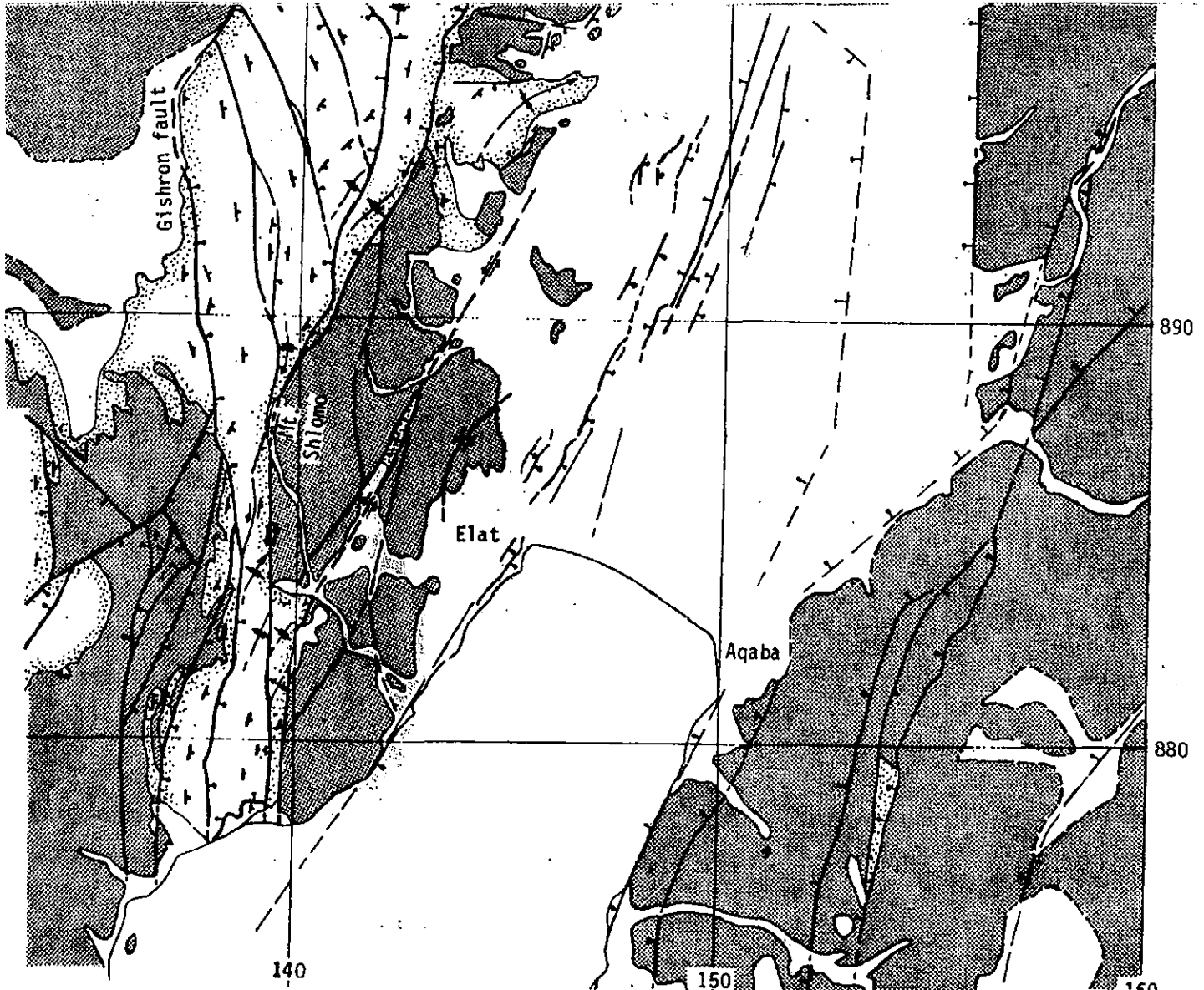
סטריטיגרפיה STRATIGRAPHY

שנת הוצאה YEAR	מפת MAP	שם של שלב AGE NAME	סמל SYMBOL	מספר NUMBER	שם LITHOLOGY	תיאור DESCRIPTION
1993	1:50,000	תלמי Talmi	te	1	סלע גירית Limestone	סלע גירית, חלוקה גבולית עם יחידת NQd3.
1993	1:50,000	תלמי Talmi	te	2	סלע גירית Limestone	סלע גירית, חלוקה גבולית עם יחידת NQd2.
1993	1:50,000	תלמי Talmi	te	3	סלע גירית Limestone	סלע גירית, חלוקה גבולית עם יחידת NQd1.
1993	1:50,000	תלמי Talmi	te	4	סלע גירית Limestone	סלע גירית, חלוקה גבולית עם יחידת NQd.
1993	1:50,000	תלמי Talmi	te	5	סלע גירית Limestone	סלע גירית, חלוקה גבולית עם יחידת NQd.

שם NAME	סמל SYMBOL	מספר NUMBER	תיאור DESCRIPTION	שם NAME	סמל SYMBOL	מספר NUMBER	תיאור DESCRIPTION
תלמי Talmi	te	1	סלע גירית Limestone	תלמי Talmi	te	1	סלע גירית Limestone
תלמי Talmi	te	2	סלע גירית Limestone	תלמי Talmi	te	2	סלע גירית Limestone
תלמי Talmi	te	3	סלע גירית Limestone	תלמי Talmi	te	3	סלע גירית Limestone
תלמי Talmi	te	4	סלע גירית Limestone	תלמי Talmi	te	4	סלע גירית Limestone
תלמי Talmi	te	5	סלע גירית Limestone	תלמי Talmi	te	5	סלע גירית Limestone



איור 9: קטע ממפה גיאולוגית של אזור צפון מפרץ אילת בק.מ. 1:100,000 (המכון הגיאולוגי 2000).



