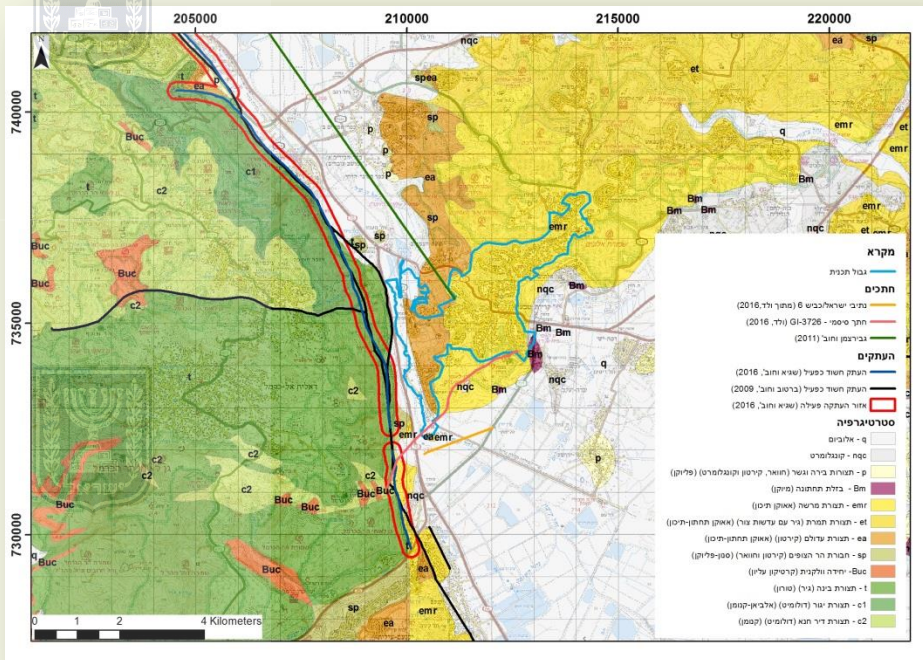




## יעוץ בנושא סיכוני רעידות אדמה

# סקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני עבור תכנית המתאר הכוללנית של קריית טבעון



## הוכן עבור:



יוני 2017

מס' פרויקט: PR17071





## עמוד

## תוכן


1. הקדמה ..... 1
  - 1.1. רקע ..... 1
  - 1.2. התנאים הגיאוגרפים והגיאולוגיים בתחום התכנית ובסביבתה ..... 1
  - 1.3. רקע טקטוני וסיסמי ..... 3
2. הערכת הסיכונים הסיסמיים באזור התכנית ..... 6
  - 2.1. קריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה על גבי העתק פעיל ..... 6
  - 2.2. תנאי השתית והגברת תנודות הקרקע ..... 8
    - 2.2.1. תאוצות אופקיות חזויות על פי ת"י 413 ..... 8
    - 2.2.2. הגברת שתית חריגה של התאוצות החזויות ..... 8
  - 2.3. גלישת קרקע ..... 10
  - 2.4. התנזלות ..... 11
  - 2.5. הצפת נחשול ימי (צונאמי) ..... 11
3. מסקנות והמלצות ..... 12
  - 3.1. סיכום ממצאי הבדיקה והמלצות ..... 12
  - 3.2. המלצות להנחיות להטמעה במסמכי התכנית ..... 13
4. מקורות ..... 14



## רשימת איורים

- 
- איור 1: מפת מיקום של תחום התכנית על רקע מפה טופוגרפית בקני"מ 50,000:1.....2
- איור 2: גבול התכנית על רקע מפה גיאולוגית בקני"מ 200,000:1.....2
- איור 3: חתך גיאולוגי בכיוון צפון - צפון מערב העובר בסמוך לתחום התכנית.....3
- איור 4: מיקום התכנית על גבי מפה מסכמת המציגה מיקום העתקים ממקורות מיפוי שונים....4
- איור 5: צומת העתקים ראשי באזור תל קשיש.....5
- איור 6: מיקום התכנית על גבי מפת העתקים ועדויות להעתקה לאורך רכס הכרמל.....7
- איור 7: גבול התכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות.....9
- איור 8: ספקטרום תאוצות לתכנון שחושב על פי מודל תת הקרקע של אזור התכנית.....10
- איור 9: גבול התכנית על רקע מפת רגישות לכשל מדרונות.....11

## רשימת טבלאות

- 
- טבלה 1: תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה עבור שתית סלעית.....8
- טבלה 2: טבלה מסכמת של השלכות ממצאי הבדיקה.....12

## 1. הקדמה

### 1.1. רקע

בהנחיות מנהלת מינהל התכנון מיום 10 באפריל 2014 נקבעו סוגי תכניות עבורן יש לבצע סקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני, במידה ותכניות אילו ממוקמות באזורי סיכון לפי הגדרתם בהנחיות.

מטרתו של הסקר היא שיפור בסיס הידע לצורך התחשבות בסיכוני רעידות אדמה בפריסת יעודי הקרקע בתכנית, והגדרת הבדיקות המפורטות הנדרשות בשלבי התכנון הבאים.

גורמי הסיכון אותם יש לבחון במסגרת הסקר הינם:

- א. קריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה
- ב. תנאי השתית והגברת תנודות קרקע
- ג. גלישות קרקע
- ד. התנזלות

כמו כן, מציינות ההנחיות כי באזורים המועדים להצפה מצונאמי רצוי להימנע ככל הניתן מייעוד שטחי קרקע חדשים של מבני ציבור המאכלסים קהל רחב כדוגמת בתי ספר וגני ילדים.

"תכנית המתאר הכוללת של קריית טבעון" ("התכנית", איור 1) כלולה בסוג התכניות המחויבות בסקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני (קטגוריה מס. 1 – תכניות מתאר כוללת בתחום אזור סיכון כמוגדר בהנחיות).

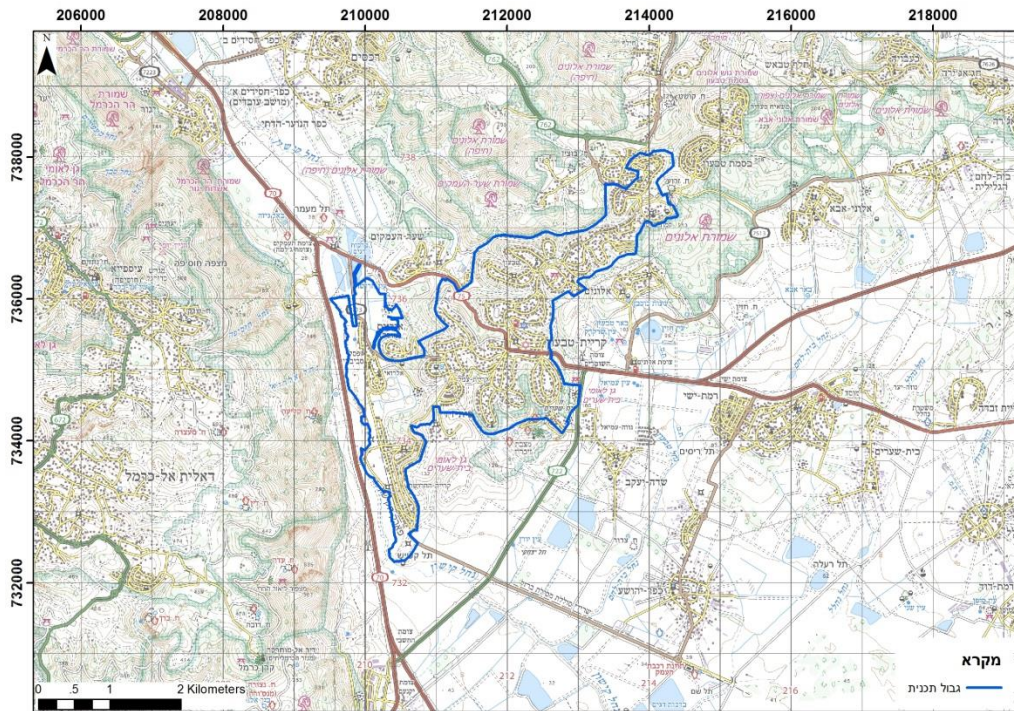
### 1.2. התנאים הגיאוגרפיים והגיאולוגיים בתחום התכנית ובסביבתה

תכנית המתאר הכוללת של קריית טבעון (איור 1) משתרעת לאורך ציר שכוונו צפון מזרח – דרום מערב, לאורך רכס שכוונו דומה ("רכס טבעון"). הטופוגרפיה במרבית תחום התכנית היא גבעית וכוללת שלוחות רבות. שוליה המערביים של התכנית משתרעים באזור מישורי לאורך ערוצו של נחל הקישון. בדומה לרכס עליו היא יושבת, התכנית משתפלת מרום של כ 200 מ' מעל פני הים בצפון מזרחה לרום של כ 20 מ' במערבה. ממערב לנחל הקישון מתנשא המתלול המזרחי של רכס הכרמל.

