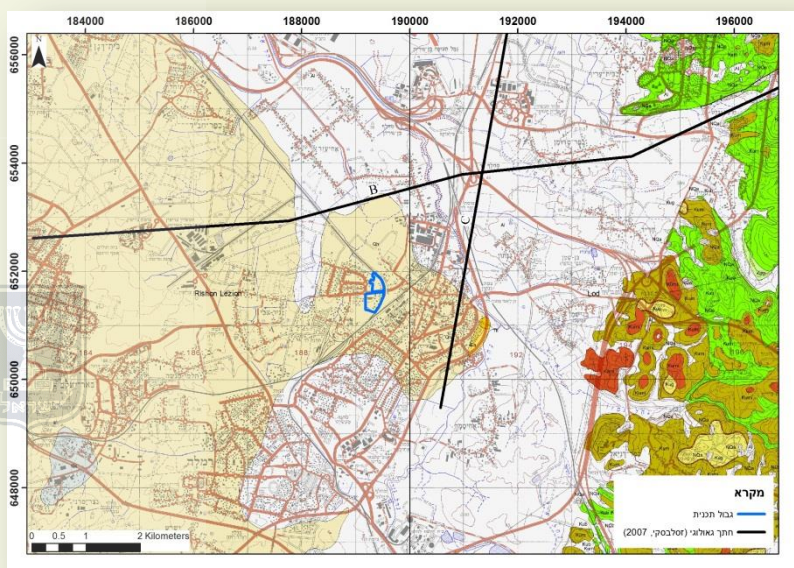




יעוץ בנושא סיכומי רעידות אדמה

סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תב"ע תכניות מזרח פרדס שניר
צפון (406-0441667) +
דרום (406-0441675) בעיר לוד



הוכן עבור:



נובמבר 2016

מס' פרויקט: PR16169





עמוד

תוכן

1. **הקדמה** 1
 - 1.1. **רקע** 1
 - 1.2. **התנאים הגיאולוגיים בתחום התכנית ובסביבתה** 2
2. **הערכת הסיכונים הסיסמיים באזור התכנית** 4
 - 2.1. **קריעת פני השטח כתוצאה מהעתקה** 4
 - 2.2. **תנאי השתית והגברת תנודות הקרקע** 4
 - 2.2.1. **תאוצות אופקיות חזויות על פי ת"י 413** 4
 - 2.2.2. **הגברת שתית חריגה של התאוצות החזויות** 4
 - 2.3. **גלישת קרקע** 8
 - 2.4. **התנזלות** 9
 - 2.5. **הופעת נחשול ים (צונאמי)** 10
3. **מסקנות והמלצות** 10
 - 3.1. **סיכום ממצאי הבדיקה והמלצות** 10
 - 3.2. **הנחיות להטמעה במסמכי התכנית** 10
4. **מקורות** 11



רשימת איורים

- איור 1: גבול התכנית על רקע מפה טופוגרפית אזורית בקנ"מ 50,000:1
- איור 2: גבול התכנית על רקע מפה גיאולוגית בקנ"מ 50,000:1
- איור 3: מקרא למפה הגיאולוגית באיור 2
- איור 4: חתך גיאולוגי B
- איור 5: חתך גיאולוגי C
- איור 7: גבול התכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות
- איור 8: תחום התכנית על גבי המיקרוזונציה של אזור לוד (Zaslavsky, 2007)
- איור 9: ספקטרום תגובה עבור כל אחד מאזורי המיקרוזונציה באזור לוד
- איור 10: מפת רגישות לכשל מדרונות
- איור 11: תחום התוכנית על רקע מפת אזורי הרגישות להתנזלות

רשימת טבלאות

- טבלה 1: תאוצת הקרקע האופקית הצפויה בלוד עבור שתית סלעית (סוג קרקע B)
- טבלה 2: טבלה מסכמת של השלכות ממצאי הבדיקה

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.

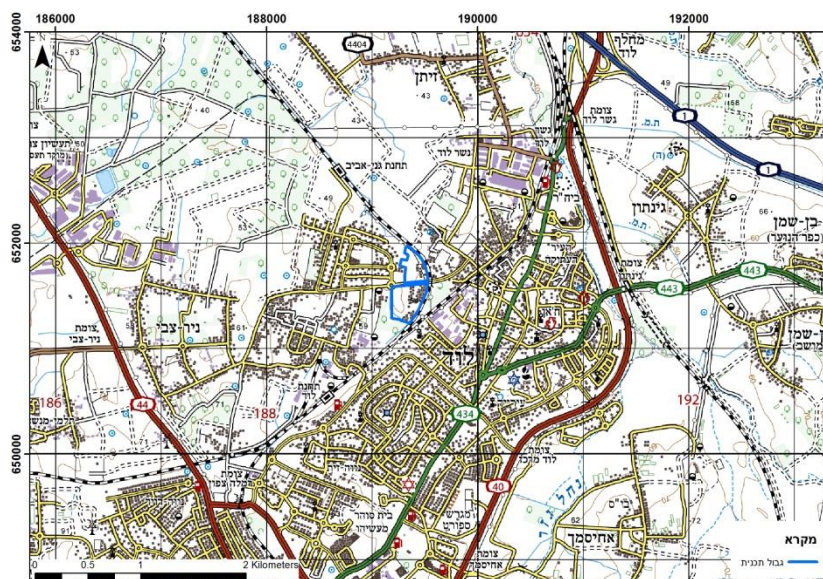
מטרתו של הסקר היא שיפור בסיס הידע לצורך התחשבות בסיכוני רעידות אדמה בפריסת יעודי הקרקע בתכנית, והגדרת הבדיקות המפורטות הנדרשות בשלבי התכנון הבאים.

