

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

עדכון פברואר 2025

נספח 1: תכולת עבודת יועץ הקרקע והגדרת הסיכון מתנודות קרקע צפויות באתרי ביה"ס בישראל:

(א) מיפוי הסיכון הסיסמי לבתי הספר

בתי הספר הקיימים בישראל נמצאים באזורים בעלי סיכון סיסמי בינוני וחלקם באזורים בעלי סיכון סיסמי גבוה, סמוכים לאזורי העתקה. רעידת האדמה מאופיינת בתנודות פני השטח אליהן עלולות להתלוות תופעות כגון התנודות הקרקע, גלישות קרקע והצפה מגלי צונאמי. כאשר מתרחשת רעידת אדמה באזור העתקה, עלולות להתפתח תנודות קרקע חזקות בכיוונים אנכיים ואופקיים בו זמנית וכן עלולה להתרחש קריעת פני שטח.

אופי ההטרה הסיסמית אינו קבוע ממקום למקום וקיימים פרמטרים ונתונים שונים, מלבד התאוצה המקסימאלית הצפויה, שיכולים להשפיע משמעותית על מידת התגובה של מבנה נדון. הערכת תכולת התדרים הדומיננטית והקרבה בניהם לבין אלה של מבנה נדון, רמת התגובה האנכית הצפויה, אינטראקציה שצפויה בין הקרקע למבנה, הסיכויים להתרחשות קריעת פני שטח וגודלה הצפוי, או הסיכוי להתרחשות התנודות ותזוזות הקרקע הצפויות בשל כך הן דוגמאות לנתונים ופרמטרים כאלה שניתן להעריך בסקר אתר מיוחד (**site specific**) ואינם נתונים להפקה ממפת התקן הסטנדרטית.

כדי להתמודד נכון עם עומס סיסמי, דרושה למתכנני השדרוגים בבתי הספר הבנה טובה של אופי ההטרחות הצפוי והערכות לפרמטרים שתוארו לעיל, עבור האתר המיוחד בו הם מתכננים שדרוג למבנה בית ספר קיים. משרד החינוך מכיר בחשיבות סקר האתר המיוחד לאבטחת העמידות להצלחת חיי התלמידים בעת ואחרי רעידת אדמה ולכן החל להכין סקרים כאלה באתרים בעלי סיסמיות גבוהה לשימוש מתכנני שדרוגי בתי הספר ברשויות השונות. **על פי התקן, כאשר קיים סקר אתר לבית ספר הוא זה שקובע את העומס הסיסמי למקום.**

בעיקרון יבוצע סקר אתר אחד ברמת רשות מקומית לכל בתי הספר שבתחומה. במידה וקיימים תנאים גיאולוגיים לאתר או תנאי קרקע שונים לחלק מבתי ספר ברשות, יעודכנו הנתונים לפי הצורך לכל בית ספר בו תנאי האתר או הקרקע שונים. יש לזכור שבגלל תנאי אי הודאות הקיימים לגבי התנהגות קרקע באירוע סיסמי והקושי לנבא את הצפוי במדויק, מספיק שמהנדס הקרקע יגדיר בצורה הנדסית סבירה תחום פרמטרים אפשרי לבתי הספר שבתחום הרשות. על המתכנן לקחת בחשבון תחום אפשרי של ערכי תכן, כפי שמפורט בסעיף ג' בהמשך.

בעבודה בבית ספר שלא נערך בו סקר אתר מיוחד, יש לברר בתחילת העבודה מול משרד החינוך, דרך הרשות המקומית המזמינה, האם יבוצע סקר כזה. בעיקרון בבתי ספר שנמצאים במרחק של עד 10-20 ק"מ מאזור העתקה פעילה (מאילת צפונה למטולה דרך הערבה, ים המלח, בקעת הירדן, ים כנרת ועמק החולה, באזור עמק בית שאן, עמק יזרעאל, חיפה ומפרץ חיפה) מומלץ מאוד לבצע סקר. עד אשר יערך סקר, או במידה והוחלט שלא יערך סקר, יש להשתמש בהגדרות העומס על פי תקן ישראלי 413 בגרסתו העדכנית ביותר, תוך היעדרות בדו"חות קרקע וקידוחי קרקע רגילים שנערכו במסגרת פרויקטי בינוי שבוצעו בעבר בבית ספר הנדון או בסביבתו.

לשימוש המתכננים יועמד הידע הקיים כעת במשרד החינוך. הנתונים יעודכנו ע"י משרד החינוך עם ביצועם של סקרים נוספים. הרשות המקומית מתבקשת לבדוק ולעדכן באם קיימים סקרים או נתונים נוספים בתחומה שאינם ידועים למשרד החינוך.