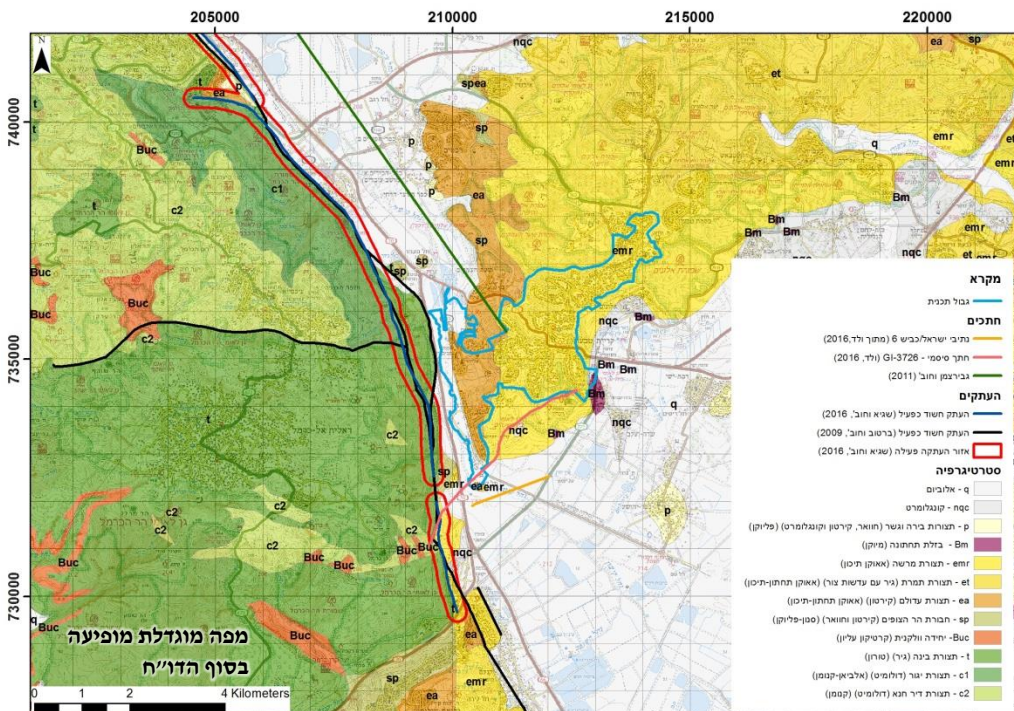
השתית הטבעית בתחום התכנית כוללת קירטון עם נוכחות אפשרית של עדשות צור מתצורת עדולם (מערב התכנית) וקירטון מתצורת מרשה (מרכז ומזרח התכנית), שתיהן שייכות לחבורת עבדת מגיל איאוקן (איור 2). באזור המישורי לאורך ערוצו של נחל קישון מכוסים פני השטח במשקעים אלוביאליים (הולוקן). על פי החתך הגיאולוגי באיור 3, עוביה של חבורת עבדת באזור התכנית עומד על כ 200. חתך הסלע שבבסיסה כולל את חבורות הר הצופים (קירטון, חוואר וגיר; סנון – פליאוקן) ויהודה (בעיקר גיר ודולומיט; קרטיקון עליון). טור סלעים זה משתפל צפון צפון מערבה, אל עמק



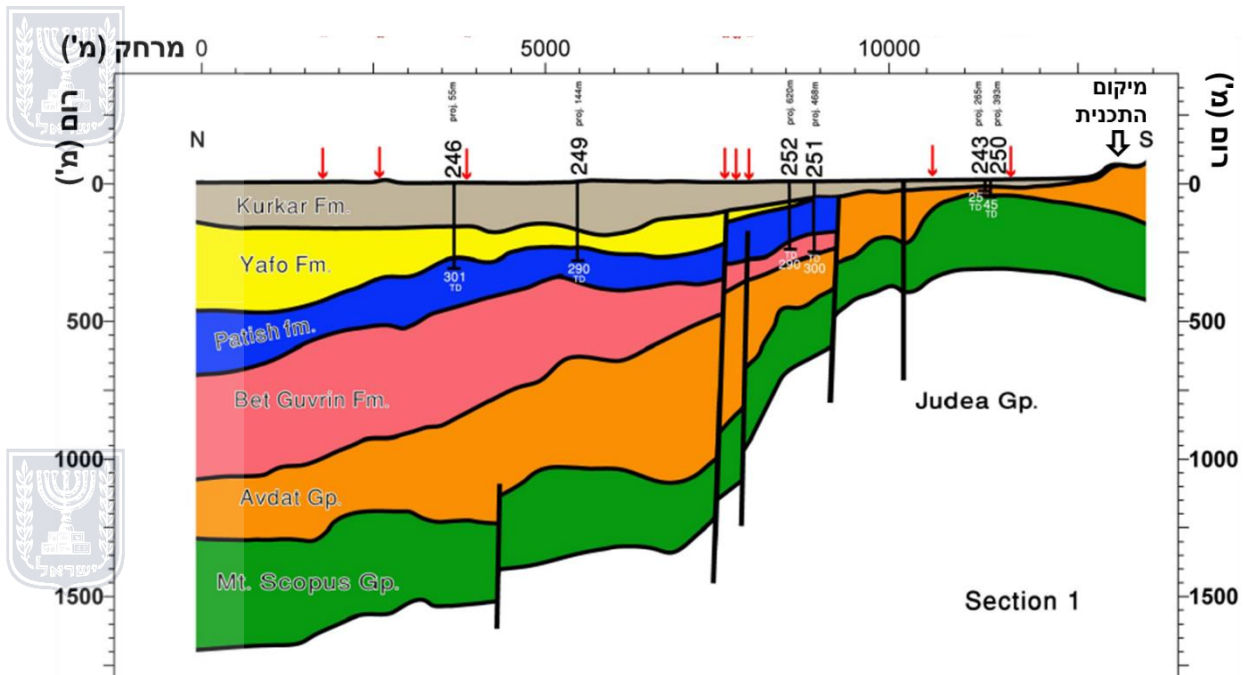
זבולון, דרך סדרה של כפיפות והעתקים נורמליים (איור 3). בשוליים הדרום מזרחיים של התכנית מופיעים מחשופים קטנים של בזלת תחתונה ושל קונגלומרט ניאוגני.



איור 1: מפת מיקום של תחום התכנית על רקע מפה טופוגרפית בק"מ 1:50,000.



איור 2: גבול התכנית על רקע מפה גיאולוגית בק"מ 1:200,000 (Sneh et al., 1997). העתקים חשודים כפועלים (ברטוב וחוב, 2009) מוצגים על מנת להבליט את מיקום ההעתק לאורך שולי רכס הכרמל. חתיכים גיאולוגיים מופיעים באיור 3 ובאיור 5.



איור 3: חתך גיאולוגי בכוון צפון - צפון מערב העובר בסמוך לתחום התכנית (אחרי גבירצמן וחוב', 2011); מיקום החתך באיור 2.