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.

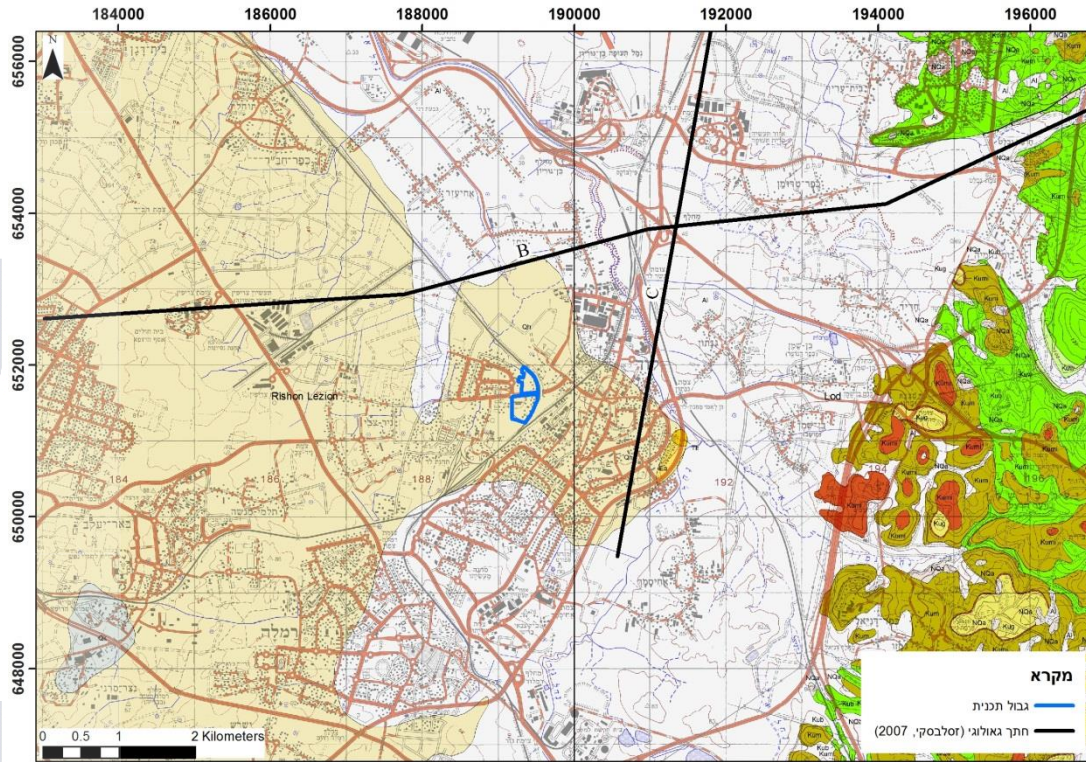
"תב"ע שכונת מזרח פרדס שניר (צפון: תכנית מס' 406-0441667; דרום: תכנית מס' 406-0441675) בעיר לוח", להלן "התכניות", איור 1, כלולות בסווג התכניות המחויבות בסקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני (קטגוריה מס. 3 – תכניות מפורטות הכוללות היקפי בניה גדולים בתחום אזור סיכון כמוגדר בהנחיות).



איור 1: גבול התכניות (צפון + דרום) על רקע מפה טופוגרפית אזורית בקנה"מ 1:50,000.

1.2. התנאים הגיאולוגיים בתחום התכנית ובסביבתה

רום התכנית כ 54 מ' ושיטחן מישורי. הן ממוקמות ממערב לפסי הרכבת בעיר לוד, על גבי שתית טבעית העשויה חול אדום וטיט - חמרה - מחבורת כורכר (גיל פליו-פלייסטוקן).



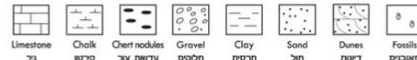
איור 2: גבול התכנית על רקע מפה גיאולוגית בקנ"מ 1:50,000: חלק מזרחי מתוך יחיאלי (2008), חלק מערבי מתוך סנה ורוזנפט (2004). מקרא למפה מופיע באיור 3. החתכים הגיאולוגיים B ו C מוצגים באיור 4 ובאיור 5, בהתאמה.