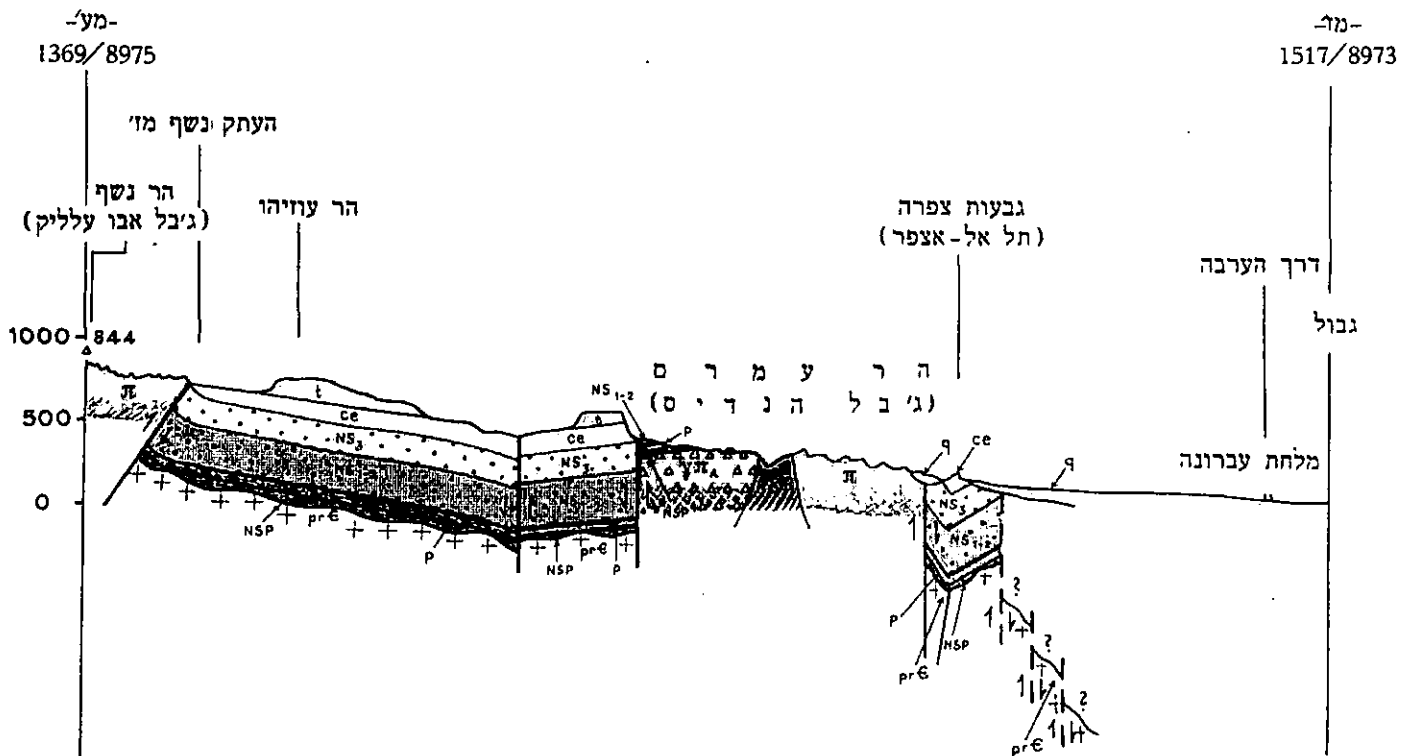
איור 10: שרטוט מיקום ההעתק הראשי מחולק למספר מדרגות (גרפונקל 1970)

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

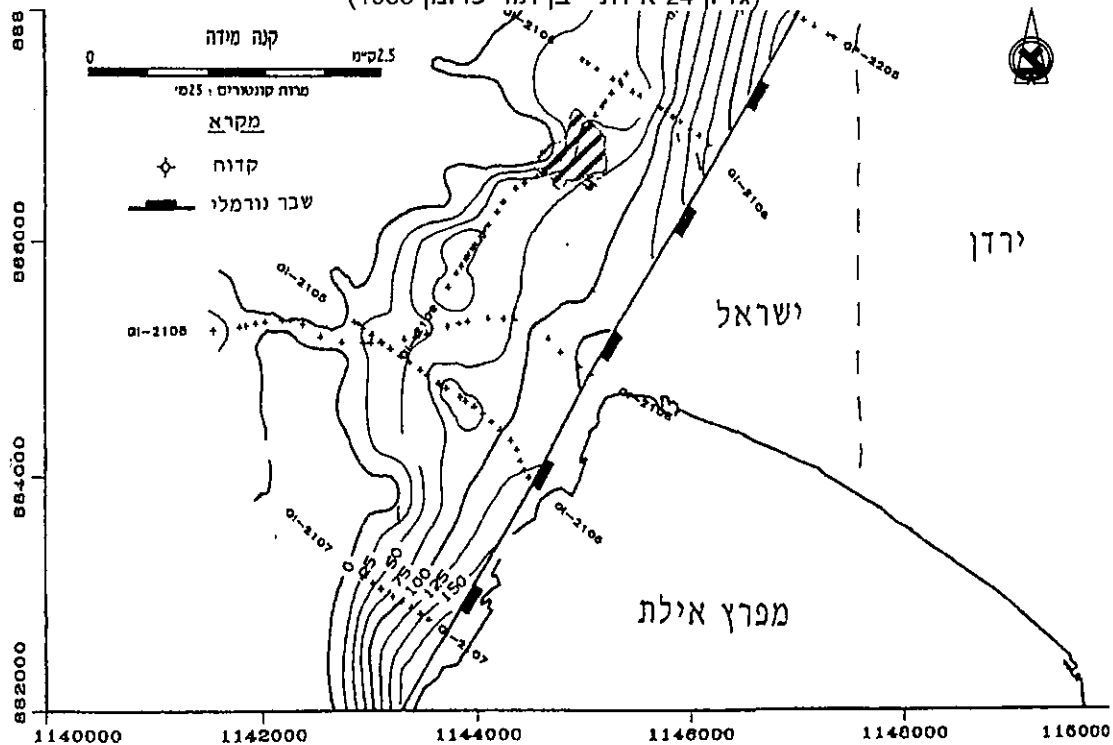
ENGINEERING GEOLOGY & ROCK ENGINEERING

גיאולוגיה הנדסית והנדסת סלע

- 14 -



איור 11: חתך קונספטואלי מתוך המפה הגיאולוגית של ישראל אופקי 1:100,000 אנכי 1:50,000 (גליון 24 אילת - בן תור פרומן 1955)



איור 12: סימון העתק הערבה ומפת עובי סדימנטים מעל התשתית בשולי הערבה הדרומית (פריזלנדר, 2000)

5. סיכונים סייסמיים

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

האזור כולו נמצא בתחום שמוגדר כפעיל סייסי. ישראל שוכנת באזור בעל פעילות סייסמית 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- 1/2 קמ' מערבה לאתר.

ב. העתקים משניים במרחק עשרות מטרים מערבית ומזרחית לאתר.

בתחומי האתר עצמו ובסביבתו הקרובה לא אותרו העתקים פעילים או חשודים בפעילות סייסמית ב-13,000 השנים האחרונות (איור 5). כן לא אותרו צלקות קריעה על פני השטח.