### 1.3. רקע טקטוני וסיסימי

איור 4 מציג את מיקומה של תכנית המתאר של טבעון על גבי מפה מסכמת של מיפוי העתקים ממקורות שונים (ולד, 2016) בצירוף מוקדי רעידות אדמה מקטלוג המכון הגיאופיזי. התכנית ממוקמת בשוליים הדרומיים של גבעות הגליל התחתון המערבי, ולאורך המיצר המחבר בין עמק זבולון לעמק יזרעאל.

המקור הסיסמוגני הקרוב ביותר אל התכנית הוא העתק הכרמל (מופיע כהעתק יגור באיור 4), שאחד מענפיו נושק לגבולה המזרחי (מופיע באיור 2 כ"העתק חשוד כפעיל" על פי ברטוב וחוב', 2009). על פי מדידות עדכניות, להעתק זה קצב תנועה שנתי שמאלי אופקי ואנכי של 0.7 מ"מ ו 0.6 מ"מ, בהתאמה (Sadeh et al., 2012). להעתק אזור גזירה רחב הבא לידי ביטוי בקיומם של העתקי מישנה רבים ופעילות סיסמית המתפרשת לאורך ההעתק על פני אזור שרוחבו כ 10 קמ' (Shamir, 2007). בקע ים המלח, המקור לרעידות האדמה הגדולות והתכופות באזורינו, נמצא כ 40 קמ' ממזרח לתכנית.

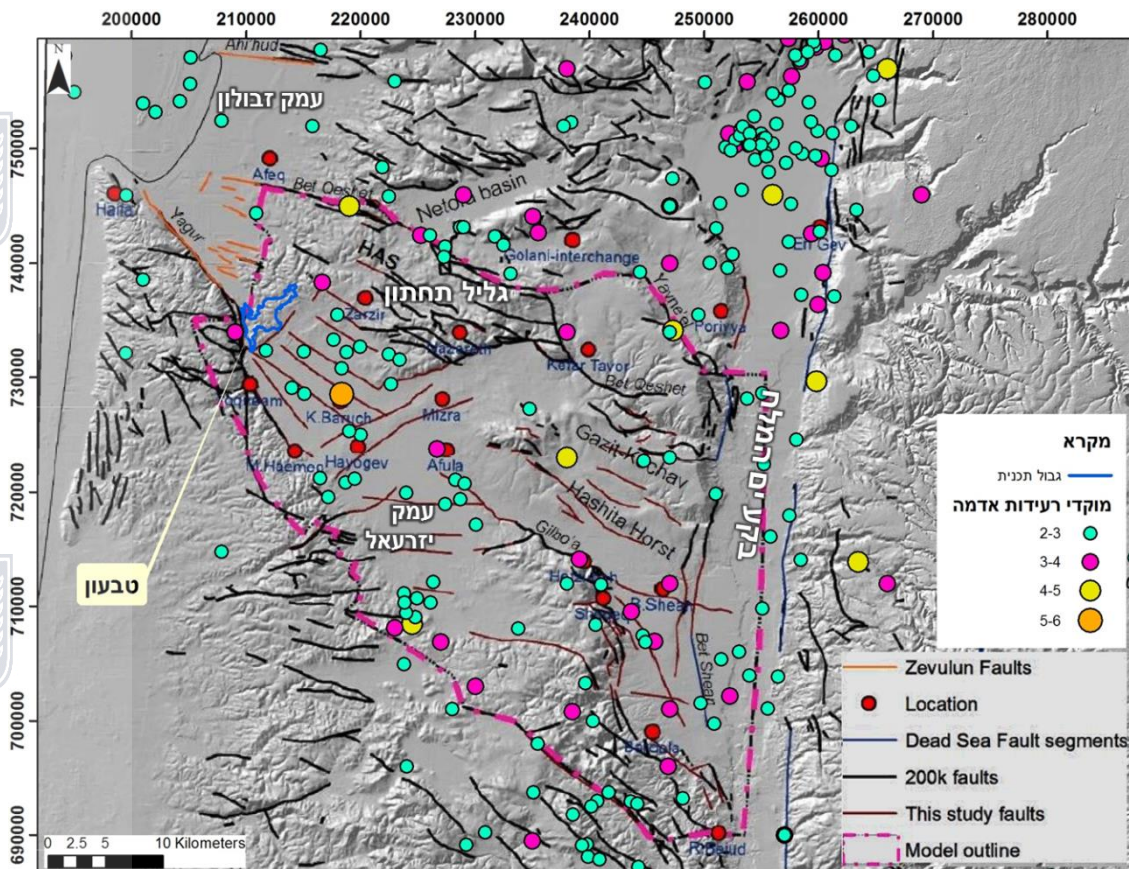
רכס טבעון עליו ממוקמת התכנית נטוע במערבו של אזור העמקים הכולל מערכת שבירה צפופה המציגה עדויות רבות לפעילות גזירה אנכית ואופקית בפליקון-פלייסטוקן, ובמקומות גם עדויות לפעילות ניאוטקטונית (ולד, 2016; חלק מההעתקים המסומנים בחום באיור 4). רכס טבעון התרומם ביחס לעמק יזרעאל לאורך העתק שדה יעקב (העתק בכוון צפון מזרח המופיע ממזרח לתכנית באיור 4), והוא מוגבל ממערבו על ידי העתק הכרמל. מצידו הצפוני-מערבי של הרכס, בעמק





זבולון, קיימת מערכת מפותחת של העתקים, רובם זוהו בתת הקרקע. ביטוי להעתקים שכוונם הכללי צפון-דרום במערכת זו מופיע גם בחתך שבאיור 3.

הפעילות הסיסמית באזור התכנית דלילה, אולם היא מעידה על מעוות המתרחש בימינו על מערכות ההעתקים המקיפים את התכנית. ממזרח לתכנית מופיע צבר של רעידות אדמה. הגדולה שבהן (נקודה כתומה באיור 4) בגודל  $M_L=5.3$  התרחשה ב-24.8.1984; זוהי רעידת האדמה החזקה ביותר שנרשמה מכשירנית בצפון ישראל מחוץ לבקע ים המלח.



איור 4: מיקום התכנית על גבי מפה מסכמת המציגה מיקום העתקים ממקורות מיפוי שונים (ולד, 2016) בצירוף מוקדי רעידות אדמה מקטלוג המכון הגיאופיזי. התכנית ממוקמת בסמיכות להעתק הכרמל ובין מערכות ההעתקים הצפופות של מערב הגליל התחתון ועמק זבולון.