סטרטיגרפיה STRATIGRAPHY

SYSTEM תקופה	SERIES - STAGE סדרה - דרגה	SYMBOL סימן	THICK. מ. עובי	LITHOLOGY מסלע	LITHOSTRATIGRAPHY ליתוסטרטיגרפיה	
					MAPPING UNITS יחידות מפה	GROUP חבורה
QUATERNARY קוורטר	HOLOCENE הולוקן	Al	2+		Alluvium אלוביום	KURKAR כורכר
		Qs	15+		Sand dunes דונות חול	
	PLIO-PLEISTOCENE פליו-פלייסטוקן	Qk	45+		Calcareous sandstone אבן חול גירית	
		Qh	15+		Red sand & loam חול אדום וטיט	
TERTIARY טריצ'ר	NEOGENE נאוגן	Ngp	10+		Pleshet Formation תצורת פלשת	SAQIYE סקיה
	PALEOGENE פליאוגן	Ny	5+		Yafa Formation תצורת יפו	
		Oi	3+		Lakhish Formation תצורת לכיש	AVEDAT עבדת
	LOWER EOCENE אאוקן תחתון	Ea	15+		Adulam Formation תצורת עדולם	

GEOLOGICAL LEGEND

Contact between mapping units



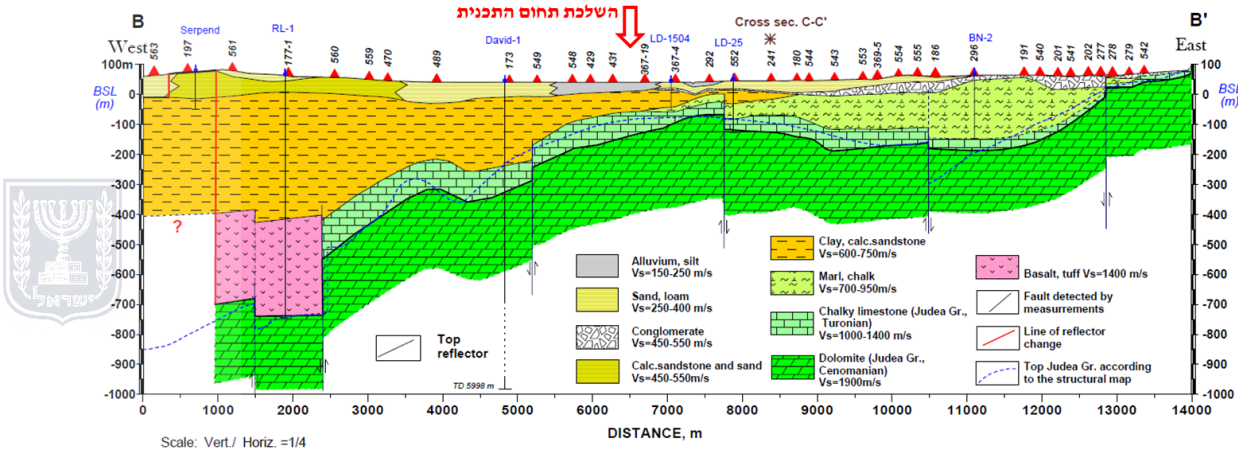
Qk* = Calcareous sandstone ("kurkar") alternating with red sand & loam ("hamra");
mainly as ridges.
Qh* = Red sand and loam ("hamra"); mainly in low-lying areas.

Qk* = אבן חול גירית ("כורכר") חלופית עם חול אדום וטיט ("חמרה");
מופיעה בעיקר כריסוס.
Qh* = חול אדום וטיט ("חמרה"); מופיע בעיקר בשטחים נמוכים.

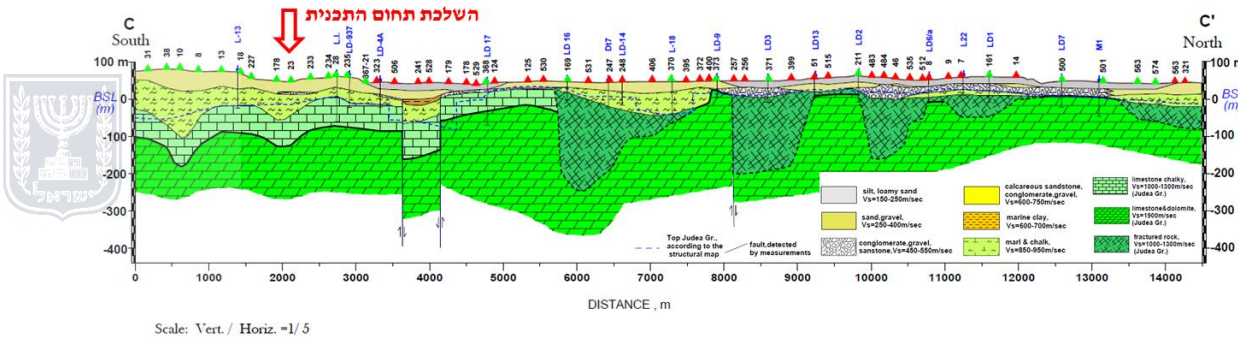
איור 3: מקרא למפה הגיאולוגית באיור 2 (סנה ורוזנפט, 2004).