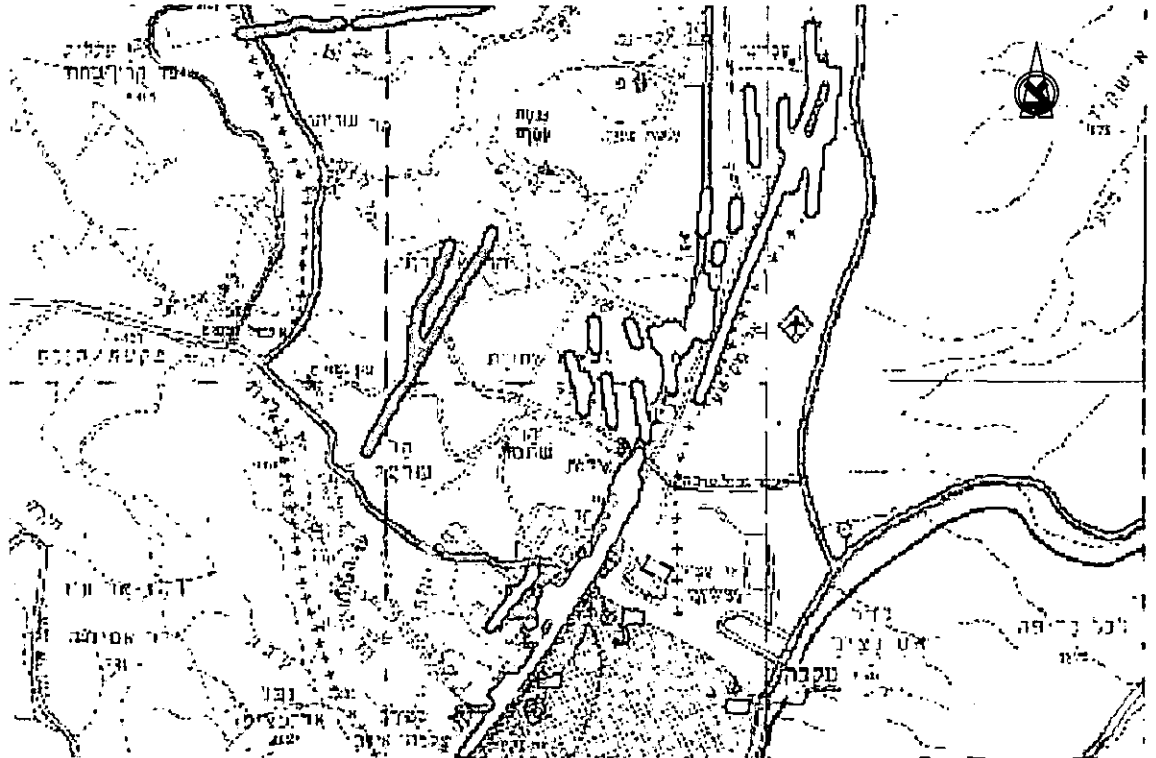
מצורפות שתי מפות המציגות את ההעתקים החשודים בפעילות סייסמית (בהוצאת המכון הגיאולוגי, מהשנים: 2002 ו-2009). אנחנו מציגים את שתי המפות מאחר וקיימים שינויים במצגת ומאחר ואין הסבר לכך שהשינויים בין השתיים – כה רבים. כן מצורפות המפות הגיאולוגיות שפורסמו במהלך השנים.

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". ואיך 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 מעל ל- 50 מ' מספיק כדי לבלוע כל אנרגיה סייסמית שנוצרת ברעידת אדמה. כך גם נבנו מלונות החוף של אילת. המסקנה היא כי יש להטיל ביצוע קדוחים בכל מבנה ולקבוע את עובי הסחף.



משרד התשתית הלאומית
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 רוזנפוט

כרטוגרפיה - חנה נצר-כהן

רקע: מפה טופוגרפית של המרכז למיפוי ישראל

איור 13:

מקרא:

העתק חשוד כפעיל ———

העתק פעיל ———

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

ENGINEERING GEOLOGY & ROCK ENGINEERING

גיאולוגיה הנדסית והנדסת סלע

STATE OF ISRAEL מדינת ישראל

- 17 -

משרד התשתיות הלאומיות
THE MINISTRY OF NATIONAL INFRASTRUCTURES



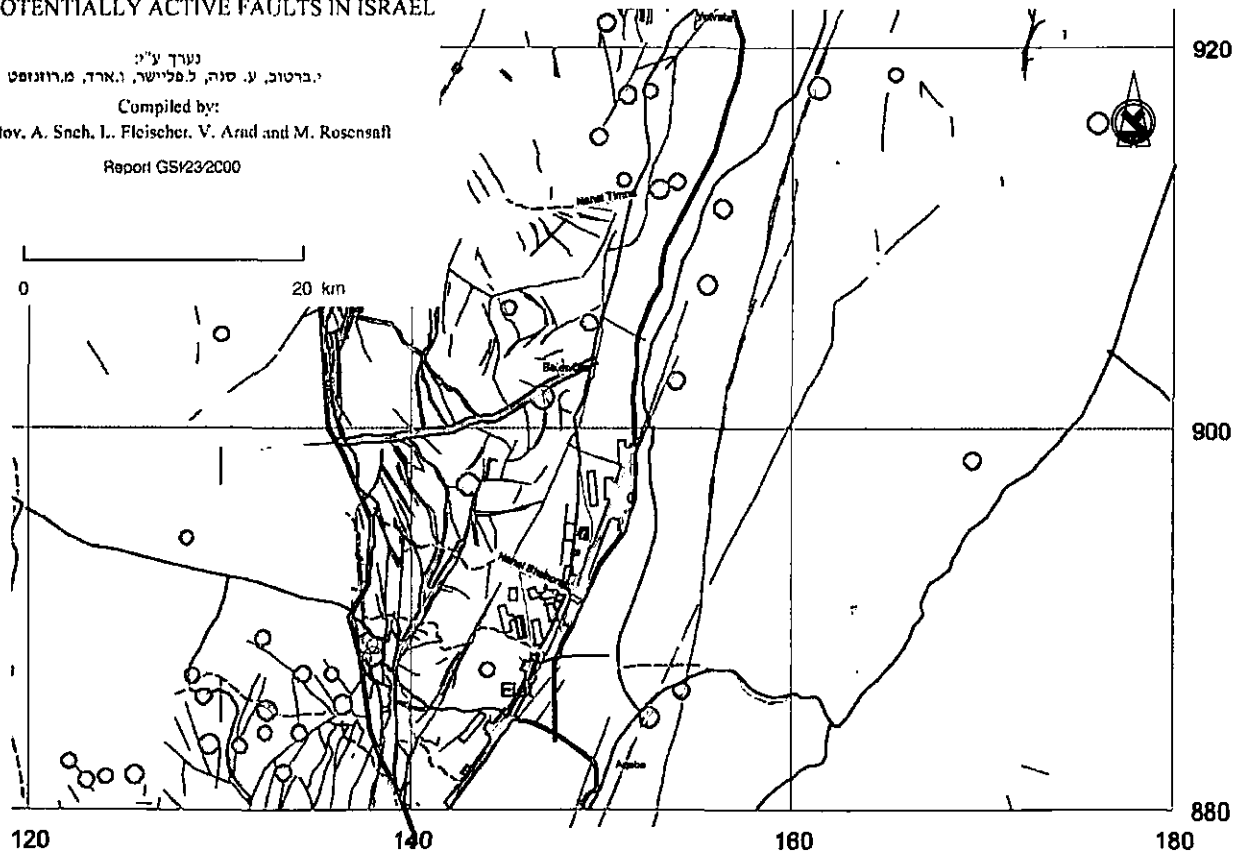
GEOLOGICAL SURVEY המכון הגיאולוגי
JERUSALEM ירושלים