בבתי ספר שלא נערך בהם סקר אך סמוכים (עד קילומטרים ספורים) לאתרים בהם נערכו סקרים, יש להיעזר בסקר האתר הסמוך, להבנת הרקע הגיאולוגי והסיסמולוגי של האזור וכן להבין מהן התופעות העלולות להתרחש באזור בעת אירוע סיסמי. השימוש בסקרים ממקורות אחרים מותנה באישור מזמין הסקר וכותביו.

במידה והרכב שכבות הקרקע באתר הסקר דומה לאתר הנבדק, הגדרת התאוצות תיקבע לפי **הערכים המקסימאליים מבין דרישת התקן, ובין ערכי סקר האתר הסמוך**. במידה ושכבות הקרקע שונות, לא ניתן להשתמש בסקר שנערך באתר אחר, ויש להשתמש בהגדרות התקן.

(ב) הגדרות סיכונים סיסמיים (site specific) הנדרשים להתייחסות בסקר אתר מיוחד:

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

כאשר הוחלט שיבוצע סקר אתר, על הרשות הממונה לשכור אנשי מקצוע מומחים ומוכרים בתחום לביצועו. באזורים בעלי גיאולוגיה וסיסמיות מיוחדת, ו/או הרכב קרקעות יוצא דופן מומלצת מעורבותו של גיאולוג הבקיא באזור בהכנת סקר האתר.

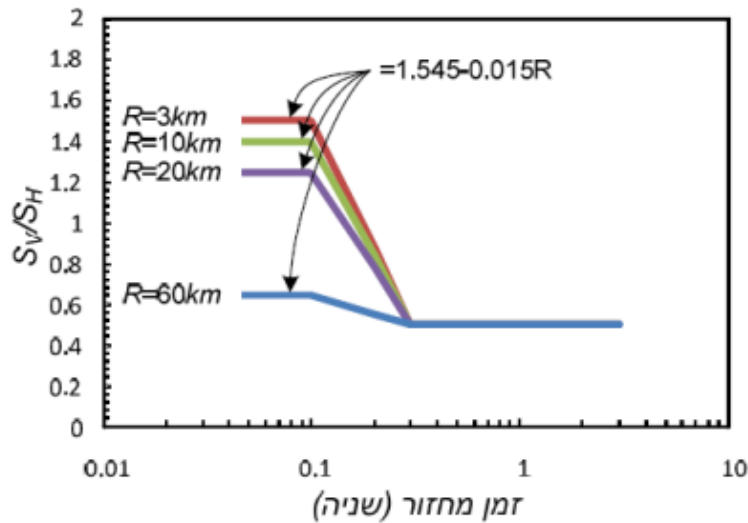
הסיכונים אליהם צריכים להתייחס בסקר מפורטים בסעיף זה. לצורך סקר הערכת סיכונים סיסמיים וסיכונים נוספים הנובעים מהם, יטופלו בהסתמך על שיטות העבודה והידע המעודכנים ביותר הקיימים בתחום (State of the art). מומלץ לעיין במפות הסיכון ובפרסומים המעודכנים והמיוחדים של המכון הגיאופיסי לישראל עבור בתי הספר כן מוצע להיעזר בפרסומים של המכון הגיאולוגי לישראל, מכון התקנים או כל גורם מקצועי מקובל אחר בארץ ובעולם לביצוע סקר אתר.

בסעיפים 1-5 מפורטים תופעות עיקריות הנדרשות להתייחסות בסקר אתר מיוחד. במידת הצורך, על המהנדס האחראי בהתייעצות עם מהנדסי הקרקע לקחת בחשבון סיכונים סיסמיים או גיאולוגיים נוספים אשר לא צוינו כאן במפורש (למשל, שקיעות סיסמיות, שיטפונות, נזקי תשתית וכד') ועלולים לפגוע ביכולת תפקוד האתר.