על פי החתכים הגיאולוגיים באיור 4 ובאיור 5 מתוך (Zaslavsky, 2007), הממוקמים כ 1.5 עד 2 קמ' מתחום התכניות, חתך הקרקע שמתחת לשכבת החמרה החשופה בפני השטח של התכניות כולל חרסיות או חווארים המונחים בעומק מקורב של כ 100 מ' על גבי סלעי גיר וקירטון גירי מחבורת יהודה.



איור 4: חתך גיאולוגי B; ראה מיקום החתך ביחס לתחום התכניות באיור 2 (מתוך Zaslavsky, 2007).



איור 5: חתך גיאולוגי C; ראה מיקום החתך ביחס לתחום התכניות באיור 2 (מתוך Zaslavsky, 2007).



2. הערכת הסיכונים הסיסמיים באזור התכנית

2.1. קריעת פני השטח כתוצאה מהעתקה

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, 2013) אין בתחום התוכניות העתקים פעילים / חשודים כפעילים. לפיכך, אין בתחום התכניות הגבלות בניה בכל הנוגע לקריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה.

2.2. תנאי השתית והגברת תנודות הקרקע

2.2.1. תאוצות אופקיות חזויות על פי ת"י 413

טבלה 1 מציגה את תאוצת הקרקע האופקית הצפויה בלוד בזמני חזרה שונים עבור שתית סלעית (סוג קרקע B) על פי רשימת המקדמים הסייסמיים עבור ישובים, הנלוות לגיליון תיקון 5 לתקן ישראלי 413 (קלר וחובי, 2011). תאוצת התכן עבור בניה סטנדרטית נקבעת לפי רעידת אדמה שתדירותה 475 שנה.

טבלה 1: תאוצת הקרקע האופקית הצפויה בלוד עבור שתית סלעית (סוג קרקע B) כתלות בזמן חזרה של רעידת אדמה (קלר וחובי, 2011).

זמן חזרה (שנים)	הסתברות	PGA (g)
475	10% ב 50 שנה	0.06
975	5% ב 50 שנה	0.08
2475	2% ב 50 שנה	0.09

התאוצה בפני השטח וספקטרום התגובה/התאוצה הספקטרלית לתכנון יקבעו עבור כל היתר על פי סוג הקרקע בתחומו, בהתאם להנחיות ת"י 413.

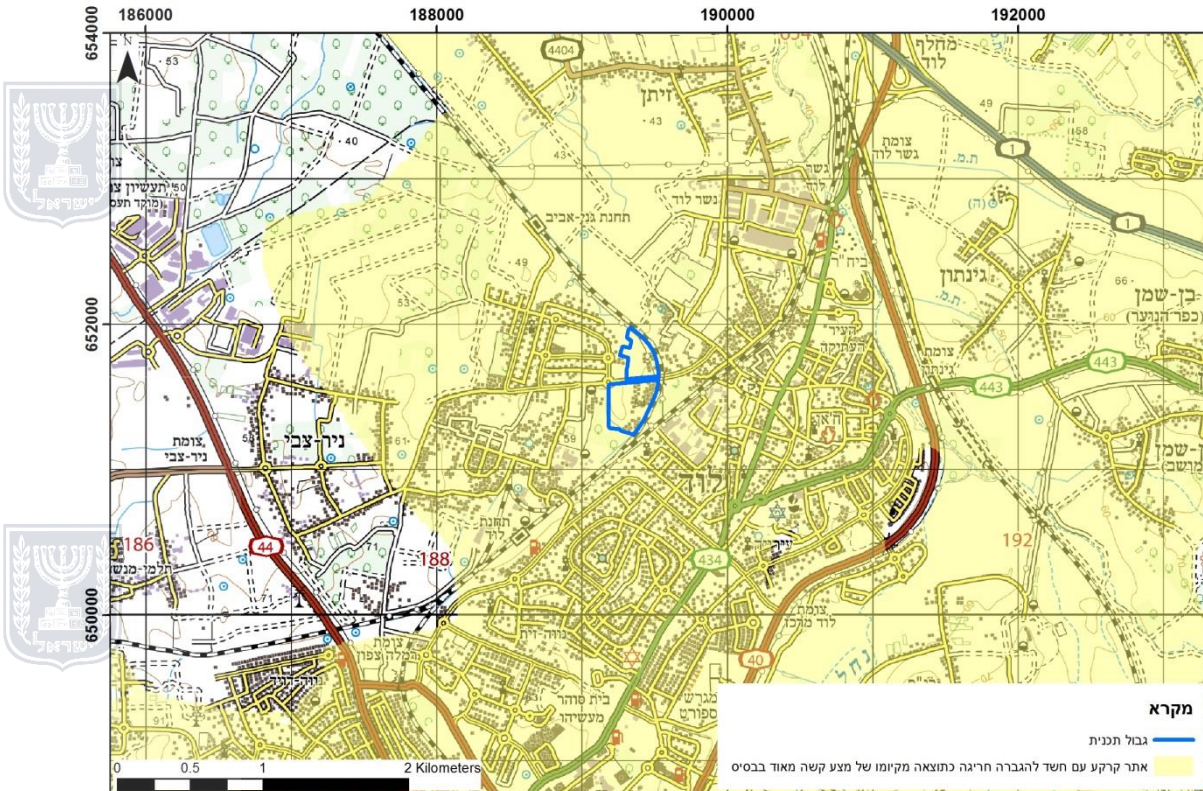
2.2.2. הגברת שתית חריגה של התאוצות החזויות

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 בגג הסלע הקשה בעומק.