מפת ההעתקים בישראל
החשודים בפעילות צעירה

MAP OF POTENTIALLY ACTIVE FAULTS IN ISRAEL

נערך ע"י:
י. ברטוב, א. סנה, ל. פלישר, ו. ארד, מ. רוזנשף

Compiled by:
Y. Bartov, A. Snch, L. Fleischer, V. Arad and M. Rosenshaft
Report GSI/23/2000

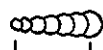


LEGEND

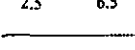
Pliocene to Recent formations
(including alluvium)



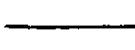
Earthquake epicenter: 2.5—6.5 magnitude
(GII database)



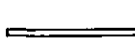
Fault, surface and suburface compiled
by L. Fleischer & Gapsa 1998-2000 (GII)



Fault, surface only, after Snch et al., 1988
(Geological map 1:200,000)



Trace of potential active fault, generalized
(See text)



מקרא

תצורות מניל פליוקן עד הווה,
(כולל אלוביום)

מוקדי רעידות אדמה, ממגניטודות 2.5-6.5
(לפי בסיס הנתונים של המכון הגיאופיזי לישראל)

העתק בפני השטח ובתת הקרקע, בעקבות ל. פלישר
וגפסו (1998-2000) (המכון הגיאופיזי לישראל)

העתק בפני השטח בלבד, לפי סנה וסנ' 1988
(מפה גיאולוגית 1:200,000)

סימון מוכלל של העתק חשוד בפעיל
(ראה טקסט)