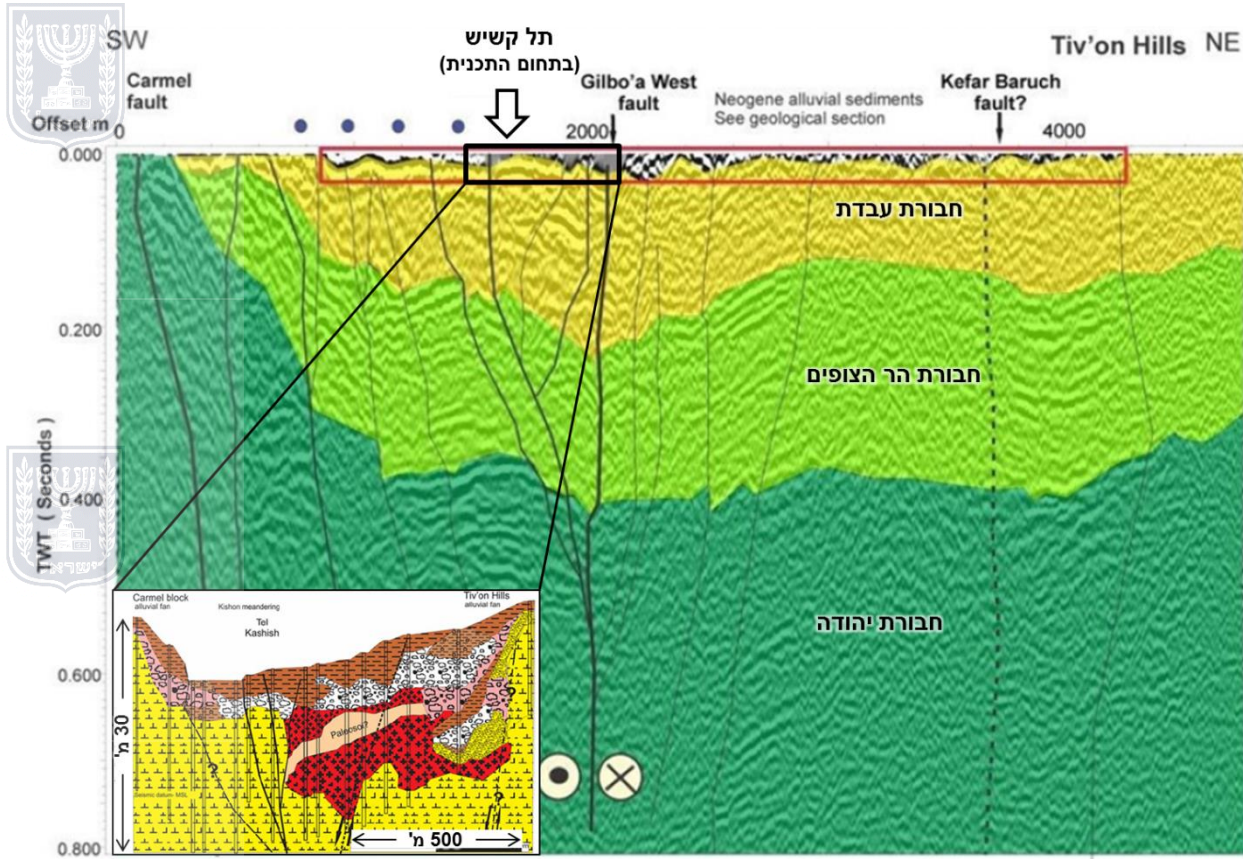


על סמך ניתוח מידע מקידוחים ומסקרים גיאופיזיים, הציעה ולד (2016) כי אזור תל קשיש בחלקה הדרומי של התכנית הוא צומת בו נפגשים העתקים ראשיים – ובראשם העתקי הגילבוע והכרמל (איור 5). לאורך העתק הגילבוע התרחשה הגזירה העיקרית של אזור העמקים בפליוקן-פלייסטוקן, והחתך הגיאולוגי הרדוד באיור 5 מראה כי העתק הגילבוע באזור זה מעתיק יחידות צעירות במגמה אופקית דומיננטית. לא ברור עד לאן חופף אזור גזירה זה את תחום התכנית.

באזור רכס טבעון מתרחשת ירידה חדה כלפי צפון מערב בשכיחות מוקדי רעידות האדמה, ויתכן בהתאם כי זהו אזור מעבר בין שני מקטעי העתק/אזור השתרעות של קרעי רעידות אדמה.



תכנית 306-0465591 11/07/2017 16:37:14 נספח סקר סיימי נספח סיימי



איור 5: צומת העתקים ראשי באזור תל קשיש (אחרי ולד, 2016). חתך סיימי GI-3726 (מיקום באיור 2). העתקי כרמל, גלבע וענפיהם מהווים אזור מעוות ראשי סמוך לתל קשיש, בכניסה למעבר הצר (פחות מ-1 ק"מ) שבין בלוק הכרמל לבין רכס טבעון. במסגרת הקטנה: חתך גיאולוגי רדוד מתוך עבודות נתיבי ישראל/כביש 6 באזור זה (מיקום באיור 2) – צהוב: חבורת עבדת. אדום: בזלת תחתונה. ורוד, לבן וחום: יחידות אלוביאליות ניאוגניות עד עכשוויות. באזור זה העתק הגילבע גוזר את תת הקרקע הרדוד במגמה אופקית דומיננטית.





## 2. הערכת הסיכונים הסיסמיים באזור התכנית

### 2.1. קריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה על גבי העתק פעיל

פעילות סיסמית (רעידת אדמה) על גבי העתקים באה לידי ביטוי בין היתר בתנועה יחסית של הסלעים משני צידי ההעתק תוך כדי סידוק, ריסוק וקריעת סלע. כאשר פעילות זו מצטלבת עם פני השטח מתרחש מעוות היכול להוביל להרס של מבנים הממוקמים על גבי ההעתק או בתחום רצועת הגזירה שלו (שעוביה האפשרי הוא עד מס' מאות מטרים מכל צד של ההעתק).

על פי המפה התיקנית של ת"י 413 לנושא הסיכון מקריעת פני שטח (שגיא וחובי, 2016) אין בתחום התכנית העתקים פעילים / חשודים כפעילים (איור 2<sup>1</sup>), אם כי גבולה המערבי מרוחק במינימום כ-200 מ' מאזור ההעתקה הפעילה של ענף העתק הכרמל המוגדר כ'חשוד כפעיל'. בהתאם לכך אין בתחום התכנית הגבלות בניה תיקניות בכל הנוגע לקריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה.

עם זאת, יש להדגיש את קירבתה של התכנית להעתקים פעילים/חשודים, והעתקים ניאוטקטוניים אחרים בעלי פוטנציאל לפעילות שתכלול בין היתר קריעה של פני השטח. ענף העתק הכרמל הקרוב ביותר לתכנית, המוגדר כ'חשוד כפעיל' במפה התיקנית הקודמת לנושא קריעת פני שטח (ברטוב וחובי, 2009) לא עמד בקריטריונים של המפה החדשה (שגיא וחובי, 2016) ולכן לא נכלל בה. עם זאת, הוא מהווה גבול גיאולוגי ברור והשינוי הטופוגרפי החד לאורכו מעיד על השתתפותו הפעילה בעיצוב הנוף המקומי. להערכתנו, לאורך ענף העתק זה הנושק לגבולה המערבי של התכנית, מתרחשת העתקה פעילה.