איור 6 מראה את התוכניות על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009). על פי איור זה, שטח התוכניות ממוקם באתר קרקע עם חשד להגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה מאוד בבסיס. הסיבה להגברה נובעת מהפער הגדול במהירויות הסיסמיות בין שכבת החמרה בפני השטח לשכבות שמתחתיה (איור 4, איור 5).



איור 6: גבול התכניות על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009).

ועדת מומחים של מכון התקנים הישראלי קבעה שיש לבצע סקר תגובת אתר במקרים הבאים (ת"י 413, גליון תיקון מס' 5, לפי סעיף 202.2.2):

- באזורים בהם הקרקע מסווגת כ F; הקריטריונים הגיאולוגיים-גיאוטכניים לסווג קרקע כ F מצוינים ב ת"י 413, גליון תיקון מס' 5, סעיף 202.2.1 (ניתן להגדיר את סוג הקרקע רק באמצעות סקר קרקע. ללא התוויה אחרת סקר זה מתבצע בשלב היתרי הבניה).





- עבור מבנים מקבוצת חשיבות א¹ (מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת ולאחרי רעידת אדמה, ראה רשימה בת"י 413) באזורים שבהם לפי מפת "האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות" (נספח ט בתקן; חלק ממפה זו מופיע באיור 6), יש חשד להגברות שתית חריגות עקב המצאות סלע בסיס קשה מאוד או עקב השפעת אגן.

במסגרת פרויקט "Microzoning of the earthquake hazard in Israel" נערך באזור לוד סקר לקביעת תגובת האתר באזור העיר וסביבתה (Zaslavsky, 2007). סקר זה מורכב משלושה שלבים:



- שלב ראשון - מדידות אמפיריות של התדירות הדומיננטית ושל ההגברה היחסית של השתית;
- שלב שני - איסוף וניתוח החומר הגיאולוגי המצוי על האזור, בניית מודל גיאולוגי של תת הקרקע בשטח התוכנית וחלוקתו לאזורים בעלי מאפיינים דומים; ו
- שלב שלישי - עריכת מודל אנליטי חד מימדי אשר חוזה את ספקטרום התגובה בכל אתר בזמן רעידת אדמה.