The map shows earthquake epicenters
at magnitudes of 2.5 or greater

במפה מוצגים מוקדי רעידות אדמה
במגניטודה הגבוהה מ- 2.5

איור 14

מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות

זהר גבירצמן
המכון הגיאולוגי
המשרד לתשתיות לאומיות

יולי זסלבסקי
המכון הגיאופיזי לישראל

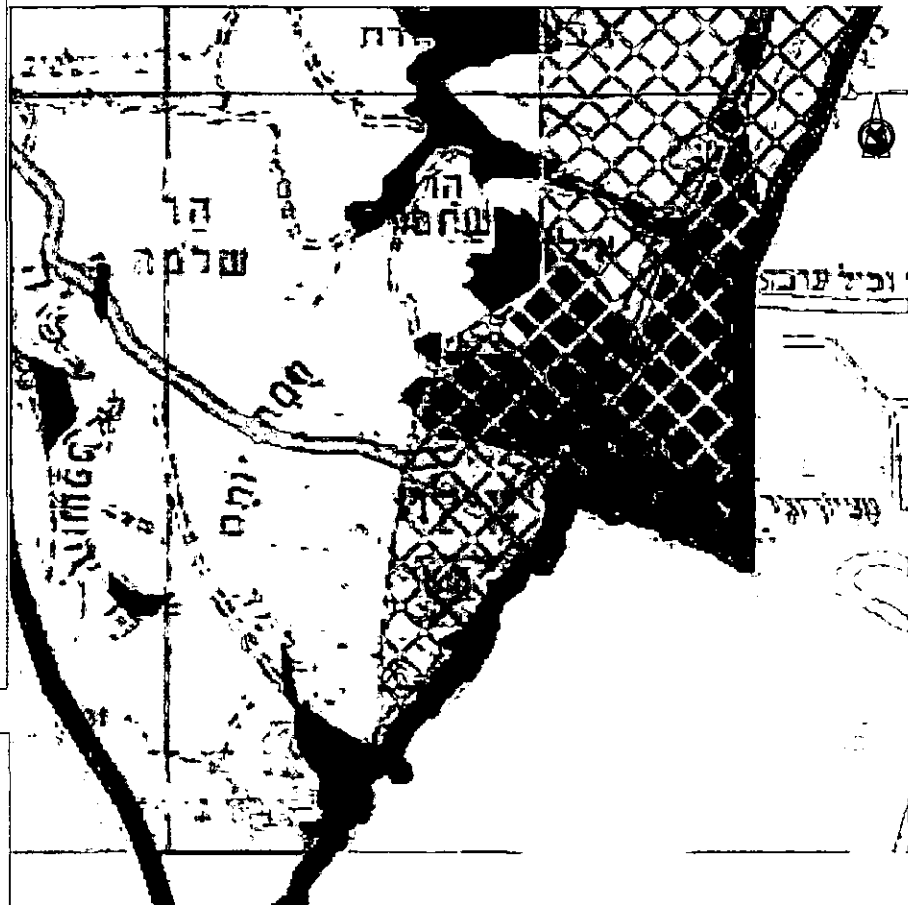
תמוז תשס"ט
GSI/15/2009
ד"ח

מקורות
סקרי תגובת אתר
זסלבסקי וחוברין, אתר המכון הגיאופיזי לישראל
www.gii.co.il

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

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

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



מקרא

אתר סלע

אתר קרקע תגיל

אתר קרקע עם חשד להגברה חריגה
כתוצאה מזינוק של מצע קשה מאוד בבסיס

אתר עם חשד להגברה חריגה
באזורים גיאולוגיים עומקים וצרים

אתרי קרקע באזורים גיאולוגיים צרים ועומקים

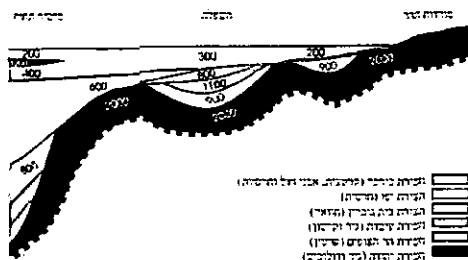
תקציר

איור 15

בנוסף לתופעת ההגברה הנובעת מהפרשי מהירויות הגלים הסיסמיים, באזורים גיאולוגיים צרים ועומקים עלולים להיווצר אפקטים מיוחדים הקשורים לכליאה של האנרגיה בין קירות האגן לפני השטח, למיקוד גלים לאזורים מסוימים, לריכוז אנרגיה בקרבת קירות האגן, לכיוונות הגלים הסיסמיים ועד. יצוין, שאזורים אלו נמצאים בדרך כלל באזורים סיסמוניים שבהם הסכנון הסיסמי גדול ממילא. מניסיון שחצבר מרעידות אדמה חזקות כמו זאת שהתרחשה באזור לוס אנג'לס (קלפורניה) ב-1994 ובקובת (ניו) ב-1995 הנתרן שהשפעתן אכן גם מאריכות את משך התנודות וגם מגבירות אותן.

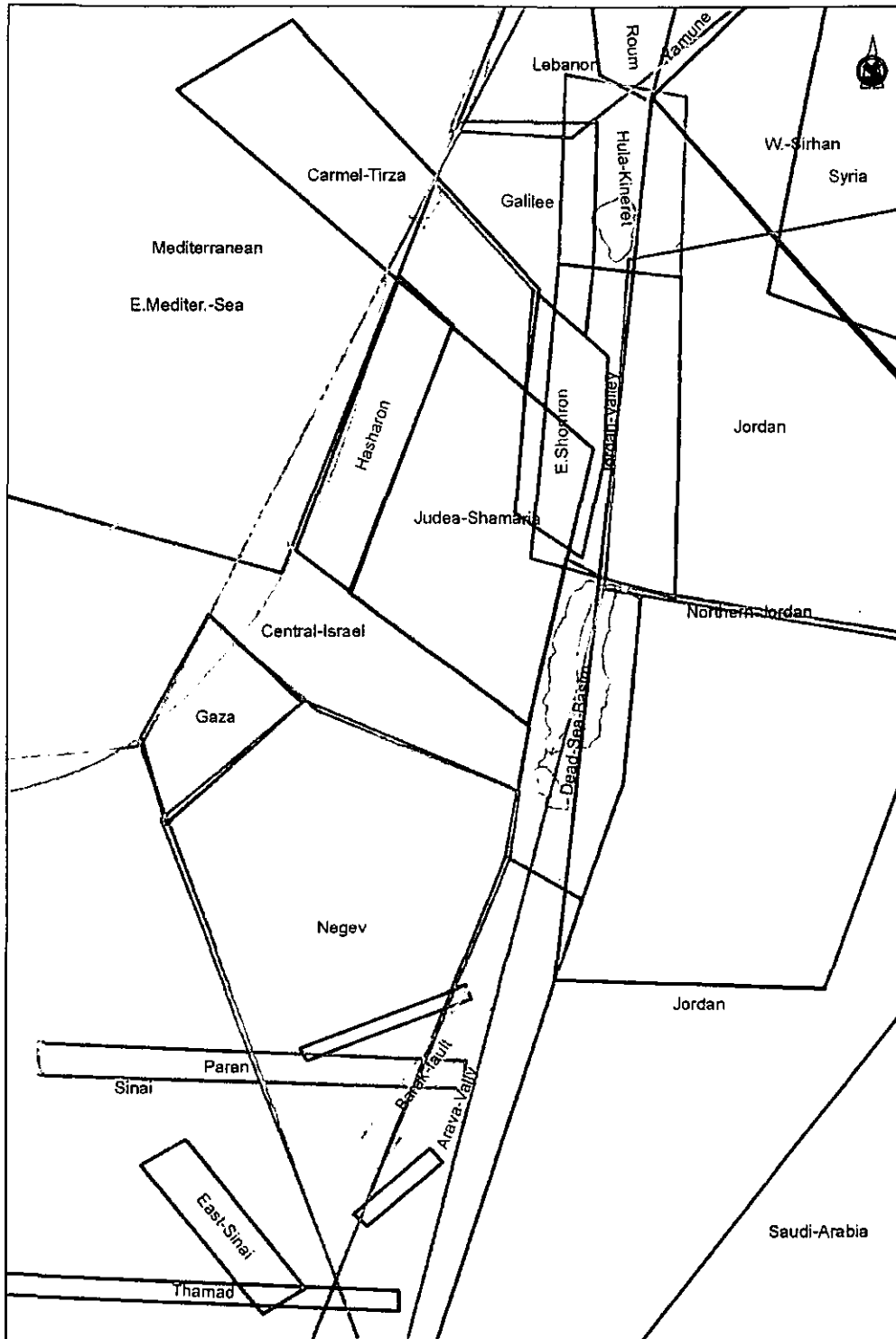
מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות מצביעה על שני סוגי אזורים בהם מידת הגברת תנודות הקרקע בזמן רעידת אדמה עלולה להיות גבוהה מהרגיל. (1) אזורים בהם קרקע רכה מונחת ישירות על סלע אס קשה (מסומן במפה בשחור), בהם תופעת הגברת התנודות הסיסמיות מתחזקת במידה ניכרת כתוצאה מכליאת האנרגיה הסיסמית בשכבת הקרקע. (2) אזורים גיאולוגיים צרים ועומקים (מסומן במפה בקווים אדומים), בהם עלולים לחיוצר אפקטים נוספים הקשורים לכליאה של האנרגיה בין קירות האגן לפני השטח, למיקוד גלים לאזורים מסוימים, לריכוז אנרגיה בקרבת קירות האגן, לכיוונות הגלים הסיסמיים ועוד.