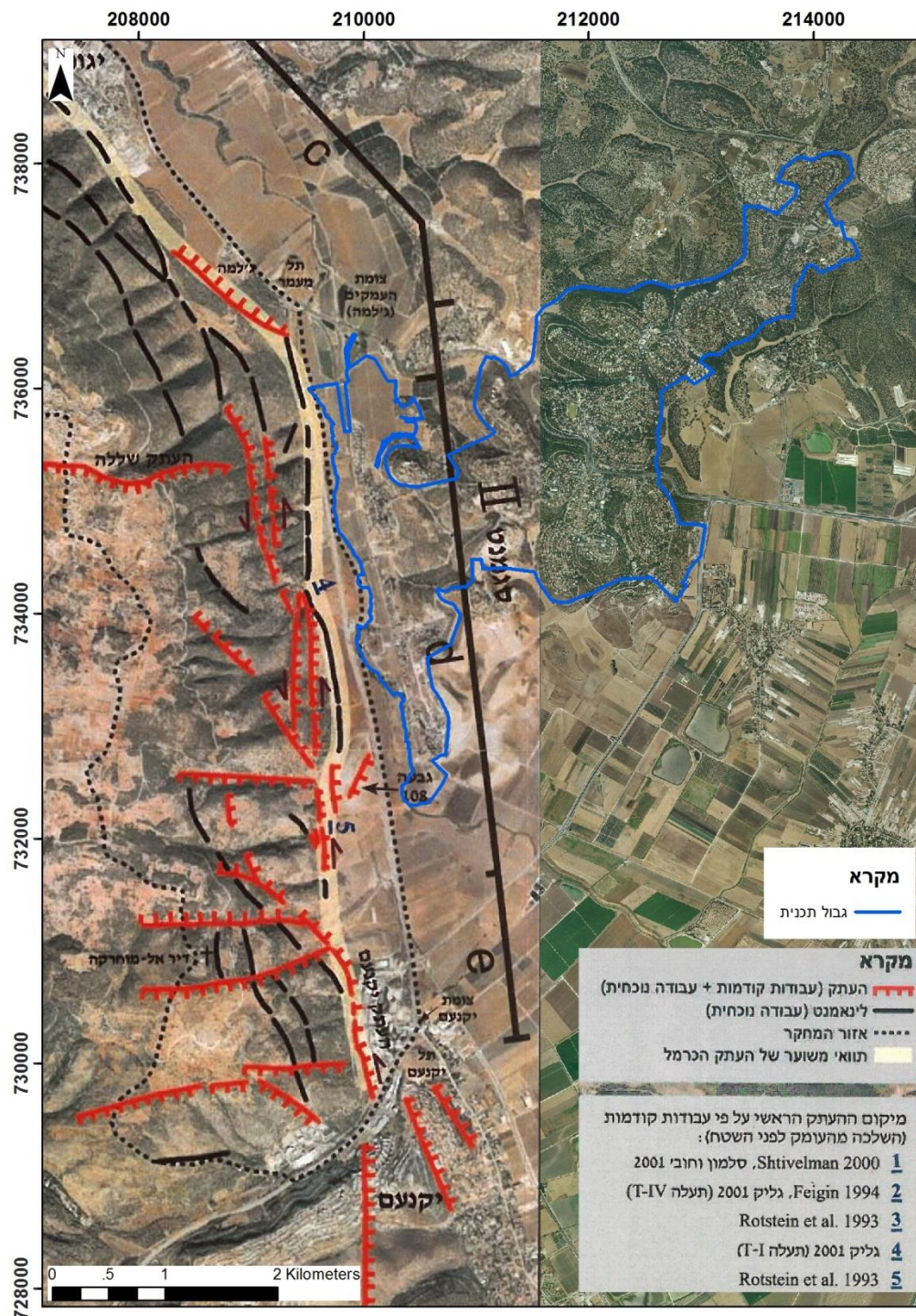
איור 6 מראה כי תחום התכנית אכן גובל באזור בו מופו העתקים וליניאמנטים החשודים כהעתקים לאורך החזית המזרחית של רכס הכרמל (אשקר-חלאק, 2009). החשיפה של העתק הכרמל וענפיו לאורך חזית זו הינה מוגבלת, בין היתר כתוצאה מהפרה של פני השטח. היעדר ליניאמנטים ממזרח לתוואי שמופה בתת הקרקע/תעלות/מיפוי מורפולוגי נובע ככל הנראה ממגבלות של חשיפה ומידע, ומאחר וגבול אזור המחקר עובר ממערב לגבול התכנית. בהחלט יתכן כי העתקים קיימים גם ממזרח לגבול המחקר באזור זה. בהתאם לקריטריונים הנוקשים עליהם היא מתבססת, מפת ההעתקים הפעילים/חשודים (שגיא וחובי, 2016; איור 2) מספקת באזור זה מידע חלקי בלבד לגבי פריסת הסיכון מהעתקה פעילה.

בנוסף להעתק הכרמל, קיימות בתחום התכנית ובסביבתה מערכות העתקים נוספות שיתכן ומתרחשת עליהן פעילות ניאוטקטונית. דוגמא לכך היא העתק הגילבוע על אזור הנזק הרחב שלו וענפי המישנה הרבים (איור 5), וכאמור, מערכות השבירה הצפופות המופיעות בקירבת התכנית באיור 4. על אף היעדר העתקים "תיקניים" בתחום התכנית, מיקומה בלב אזור המוקף במספר

<sup>1</sup> השוני בתוואי הענף הראשי של ההעתק באיור 2 בין המיפוי של ברטוב וחובי (2009) למיפוי של שגיא וחובי (2016) נובע בין היתר מהשוני בקנה המידה של המפות: 1:200,000 ו 1:50,000, בהתאמה.



מערכות שבירה שעל חלקן נראים סימנים לפעילות צעירה מחייב התייחסות בשלבי תכנון וביצוע של פיתוח ובינוי.



איור 6: מיקום התכנית על גבי מפת העתקים ועדייות להעתקה לאורך החזית המזרחית של רכס הכרמל (אחרי אשקאר-חלאק, 2009).





## 2.2. תנאי השתת והגברת תנודות הקרקע

### 2.2.1. תאוצות אופקיות חזויות על פי ת"י 413

התכנית ממוקמת כאמור באזור בו מתרחשת פעילות סיסמית דלילה, בסמוך להעתק הכרמל בעל פוטנציאל לרעידות אדמה בגודל של עד  $M=7$  (דייויס ודור, 2014). בצירוף תרומתו של בקע ים המלח ומקורות סיסמוגניים נוספים לסיכון הסיסמי, תנודות הקרקע הצפויות בתכנית על פי ניתוח הסתברותי מראה פוטנציאל לתנודות קרקע משמעותיות באופן התכנוני (ת"י 413; קלר וחובי, 2011).



טבלה 1 מציגה את תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בקריית טבעון בזמני חזרה שונים עבור שתית סלעית (סוג קרקע B) על פי רשימת המקדמים הסיסמיים עבור ישובים, הנלוות לגיליון תיקון 5 לתקן ישראלי 413 (קלר וחובי, 2011). תאוצת התכן עבור בניה סטנדרטית נקבעת לפי רעידת אדמה שזמן חזרתה 475 שנה.

טבלה 1: תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בקריית טבעון עבור שתית סלעית כתלות בזמן חזרה של רעידת אדמה (קלר וחובי, 2011).

זמן חזרה (שנים)	הסתברות להתרחשות (% ב 50 שנה)	PGA (g)
475	10	0.14
975	5	0.19
2475	2	0.28



יש לציין כי תנודות הקרקע שיתרחשו בתחום התכנית במקרה של רעידות אדמה גדולה על העתק הכרמל צפויות להיות גבוהות משמעותית מהתאוצה הצפויה עבור רעידת התכן לבנייה סטנדרטית (0.14g). הקירבה להעתק מחייבת התייחסות גם לערך הדטרמיניסטי של תאוצה כתוצאה מרעידת אדמה גדולה לצורך תכנון של מתקנים רגישים/חומרים מסוכנים.



### 2.2.2. הגברת שתית חריגה של התאוצות החזויות

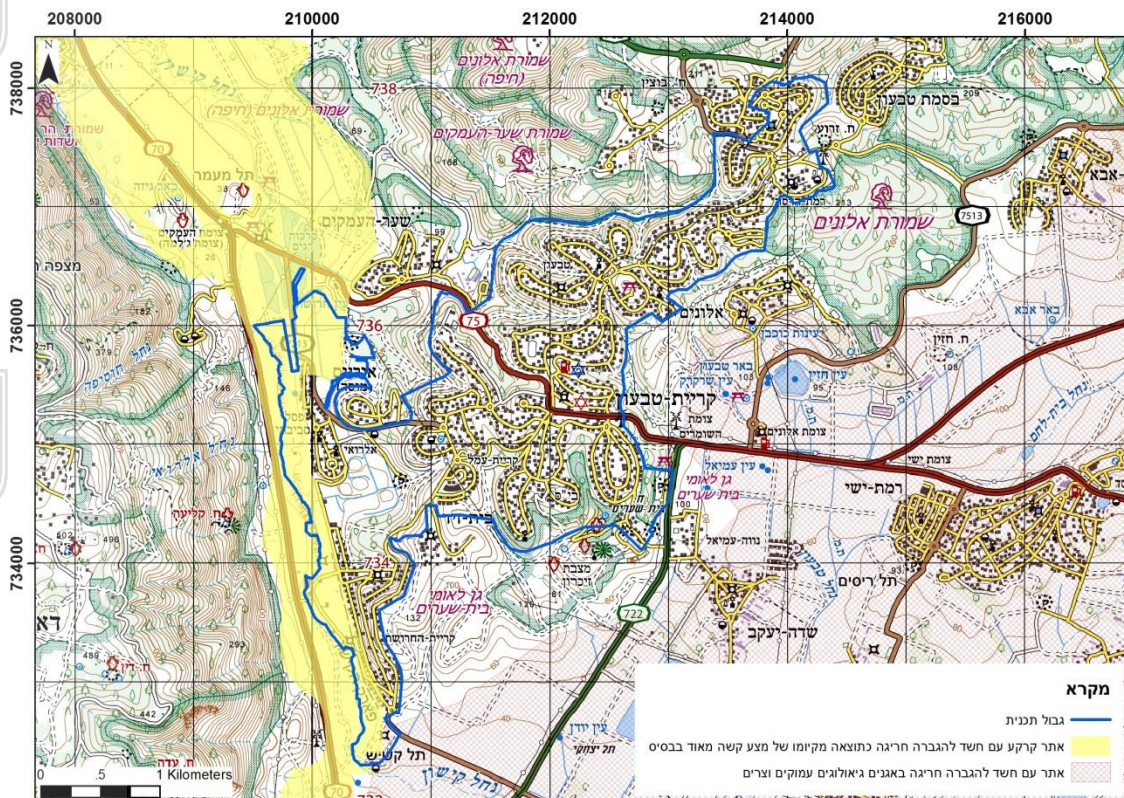
בזמן רעידת אדמה, תאוצות הקרקע החזויות עבור תשתית סלעית קשה עלולות להיות מוגברות במעבר אל היחידות הרכות שמעליהן עקב ירידה חדה במהירות הגלים, ולעבור החזרה והגברה נוספת כתוצאה מכליאת הגלים הסיסמיים בגבולות אגן סגור שקירותיו קשיחים (למשל על ידי העתקים המפרידים חומר מילוי רך באגן מהסלעים התוחמים אותו). ההגברה עשויה להעלות משמעותית את ערך התאוצה בפני השטח ביחס לערכה בגב הסלע הקשה בעומק.