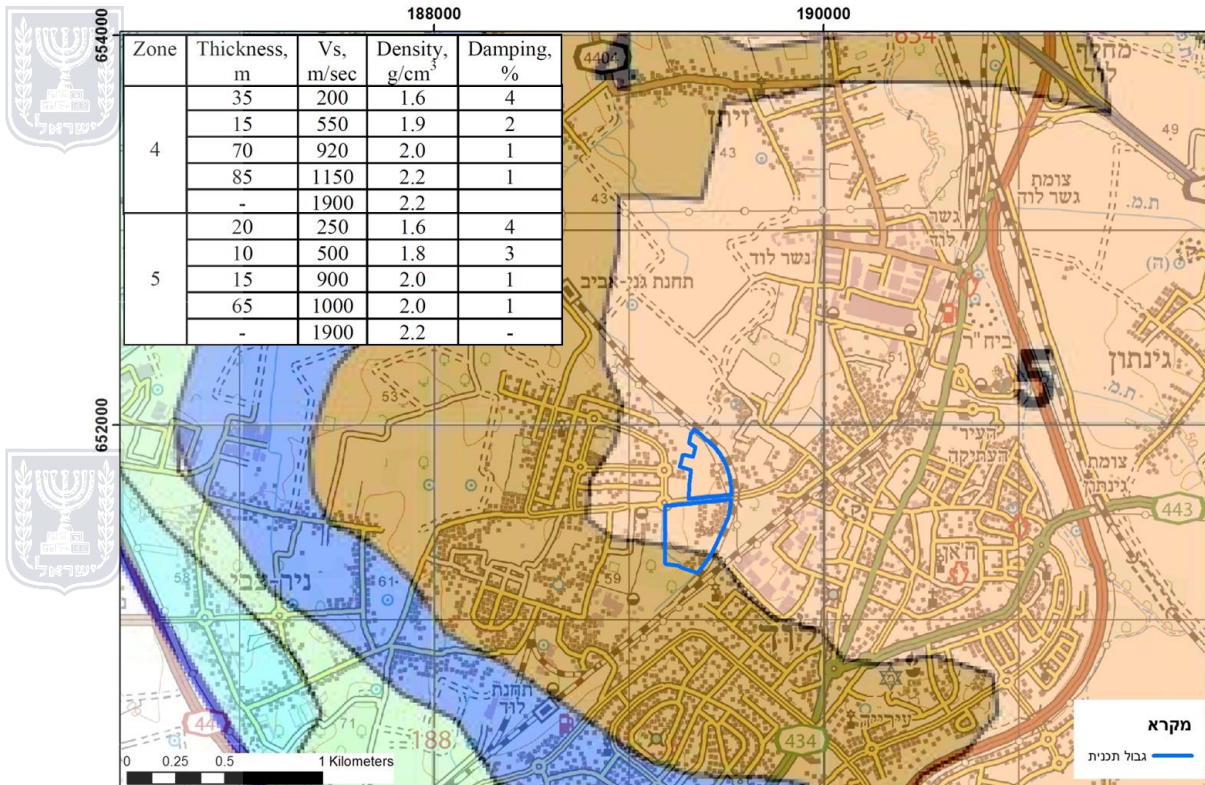


איור 7 מציג את תחום התוכניות על רקע חלוקת שטח סקר המיקרוזונציה לאזורים לפי תדר תהודה ומקדם הגברה אופייניים, ואת מודל תת הקרקע עבור האזורים הרלוונטים לתחום התכניות. ספקטרום התגובה בהסתברות של 10% ב 50 שנה עבור שני האזורים החופפים את תחום התכניות – אזור 4 ואזור 5 – מופיע באיור 8, והוא גבוה משמעותית מהספקטרום של ת"י 413 עבור קרקע סלעית (מסוג B) באותו אזור - איור 8. שני אזורים אילו מאופיינים בספקטרה הגבוהים ביותר, ולכן גם ברמת הסיכון הגבוהה ביותר להגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה בתחום סקר המיקרוזונציה (הסקר משתרע במרחב המקיף את נתב"ג).

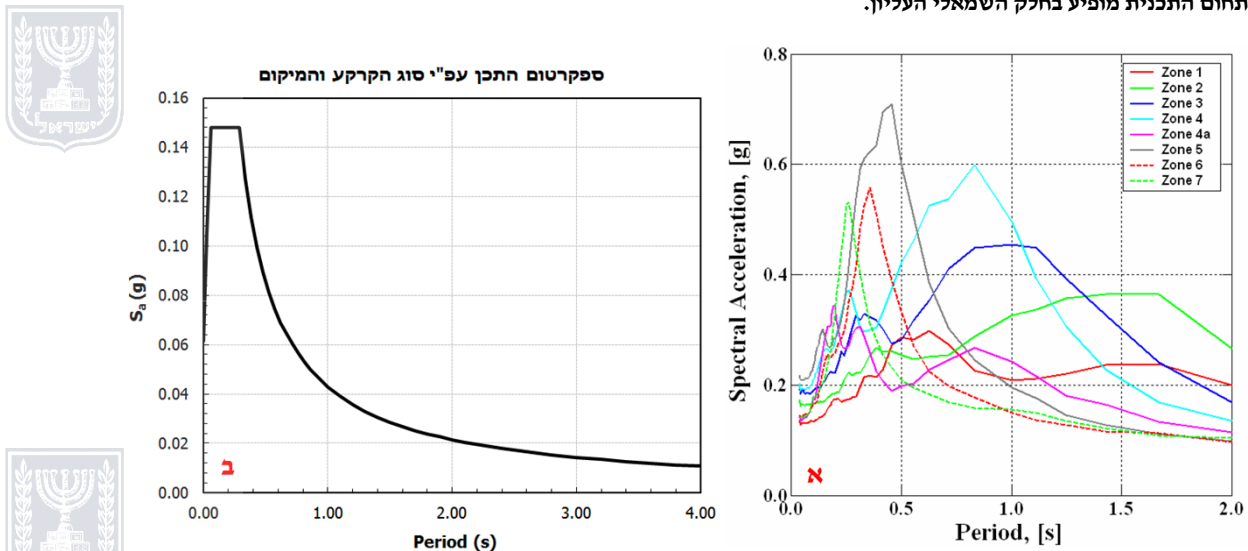


¹ "מבנים בעלי חשיבות ציבורית גבוהה, האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה ולאחריה: מבני תחנות כח, בתי חולים, תחנות מכבי אש, תחנות משטרה, מרכזות טלפון, תחנות עזרה ראשונה (לרבות כניסות ומעברים, וכן מבני שירות ומיכלי המים המשרתים אותם)"





איור 7: תחום התכניות על גבי המיקרוזונציה של אזור לוד (Zaslavsky, 2007). מודל תת הקרקע עבור שני האזורים החופפים את תחום התכנית מופיע בחלק השמאלי העליון.