לאור החשש הזה החליטה ועדת המומחים של מכון התקנים הישראלי שבאזורים אלו, עבור מבני ציבור חשובים ועבור תכנון ארכוני, מקדמי הגברת תנודות הקרקע לצורך תכנון מבנים יקבעו על סמך לימוד פרטני של תנאי התשתית המקומיים ולא על פי מקדמים סטנדרטיים. הדרך המעשית ליישום החלטה היא לכלול אתרים החשודים בהגברות חריגות בסוג אתר F, המיועד לחריגים מסוגים שונים והמחייב ביצוע סקר אתר מפורט. בתנאי 413 בסעיף 202.2.1, שנוסף בגיליון תיקון מס' 3 (2009), מפורטים המישה קריטריונים לסיווג אתר כ-F, ארבע הקריטריונים הראשונים המגדירים קרקעות המועדות לכשל פנימי נלקחו מתחקן האמריקני; החמישי התווסף בכדי לתת מענה לאזורים החשודים בהגברות שתית חריגות. נאמר שם, שעבור מבנים מקבוצת חשיבות יא ועבור תכנון אורבני, אתר יסווג כ-F, אם הוא נכלל באזורים שבהם לפי המפה הנ"ל יש חשד להגברות שתית חריגות עקב הימצאות סלע קשה מאוד בבסיס או עקב השפעת אגן (basin effect).

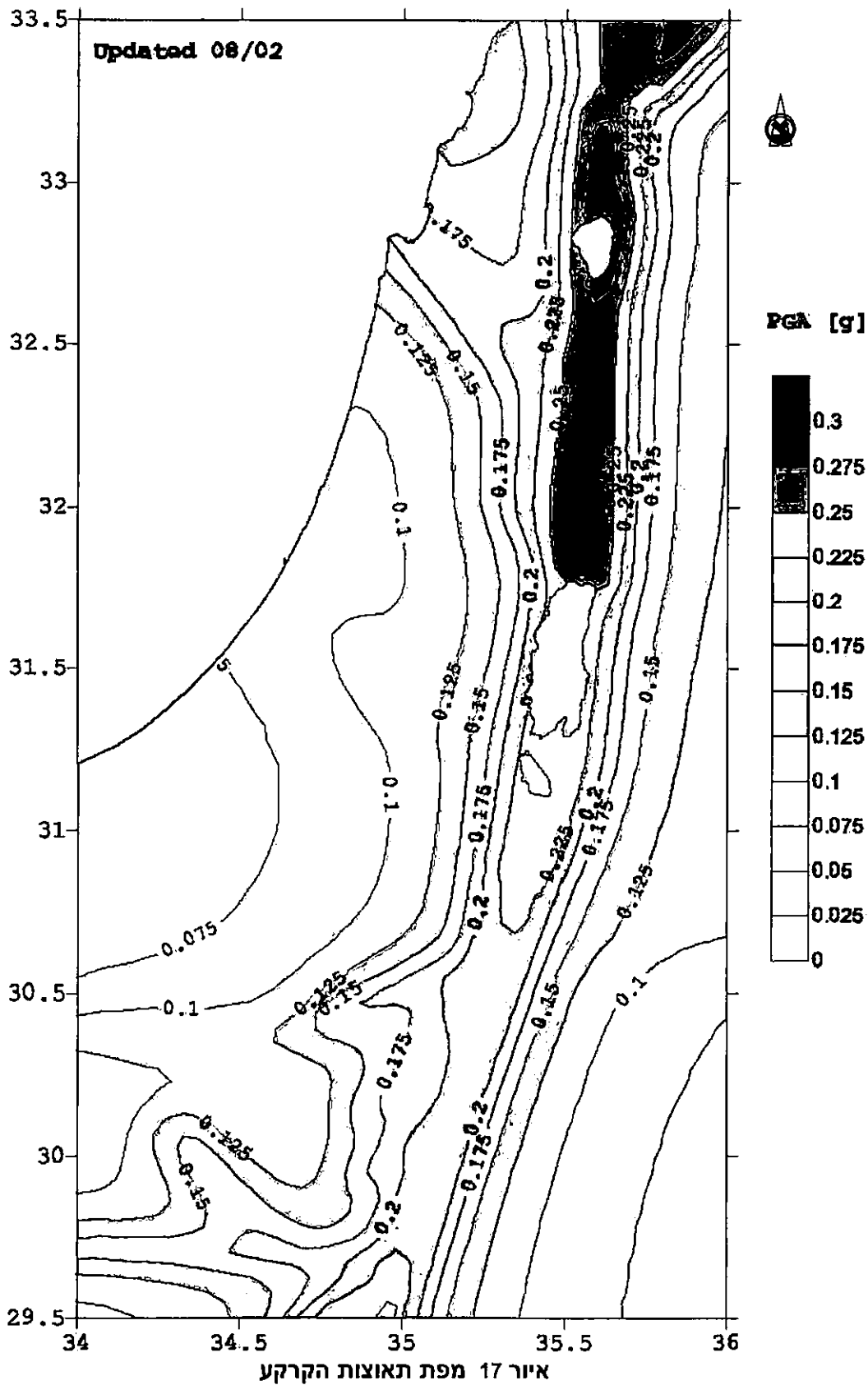


- 1- שכבת סלע (מסומנת אצל זלצמן וזסלבסקי)
- 2- שכבת חרס (מסומנת אצל זלצמן וזסלבסקי)
- 3- שכבת חרס (מסומנת אצל זלצמן וזסלבסקי)
- 4- שכבת חרס (מסומנת אצל זלצמן וזסלבסקי)
- 5- שכבת חרס (מסומנת אצל זלצמן וזסלבסקי)

חתך סכמטי המדגים צירופים אפשריים של יחידות גיאולוגיות בשפלה ובמישור החוף של ישראל, היוצרים החזרה הזקה של גלי רעידות אדמה ועלולים לגרום להגברה חריגה של תנודות הקרקע בזמן רעידת אדמה. המספרים מייצגים בקירוב את מהירות גלי גזירה ביחידות של מטר לשנייה. קו אדום עבה מציינ מחויר סיסמי עם יחס אימפדנס מוערך של 4 ויותר שועמקו בתחום העולה לגרום הגברה חריגה. איור זה טעד להתמשה בלבד ואין להשתמש בו לחישובי הגברה ללא סקר מפורט באתר הנחש.



איור 16 מפת אזורים סיסמוגניים



ב. ניתן לסייע לקביעת העובי על ידי ביצוע סקר גיאופיסי (רפרקציה) לרוחבו ולאורכו של האתר. הסקר הגיאופיסי ידרש לקבוע את מיקום ההעתקים הפעילים באזור ולאשר קביעת העובי הדרוש של הסחף. לחילופין ניתן להשען על המידע שפורסם שקובע כי עובי הסחף על גבי הסלע באזור הנדון נע בין מאות מ' לקמ' ספורים.