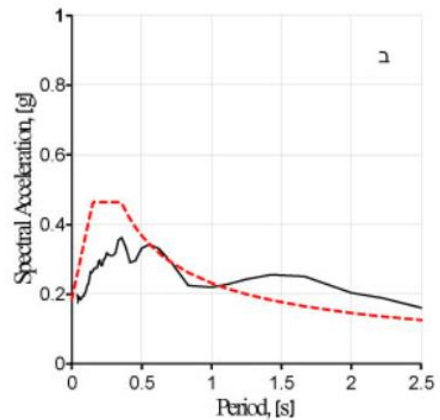
איור 7 מראה את התכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009). על פי הקריטריונים שנקבעו במפה זו, צפויה בתחום התכנית הגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה מאוד בבסיס בחלקה המערבי של התכנית. זהו האזור הנמצא בפשט ההצפה ובשוליו של נחל הקישון, והוא חופף לאזור במפה הגיאולוגית (איור 2) בו מופיע אלוביום (החפיפה המלאה נובעת מכך שמפה גיאולוגית זו היא חלק מבסיס הנתונים לפיו הוכנה מפת הסיכון להגברה חריגה). ההגברה באזור זה נובעת מהמגע בין האלוביום לבין הסלעים הקשים (קרבוניטיים ואחרים) עליהם הוא מונח.

בשאר התכנית לא צפויה הגברה מאחר והיא ממוקמת באתר סלע קשה. המחזיר בעל הפרטנציאל ההגברה המשמעותי באזור זה – גג חבורת יהודה, נמצא באזור התכנית בעומק רב (500 מ', איור 3) ולכן אינו גורם להגברה בסביבתה.



איור 7: גבול התכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009).

סקר מיקרוזונציה שבוצע באזור התכנית (Zaslavsky et al., 2008), במסגרתו חושבה תגובת האתר על סמך מדידות גיאופיזיות, מצביע גם הוא על היעדר הגברה באזור התכנית בהתאם לתחזית במפת הסיכון שבאיור 7. ספקטרום התגובה לתכנון על פי ת"י 413 ועל פי ממצאי הסקר מוצג באיור 8. הספקטרום שחושב במסגרת הסקר נמוך או דומה לספקטרום של ת"י 413 עד זמן מחזור של שניה. מגמה זו מתחלפת מעל זמן מחזור של שנייה. נראה אם כך שהשתית הסלעית באזור התכנית גורמת דווקא להנחתה של תנודות הקרקע בזמני מחזור קצרים.



איור 8: בשחור: ספקטרום תאוצות לתכנון שחושב על פי מודל תת הקרקע של אזור התכנית במסגרת סקר המיקרוזונציה; באדום מקווקו: כפי שהוערך על פי ת"י 413 עבור סוג הקרקע באתר הנבדק. איור מתוך Zaslavsky et al. (2008). הערה: את ספקטרום התכנון לפי ת"י 413 יש לחשב באמצעות גליון החישוב/המקדמים המתאימים המצורפים לתקן, ולא על סמך צורתו באיור זה.

## 2.3. גלישת קרקע

גלישת קרקע מתרחשת כאשר מסת סלע/קרקע מתנתקת מסביבתה לאורך מישור גזירה וגולשת במורד מדרון כתגובה לכוח הכבידה. אירועי גלישה רבים מתרחשים כתגובה למעבר גלים סיסמיים בזמן רעידת אדמה והחלשת מישורי הכניעה. במקרים רבים מסת הסלע הגולשת עוברת מעוות הפוגע במבנה הפנימי שלה. מבנה הממוקם על גבי מסת סלע הגולשת כתגובה לרעידת אדמה צפוי, במקרים רבים, לעבור הרס קטסטרופלי.



כך ואלמוג (2006) פיתחו שיטה להערכת רגישות השתית לגלישת מדרון. לפי שיטתם, הרגישות תלויה בסוג המסלע, במבנה הגיאולוגי (נטיית סלע הבסיס) ובנטיית המדרון. לפי שיטתם של כך ואלמוג (2006), שיפוע של פחות מ  $5^\circ$  מוגדר כשיפוע זניח בו אין רגישות לכשל מדרון עבור כל סוגי הסלעים.

איור 9 מציג את שטח התכנית על גבי מפת רגישות לכשל מדרונות (כך ואלמוג, 2006). על פי איור זה קיימת סכנת גלישת מדרון בדרגה נמוכה-בינונית לאורך מדרונותיהן של רבות מהשלוחות בתחום התכנית, וסכנה בינונית גבוהה לאורך מספר מדרונות בחלקה הצפוני-מרכזי.