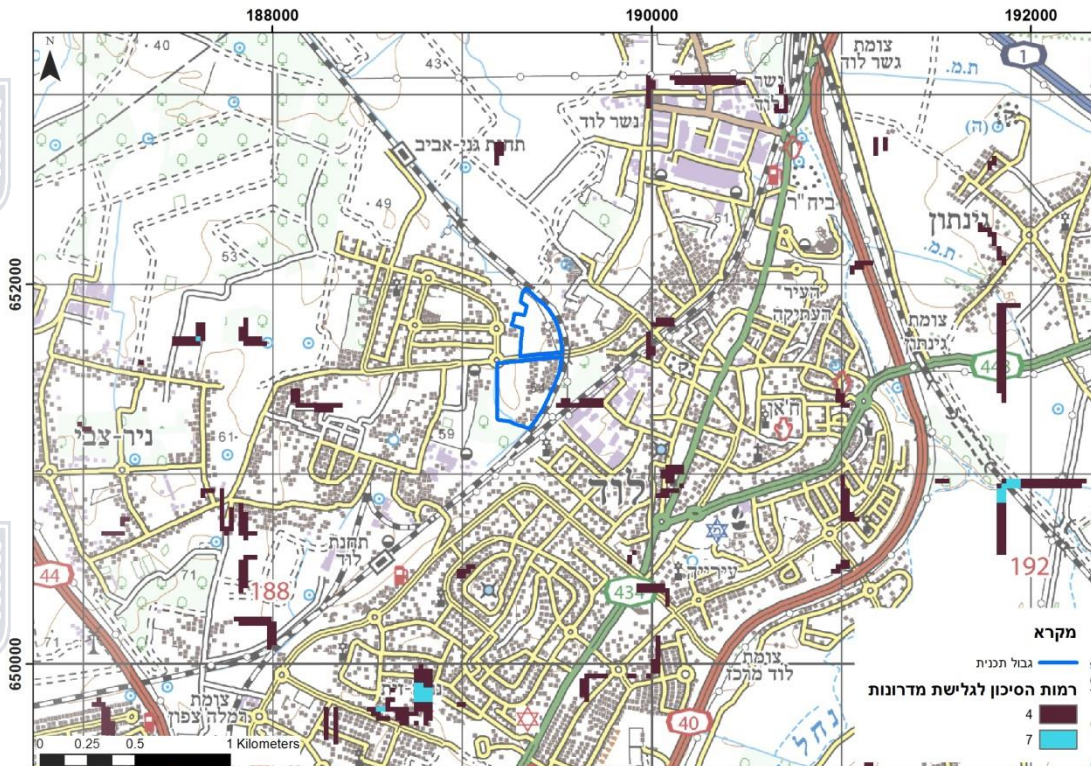


2.3. גלישת קרקע

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 (2008) 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 (2008), שיפוע של פחות מ 5° מוגדר כשיפוע זניח בו אין רגישות לכשל מדרון עבור כל סוגי הסלעים. איור 9 מציג את שטח התוכניות על גבי מפת רגישות לכשל מדרונות (כך ואלמוג, 2006). על פי איור זה אין סיכון לגלישת מדרונות בתחום התכניות, בהתאם לאופיו הטופוגרפי של השטח.

חשוב להדגיש כי קנה המידה של מפת הרגישות לכשל מדרון הינה 1:200,000, והיא מבוססת על חיתוך של מספר מאגרי מידע בקנ"מ שונים. רמת מהימנות המיפוי של אזורי רגישות בעלי פיקסלים בודדים היא נמוכה ביותר, ויש להניח כי מקורם של אזורי הסיכון הקיימים לכאורה על פי המפה בסמיכות לתכניות הוא בארטיפקט מיפוי.



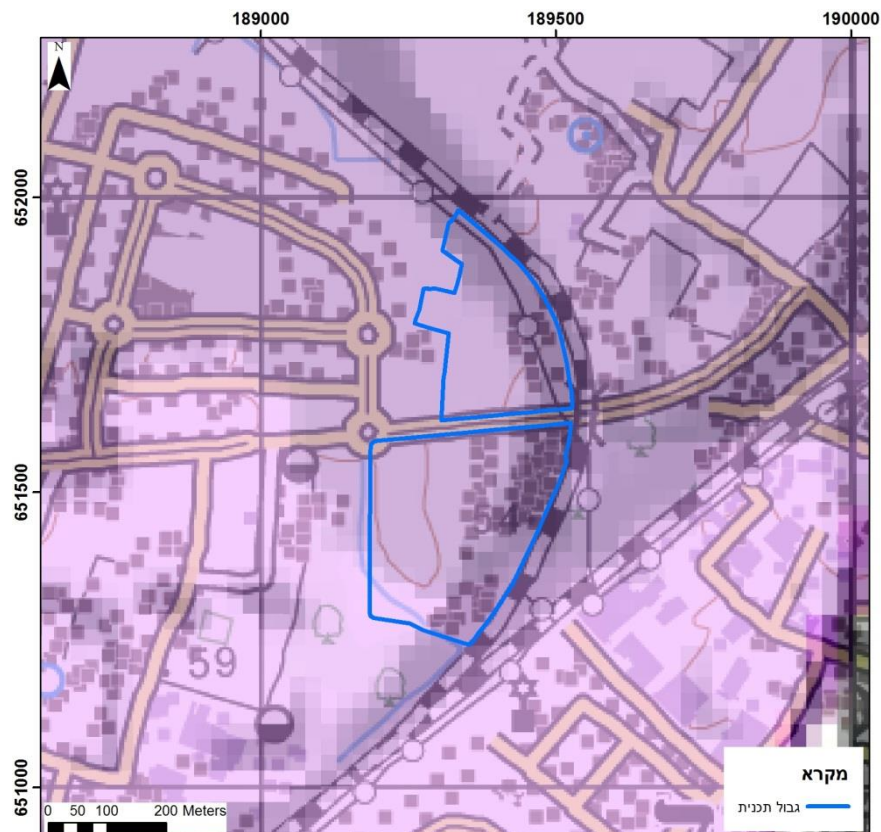
איור 9: מפת רגישות לכשל מדרונות (מתוך כך ואלמוג, 2008). סקאלת הצבעים מתייחסת למקרא בפינה הימנית התחתונה, סולם דרגת הרגישות הינו יחסי.