עבודתו של פריזלנדר קובעת כי, בקירוב, "עובי סדימנטים מעל התשתית" ממערב להעתק הערבה נע בין כ- 90-120 מ' (ראה איור 12). אין ספק שככל שמתקרבים למרכז עמק הערבה (מזרחה לשטח הברכות) עולה עובי הסדימנטים.

ג. 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 וליטה 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

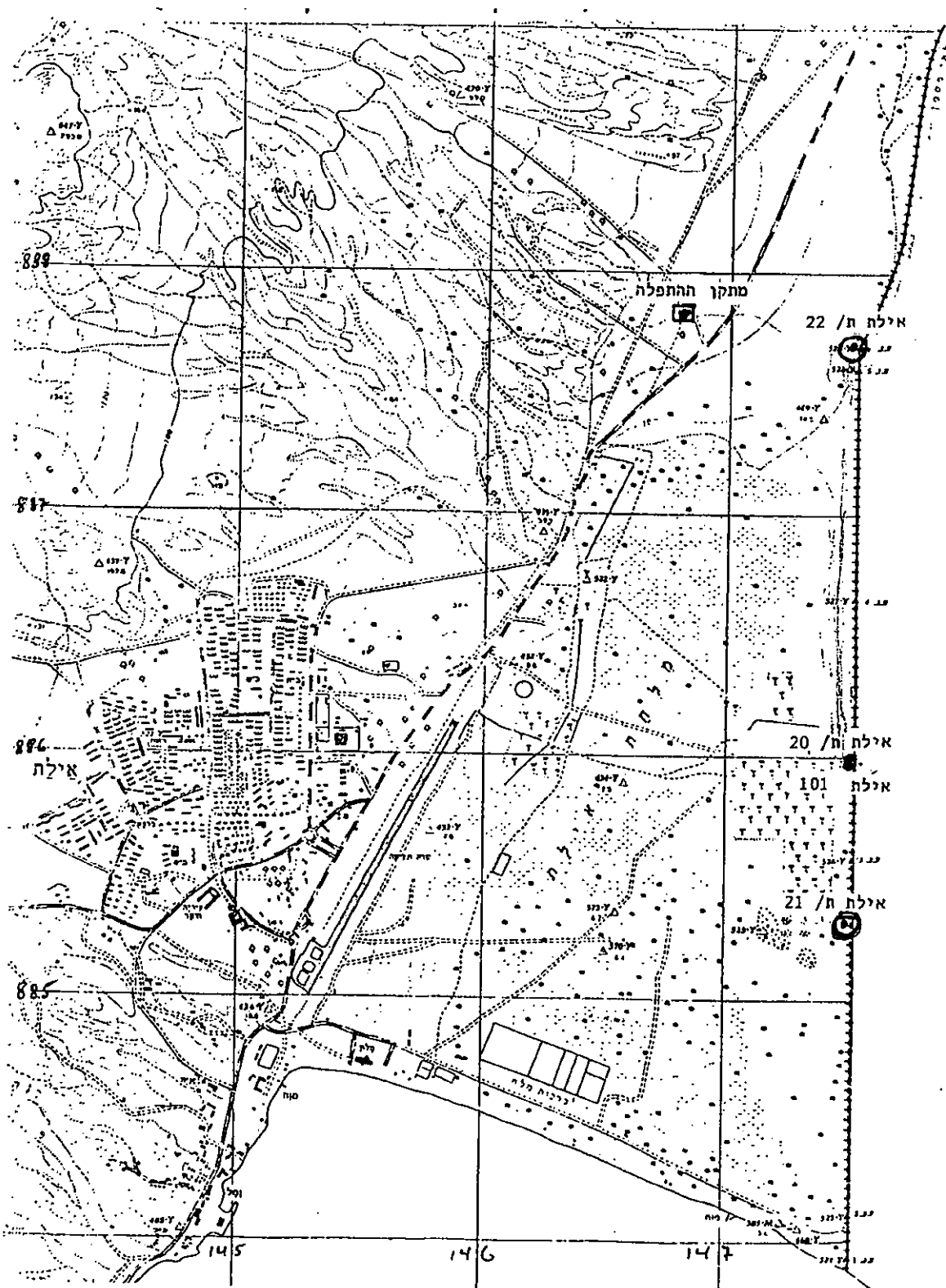
מקדם התאוצה (PGA) באילת הוא: $z=0.231$

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 סייסמי ובמקרה שלנו - הסחף), על גבי סלע חזק (שהוא בדרך כלל גם בעל צפיפות גבוהה ומהירות גבוהה של גל סייסמי).

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 השטח ולכן מוגדר האזור כ"חשוד בהגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה בבסיס" עקב תנאי שתית גיאולוגיים. (ראה איור 15). 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.