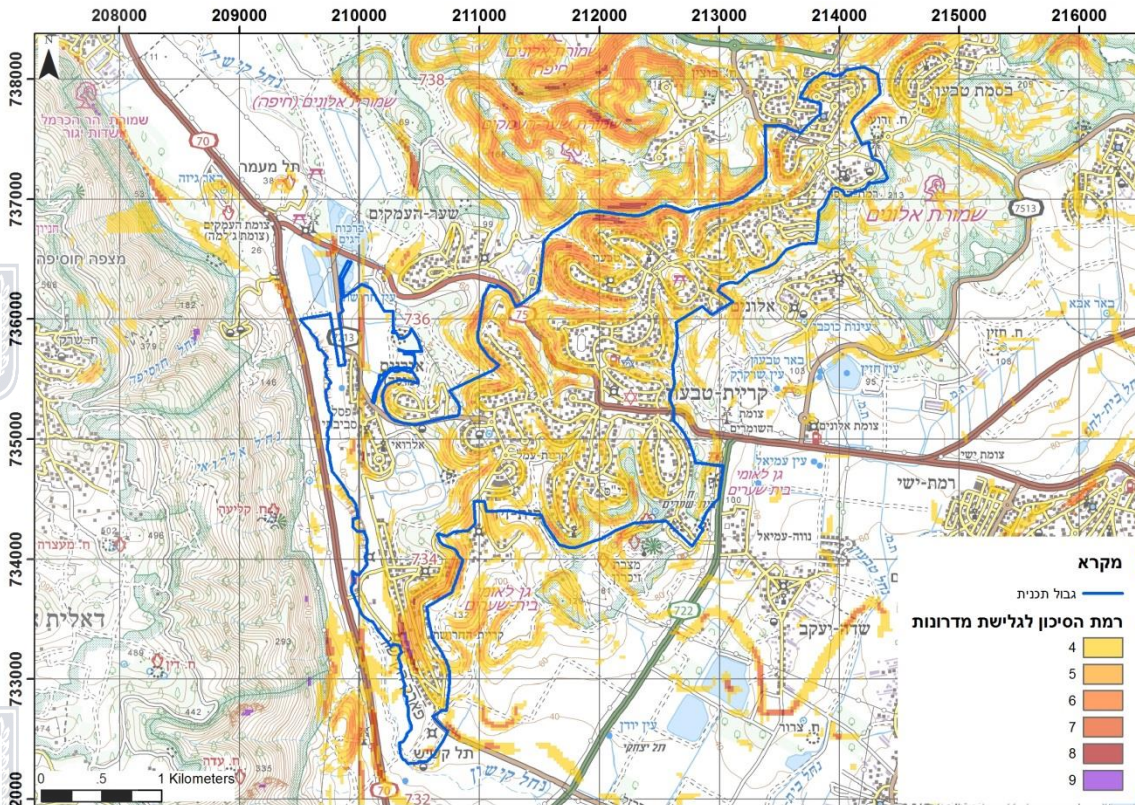
חשוב להדגיש כי קנה המידה של מפת הרגישות לכשל מדרון הינה 1:200,000, והיא מבוססת על חיתוך של מספר מאגרי מידע בקני"מ שונים, בין היתר מפה גיאולוגית בקני"מ של 1:200,000 (Sneh et al., 1997; איור 2) ומפה טופוגרפית בקני"מ 1:50,000. יש להתייחס לסימון כאל אינדיקציה כללית לקיומו של סיכון באזור מסויים.

קביעת דרגת הסיכון היחסית בתחום התכנית: דרגת הסיכון נקבעת לפי שלושה מרכיבים - שיפוע המדרון, חוזק הסלע, ושיפוע המיבנה (בעיקר נטיית השיכוב). על סמך המפות והחתכים ברמת ההפרדה האזורית עליהם מבוסס דו"ח זה, בסוג הסלע ושיפוע השיכוב אין שינויים משמעותיים ברחבי התכנית. השינויים בדרגת הסיכון היחסית ברחבי התכנית נובעים אם כך בראש ובראשונה משינויים מרחביים בשיפוע המדרון.





לאור קירבתה של התכנית להעתק הכרמל, ומפאת הסיכוי לתאוצות קרקע גבוהות בתחומה במקרה של רעידת אדמה על העתק זה, יש להקפיד על יישום אמצעי ייצוב מדרון מתאימים ברחבי התכנית ובפרט על גבי מדרונות ששיפועם גדול מ-10° (ערך תחתון עבור סלע זה על פי כץ ואלמוג, 2006).



איור 9: גבול התכנית על רקע מפת רגישות לכשל מדרונות (מתוך כץ וחובי, 2006). סקאלת הצבעים מתייחסת למקרא בפינה הימנית התחתונה, סולם דרגת הרגישות הינו יחסי.

## 2.4. התנזלות

התנזלות קרקע מתרחשת כאשר גלים סיסמיים בעלי רמת תאוצה העוברת סף קריטי מתקדמים בקרקע בעלת מבנה גריגרי-נקבובי לא מלוכד, רוויה במים. כאשר תנודות הקרקע מעלות משמעותית את לחץ הנוזל בנקבים הקרקע מאבדת מהחוזק שלה ומתנהגת כנוזל, כלומר אינה יכולה לתמוך במבנים המבוססים בתוכה. פוטנציאל התנזלות קרקע קיים באזורים בהם קיימים אופקי משקעים חוליים או חוליים-טיניים ומפלס מי התהום מצוי ברום הרדוד מ-20 מטר מתחת לפני השטח (סלומון וחובי, 2008).

השתית הגיאולוגית בתחום התכנית היא סלעית (קירטון), והקרקעות המתפתחות על גבה אינן רגישות להתנזלות. הסיכון להתנזלות בתחום התכנית הוא אם כן זניח.

## 2.5. הצפת נחשול ימי (צונאמי)

תחום התכנית ממוקם טופוגרפית גבוה ובמרחק ניכר מהים, כך שלא מתקיימת בו סכנת צונאמי.





### 3. מסקנות והמלצות

#### 3.1. סיכום ממצאי הבדיקה והמלצות

מפות הסיכון הלאומיות מצביעות על היעדר סיכון בכל/רוב תחום התכנית (העתקים, הגברה חריגה) או סיכון בינוני-נמוך ברוב תחום התכנית (גלישות). התמונה העולה ממפות אילו מטעה, ואינה משקפת את מיקומה של התכנית בסמיכות מיידית להעתק סיסמוגני משמעותי – העתק הכרמל, ובאזור הכולל מערכת צפופה של העתקים השייכים למערכות טקטוניות שחלקן פעילות.

גורמי הסיכון שעבורם מתקיימים תנאים המחייבים התייחסות בשלבי התכנון והרישוי הינם: קריעת פני שטח, תאוצות קרקע גבוהות וגלישת מדרונות. טבלה 2 להלן מסכמת את ההשלכות וההמלצות הנוגעות לכל אחד מגורמי הסיכון.

טבלה 2 : טבלה מסכמת של השלכות ממצאי הבדיקה.

גורם סיכון	המלצות לתכנון בשלב התכניות המפורטות	המלצות לתכנון הנדסי בשלב היתרי הבניה וביצוע
תאוצות קרקע		<ul style="list-style-type: none"> <li>• תכן סיסמי הנדסי בהתאם למקדמים בת"י 413 ולפי התנאים הגיאוטכניים בתחום ההיתר.</li> <li>• באזור החשוד בהגברה חריגה: תכן הנדסי עבור מבנים קולטי קהל בהיקפים משמעותיים ו/או מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה יתבצע בהתאם לסקר תגובת אתר מסויים.</li> <li>• בתכנון של תשתיות רגישות שכשל שלהן עשוי לפגוע בחיי אדם (מיכלי חומרים מסוכנים, קווי גז וכיו"ב) בכל רחבי התכנית יש להתאים את התכן הסיסמי להסתברות של 2% ב 50 שנה (טבלה 1) ו/או לפי ערך התאוצה הדטרמיניסטי כתוצאה מרעידת אדמה מקסימלית על העתק הכרמל.</li> </ul>
קריעת פני שטח	תכנית מפורטת בתחום התכנית עבור מבנים לאיכלוס או שהיית אנשים ו/או עבור תשתיות רגישות שכשל שלהן עשוי לפגוע בחיי אדם במרחק של עד 300 מ' ממזרח לכביש 70 תחוייב בחוות דעת גיאולוג לגבי מיקום העתקים בעלי פוטנציאל לקריעת פני שטח בתחום התכנית. במידת הצורך יש לבצע סקר לאיתור העתקים בתחום זה.	פיתוח הכולל חפירות ו/או קידוחים בתחום התכנית במרחק של עד 1000 מ' ממזרח לכביש 70 יבוצע בפקוח של גיאולוג הבקיא בתחום סיכוני רעידות אדמה לצורך זיהוי של עדויות למעוות בפני השטח הנוגע לפעילות העתקה צעירה. במידה ויזוהה מעוות מסוג זה, יש לדווח על כך למהנדס התכנית ולשקול פתרונות מתאימים. במידה ולא ניתן להבטיח את שלמות המבנה במקרה של המשך המעוות יש לבצע תכנון מחדש או לשנות את יעוד הקרקע.
גלישת מדרון	תכניות מפורטות למתחמי בנייה חדשים ו/או היקפי בנייה ו/או פיתוח משמעותיים במרחק הקיים, באזורים בהם שיפוע המדרון עולה על 10°, נדרשות בהטמעה של אמצעים לייצוב המדרון בתכניות הפיתוח בהתאם לתנאים הגיאולוגיים	במדרונות ששיפועם מעל 10° יש להציג במסגרת התכנית להיתר אמצעים לייצוב המדרון בהתאם לתנאים הגיאולוגיים בתחום התכנית ובמדרון שמעליה ומתחתה.