2.4. התנזלות

התנזלות קרקע מתרחשת כאשר גלים סיסמיים בעלי רמת תאוצה העוברת סף קריטי מתקדמים בקרקע בעלת מבנה גרגירי-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).

איור 10 מציג את גבול התכניות על גבי מפה של אזורים בהם קיים פוטנציאל התנזלות (סלומון וחובי, 2008). המפה מבוססת על מידע ברמות וודאות מישתנות, הכולל השערות והנחות לגבי פריסת חול בתת הקרקע ועומק מי התהום. מרבית תחום התכניות ממוקם באזור ד' – חול בתת הקרקע, שמשמעו רגישות נמוכה מאוד: באזור זה עלול להימצא חול מהפלייסטוקן התיכון או המאוחר בפני השטח או בתת-הקרקע, בין שכבות הכורכר או כחמרה דלת חומר דק (סלומון וחובי, 2008).

מאחר ומיפוי איזורי הרגישות הינו כללי ביותר, משקף רמת הפרדה נמוכה ומבוסס על הנחות רבות לגבי פריסת גורמי הסיכון בתת הקרקע, יש לשלול את קיומו של הסיכון ברמת ההיתר בכל תחום התכניות ע"י בדיקת מפלס מי התהום ואפיון גיאוטכני של האופקים הרוויים, במידה וקיימים.



איור 10: תחום התוכנית על רקע מפת אזורי הרגישות להתנזלות (סלומון וחובי, 2008).



2.5. הופעת נחשול ים (צונאמי)

עקב רום התכניות ומרחקן מהים לא צפוי להופיע בתחומה נחשול ים.

3. מסקנות והמלצות

3.1. סיכום ממצאי הבדיקה והמלצות

גורם הסיכון עבורו מתקיים תנאי סף בתחום התכניות הוא הגברת שתית חריגה. יתכנו תנאים המאפשרים התנזלות.

טבלה 2 : טבלה מסכמת של השלכות ממצאי הבדיקה.



גורם סיכון	המלצות לתכנון הנדסי בשלב היתרי הבניה	המלצות לשלב הכנת התכנית המפורטת
הגברות שתית	- גיבוש הנחיות בניה וביסוס המתחשבות במקדם ההגברה על בסיס מידע גיאולוגי-גיאוטכני וגיאואידרולוגי ספציפי לתחום ההיתר. - סקר תגובת אתר מסויים עבור מבנים קולטי קהל בהיקפים משמעותיים ו/או מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה.	תיעדוף אופי הבניה וגובהה בין האזורים השונים יתחשב, בין שאר שיקולי התכנון, גם בממצאי סקר המיקרוזונציה (איור 7, איור 8). ההמלצות לתיעדוף ינתנו על ידי מהנדס/גיאולוג בעל רקע מתאים.



3.2. הנחיות להטמעה במסמכי התכנית

א. תנאי למתן היתרי הבניה יהיה גיבוש תכן סיסמי (ספקטרום תגובה) ואמצעי ביסוס מתאימים על בסיס סווג הקרקע ומאפייניה הגיאוטכניים וההידרוגיאולוגיים על ידי מהנדס בעל רישיון בתחום הנדסת הקרקע והביסוס, או קונסטרוקטור, לפי מידע גיאולוגי-גיאוטכני והידרוגיאולוגי המאפיין את תחום ההיתר.

ב. תנאי למתן היתר בניה עבור מבני ציבור קולטי קהל ו/או מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה (לפי שיקול הועדה המקומית), יהיה סקר תגובת אתר מסויים על פי ההנחיות המפורטות בנספח ה' של ת"י 413, גיליון תיקון 5, או על פי גליון עדכני יותר.



4. מקורות

גבירצמן, ז., זסלבסקי, י. (2009). מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מפה ודברי הסבר). המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/15/2009.

יחיאלי, י. (2008). מפה גיאולוגית של ארץ ישראל, 1: 50,000. גליון III-8, לוד, המכון הגיאולוגי.

כץ, ע., הכט, ה. ואלמוג, ע. (2008). מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל; גיליון מרכז, קני"מ 1: 200,000. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/07/2008.

סלמון, ע., צביאלי, ד., רוזנופט, 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.

סנה, ע. ורוזנופט, מ. (2004). מפה גיאולוגית של ארץ ישראל, 1: 50,000. גליון IV-7, ראשון לציון, המכון הגיאולוגי.

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

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

Zaslavsky, Y. (2007). Microzoning of the earthquake hazard in Israel, Project 7, Empirical determination of site effects for the assessment of earthquake hazard and risk to the Southern Sharon and Lod Valley area. Job No 569/303/07.