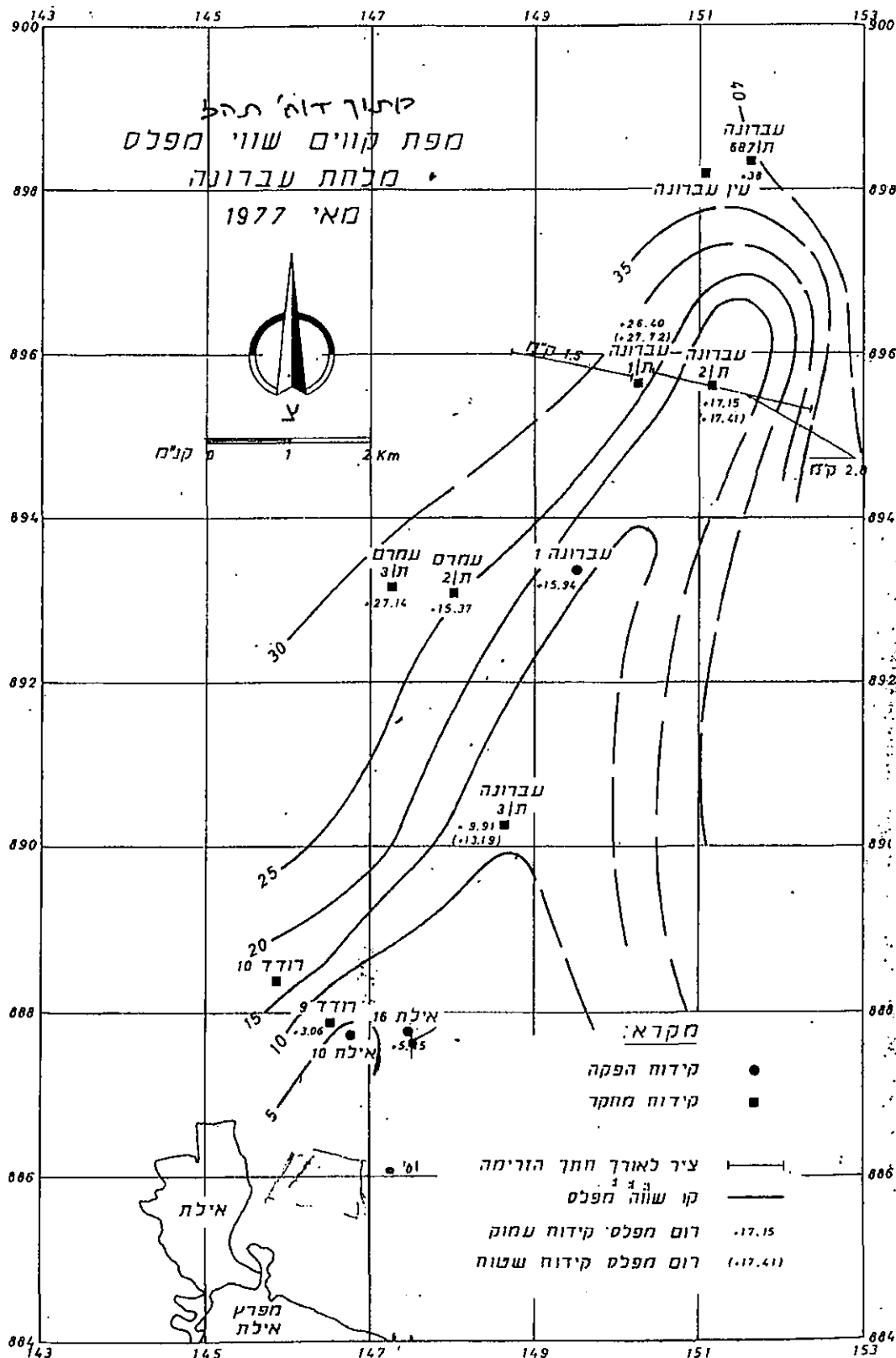
איור 18 מיקום קדוחים ממזרח לברכות המלח (תהל 1980)

DR. UZI SALTZMAN BOAZ SALTZMAN עדי זלצמן בעז זלצמן

ENGINEERING GEOLOGY & ROCK ENGINEERING

גיאולוגיה הנדסית והנדסת סלע

תרשים מס' 4



איור 19 מפת מיפליסי מי תהום (תהל 1977)

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 "חשוד בהגברה חריגה באגנים גיאולוגיים עמוקים וצרים".
האזור נמצא באזור הססמוגני של עמק הערבה. (איור 16)

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 מישורי ללא שיפועים. השיפועים היחידים הקיימים נוצרו בידי האדם בעת פיתוח האזור. למשל, תעלת ניקוז המפרידה בין האתר למפעלי יבוש המלח מצפון.

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

ו. מיקום שכבות חרסית ביחס לשכבות החול

ז. מאפיינים של רעידת האדמה

על פי הקידוחים המצויים באזור האתר מפלס המים, באזור האתר, ממוקם מטרים ספורים מפני השטח (איור 19). הנתונים מראים על פני מים גבוהים ברום $+1-1\frac{1}{2}$ מ' או $2\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$ מ' מתחת לפני השטח.

המגרש סמוך ללגונה מלאכותית שנחפרה המביאה את מי הים עד למגרש. פני המים אינם סטאטיים ויתקיימו שינויים עונתיים בשעור עשרות סמ' ספורים.

לאור האמור לעיל, על פי ממצאי הרשויות האזור בו מתוכנן האתר, קיימת סכנה של התנזלות. אם ימצא חול לא מלוכד, רווי במים. ידוע כי קיימות עדשות ושכבות חוליות אך הן אינן "נקיות" ויש בהן גם חרסיתות וגם שברי אבן בגדלים שונים. לכן, אין חשש מפני תופעות ליקויפקציה. ולכן פוטנציאל זה נמוך.

אף על פי כן מופנה תשומת הלב למצב בו ימצא חול לא מלוכד בקדוחי נסיון שאז יש לפעול בהתאם להנחיות הטיפול בחומר מסוכן שעובר התנזלות.

5.6. הופעת נחשול ים וצונאמי

רעידת אדמה (או גלישת מדרון יבשתי) אשר מרכזת 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 קלומטרים, 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. אין מכשול פיזי בין חוף הים לבין האתר הנסקר. גל הצונאמי, באם יופיע, יגיע ויפגע באתר הנסקר הנמצא בגבהים הטופוגרפיים של עד ל-5.5 מ' ובסמוך ללגונה שנחפרה.

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. אולם העתקים קיימים בסמיכות לאתר.

העתק הערבה ממוקם ממערב לשטח ברכות המלח. ייתכנו העתקי מישנה (או סדקים) הקיימים מתחת לאתר (כלומר, לפחות, בעומק העולה על 200 מ' מפני השטח).

נראה כי בעשרות-מאות השנים האחרונות, האתר לא הושפע מזעזועים סייסמיים (שהם תוצאות רעידות אדמה) שקרו באזורים מרוחקים מהאתר.

קיימת הערה של מציגי המפות עם ההעתקים הפעילים כי יש לבחון נוכחות העתקים מתחת לכיסוי קרקע/סחף. מאחר ומתכנני המפות הסרו מעצמם אחריות בדיוקה ובנוסף לא ניתנת על ידם הנחיות כיצד לבצע סקר לקביעת העתקים כאלה. מוצג בדו"ח זה פתרון מקובל על מהנדסי ביסוס ומבנה בישראל - שאינו מקובל על קובעי המדיניות.

לאור המצב הקיים מודגש כי 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 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 עלולה להביא להתמוטטות.

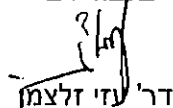
ה. התנזלות הקרקע

לא ידוע באזור האתר על קיום אופקי חול לא מהודק. פני המים באתר גבוהים וסמוכים לפני השטח. החומר בתת הקרקע רווי. פני המים באזור, נוע סביב 2½-1½ מ' מעל פני הים. קיימת סבירות להתפתחות תהליכי ליקוויפיקציה באתר. יש לבדוק נוכחות של חול לא מהודק בשכבות הרוויות שבתת הקרקע לפני אישור הבניה.

ו. נחשולים (צונאמי)

האתר ממוקם במפלסים נמוכים ובסמוך לקו חוף שנוצר בצורה מלאכותית ליצירת לגונה. קיימת סבירות גבוהה מאד כי האתר יפגע בעת אירוע צונאמי.

בכבוד רב


ד"ר עזי זלצמן