### 3.2. המלצות להנחיות להטמעה במסמכי התכנית

א. בתכניות מפורטת הכוללת מבנים לאיכלוס או שהיית אנשים ו/או עבור תשתיות רגישות שכשל שלהן עשוי לפגוע בחיי אדם במרחק של עד 300 מ' ממזרח לכביש 70 תידרש התכנית, כתנאי להפקדתה, להציג חוות דעת גיאולוג לגבי מיקום העתקים בעלי פוטנציאל לקריעת פני שטח בתחום התכנית. במידת הצורך יש לבצע סקר לאיתור העתקים בתחום זה.

ב. בתכניות מפורטת למתחמי בנייה חדשים ו/או היקפי בנייה ו/או פיתוח משמעותיים במרקם הקיים, באזורים בהם שיפוע המדרון עולה על  $10^\circ$ , תידרש התכנית, כתנאי להפקדתה, להציג אמצעים לייצוב המדרון תוך התייחסות לשיפועו, למאפיינים הגיאוטכניים של הסלע (בין היתר סוג וחוזק הסלע, נטיית השיכוב), לתכן הסיסמי (ספקטרום התגובה ו/או תאוצת השיא בפני השטח) ולבינוי המתוכנן. במידה ולא יהיה בידי המתכנן את כלל המידע הנדרש לצורך תכנון אמצעי הייצוב, תידרש התכנית בביצוע חוות דעת של מהנדס/גיאולוג המתמחה בתחום יציבות המדרונות.

ג. תכנית מפורטת הכוללת מבנים לאיכלוס או שהיית אנשים ו/או עבור תשתיות רגישות שכשל שלהן עשוי לפגוע בחיי אדם במרחק של עד 1000 מ' ממזרח לכביש 70, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיה הבאה: פיתוח הכולל חפירות ו/או קידוחים בתחום התכנית יבוצע בפיקוח של גיאולוג הבקיא בתחום סיכוני רעידות אדמה. הגיאולוג יבחן עדויות, בהקשר לכלל המידע הקיים בנושא לעת ביצוע העבודות, לקיומם של העתקים שלא אותרו לפני כן על פני השטח. במידה ויזוהה העתק בעל פוטנציאל לקריעת פני השטח, יש לדווח על כך למהנדס התכנית ולשקול פתרונות מתאימים. במידה ולא ניתן להבטיח את שלמות המבנה במקרה של המשך המעוות יש לבצע תכנון מחדש או לשנות את יעוד הקרקע.

ד. תכנית מפורטת לתוספת בניה משמעותית באזור החשוד בהגברה חריגה, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיה הבאה: תנאי למתן היתר בניה עבור מבני ציבור קולטי קהל בהיקפים משמעותיים ו/או מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה ו/או, תשתיות רגישות שכשל שלהן עשוי לפגוע בחיי אדם, לפי שיקול דעת מהנדס הועדה המקומית, יהיה סקר תגובת אתר מסויים על פי ההנחיות המפורטות בנספח ה' של ת"י 413 גליון תיקון 5, או על פי ההנחיות בגירסה העדכנית של התקן לעת הפקדת התכנית.

ה. תכנית מפורטת הכוללת תשתיות רגישות שכשל שלהן עשוי לפגוע בחיי אדם, או תשתיות האמורות לתפקד בעת ולאחר רעידת אדמה, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיה הבאה: תנאי למתן היתר בנייה לתשתיות הרגישות יהיה שימוש בתכן סיסמי מחמיר המבוסס על הסתברות של 2% ב 50 שנה (טבלה 1) ו/או ערך התאוצה הדטרמיניסטי כתוצאה מרעידת אדמה מקסימלית על העתק הכרמל, לפי שיקול שעת מהנדס הועדה המקומית.

ו. תכנית מפורטת הכוללת בינוי, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיה הבאה: תנאי למתן היתר בנייה במדרונות ששיפועם מעל  $10^\circ$  יהיה הטמעה במסגרת תכנית הפיתוח של אמצעים לייצוב המדרון בהתאם לתנאים הגיאוטכניים ולפוטנציאל לגלישת מדרון בתחום התכנית ובמדרון שמעליה ומתחתה.

#### 4. מקורות

אשקר-חלאק, ל. (2009). המורפוטקטוניקה של העתק הכרמל. דו"ח מכון גיאולוגי מס' GSI/38/2009.

ברטוב, י., סנה, ע., רוזנפוט, מ. (2009). מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים בישראל – עדכון מרץ 2009. המכון הגיאולוגי לישראל. גבירצמן, ז., זסלבסקי, י. (2009). מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מפה ודברי הסבר). המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס' GSI/15/2009.

גבירצמן, ז., מקובסקי, י. ושגיא, י. (2011). עיבוד מחדש ופענוח גיאולוגי של קווים סיסמיים ישנים במפרץ חיפה. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס' GSI/27/2011.

דייויס, מ. ודור, א. (2014). מודל סיסמוטקטוני לישום בהערכה של סיכונים סיסמיים בישראל. דו"ח במסגרת קרן מחקר של משרד הבינוי והשיכון.

ולד, ר. (2016). פענוח התפתחותו הטקטונית של הגליל התחתון מהגידוע האוליגוקני ועד למעוות המיוקני-פליוקני באמצעות מידע גיאולוגי וגיאופיסי מתת-הקרקע. דו"ח מכון גיאולוגי מס' GSI/15/2016.

כץ, ע. ואלמוג, ע. (2006). מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל; גיליון צפוני, קנ"מ 200,000:1. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס' GSI/38/2006.

סלמון, ע., צביאלי, ד., רוזנפוט, מ., להמן, ט., היימן, א., אברמוב, ר. (2008). האזורים במישור החוף של ישראל בהם נדרשת חקירת הסיכון להתנזלות. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס' GSI/34/2008.

קלר, א., זסלבסקי, י., מאירוב, ט., שפירא, א. (2011). מפות תאוצה ספקטרלית לשימוש בת"י 413 גליון תיקון 5. המכון הגיאופיסי לישראל, דו"ח מס' 522/599/11.

שגיא, א., סנה, ע., רוזנפוט, מ., וברטוב, י. (2013). מפת 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים חשודים כפעילים' בישראל. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מספר GSI/02/2013.

שגיא, א., סנה, ע., רוזנפוט, מ., וברטוב, י. (2016). עדכון מעמד העתקים במפת 'העתקים פעילים' ו'חשודים כפעילים' עבור תיקון 6 לתקן ישראלי 413 לשנת 2016. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מספר GSI/17/2016.

שמיר, ג. (2007). פיזור מוקדים ומנגנוני רעידות אדמה לאורך העתקי גילבוע – כרמל. דו"ח מכון גיאולוגי מס' GSI/02/2007.

תקן ישראלי ת"י 413 (1995) וגליון תיקון מס' 5 (דצמבר 2013). תכן עמידות מבנים ברעידות אדמה. מכון התקנים הישראלי.





Sadeh, M., Hamiel, Y., Ziv, A., Bock, Y., Fang, P., & Wdowinski, S. (2012). Crustal deformation along the Dead Sea Transform and the Carmel Fault inferred from 12 years of GPS measurements. Journal of Geophysical Research, 117(B8), B08410. doi:10.1029/2012JB009241.

Sneh, A, Bartov, Y., Weissbrod, T. and Rosensaft, M. (1997). Geological map of Israel (1:200,000, 4 sheets) Geological Survey of Israel.

Sneh, A., and Weinberger, R. (2014). Major Structures of Israel and Environs, scale 1:500,000. Isr. Geol. Surv.



Zaslavsky et al. (2008). Empirical determination of site effects for seismic hazard assessment in the Kishon Graben area near the Carmel Fault. Geophysical Institute of Israel Report No. 510/389/08.