1. תנודות קרקע

- a. נתוני רקע – הצגת נתונים מוקדמים על אזור האתר. יש לפרט את מיקומו הגיאוגרפי הכללי של אזור האתר, קרבתו לאזורים הפעילים מבחינה סיסמית, מידע על רעידות אדמה היסטוריות שקרו בסביבת האתר והנזק שגרמו, מידע על רעידות אדמה שנרשמו באזור הנדון בעת האחרונה.
- b. תשתית מקומית – יש לבדוק ולתאר את התשתית המקומית באתר הנחקר. לפרט את שכבות הקרקע באתר (לצורך הענין סלע הוא גם שכבת קרקע) על פי המידע הזמין והרלוונטי (למשל, סקרים קודמים, קידוחי ביסוס, קידוחי מים וכו'). יש לפרט כל נתון שיכול להוסיף מידע ולהבהיר את תכונות הקרקע. למשל, מהירות גלי גזירה, עומק לסלע התשתית, תכונות המשפיעות על התנהגות לא לינארית וכו'.
- c. הערכת ספקטרום תנודות לאתר מסוים: יכול להיות מבוסס ספקטרום תאוצות, מהירויות או הזזות של הקרקע לתכנון בהתחשב במאפיינים של האתר. מקובל להציג את ספקטרום התאוצות בבסיס לתכנון. ספקטרום תאוצות הוא אוסף תאוצות השיא של מבנים שונים בעלי בעל דרגת חופש אחת. בעזרת עקום כזה המתכן יכול להעריך את תאוצת השיא הצפויה באתר מסוים למבנה בעל זמן מחזור מסוים. בתכנונים מתקדמים בהם נערכת אנליזה בזמן (time history) לקלטים של רעידות שונות יש צורך בספקטרומי מהירות או הזזה, למשל כדי להתאים רעידות אדמה שמשפיעות יותר על מבנה נדון.
- i. יש להכין ספקטרום תאוצות אופקיות המתאימות למנת ריסון מבני של 5% לתכנון עבור האתר בהנחה שמבני האתר ממוקמים על שתיית סלעית ואין באתר תופעות גיאולוגיות וטופוגרפיות העלולות לגרום להגברה של תנודות הקרקע. יש להסביר כיצד נקבע ספקטרום התכנון ועל אילו הנחות הוא מבוסס (למשל: יש להבהיר מהו קטלוג רעידות האדמה בו השתמשו, איזה תחום מגניטודות נלקח בחשבון, מה זמני החזרה שלהן ועל פי איזו משוואות ניחות נערך החישוב, יש להשתמש במידע עדכני בתחום זה).
- ii. אם האתר נמצא במרחק של עד 15 ק"מ מהעתק פעיל או חשוד כפעיל (אזור הטווח הקרוב) חובה על המהנדס להכין גם עקומה ספקטרית אנכית לתכנון. אם האתר נמצא מחוץ לאזור הטווח הקרוב אך הרעידות השולטות באתר במרחק של פחות מ 60 ק"מ מהאתר מומלץ להכין עקומה ספקטרית אנכית, או לכל הפחות המתכן ישתמש בהערכה לספקטרום אנכי על פי יחס הנדסי מקובל בין ספקטרום אנכי לאופקי, כגון זה המתואר באיור 1. באזורים במרחק 60 ק"מ ויותר מהעתק פעיל ניתן לקבוע את התנודות הספקטריות האנכיות כמוגדר בתקן הישראלי 413 ובשיעור של שני שלישים (2/3) מערכי התנודות הספקטריות האופקיות (תאוצות/מהירויות/הזזות) המקבילות להם בהתאמה. **יודגש כי הערכה זו של שני שלישים מערך תנודה אופקית עלולה להיות לא שמרנית למקרה שהאתר הנבדק נמצא פחות מ 60 ק"מ מהעתק פעיל ולא נכונה לאתר סמוך לאזור פעיל סיסמי.**

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב



איור 1: יחס הנדסי בין ספקטרום אנכי לאופקי בהתאם ל R-מרחק מקו השבר עבור קרקעות קשיחות, עפ"י Bozorgina & Campbell 2004

תשומת לב המתכננים מופנית לכך שהשפעת תנודה אנכית משמעותית במיוחד למקרים בהם:

(א) קיימים רכיבים תמימים הנתונים ללחץ צירי גדול.

(ב) כאשר צפויים תאוצות אנכיות גדולות מתאוצת הכובד או קרובות אליה, יש לנקוט באמצעים למניעת התרוממות והישמטות רכיבים מנקודת התמיכה שלהם.

(ג) השילוב של רכיבי רעידה אופקית עם רכיבי רעידה אנכית חשוב למודים הגבוהים. נקודות אלו נוספות לדגשי התקן בנוגע לרגישות לתנודות אנכיות של רכיבים קונסליים, ורכיבים הנושאים עומסים מרכזיים.

iii. את עקומות ספקטרום התנודות לתכנון יש להכין עבור הסתברות של 2% להתרחשות של לפחות פעם אחת בתקופה כלשהי של חמישים שנה (או רעידה בעוצמה הצפויה בתקופת חזרה של 2475 שנה), עבור הסתברות של 5% להתרחשות של לפחות פעם אחת בתקופה כלשהי של חמישים שנה (או רעידה בעוצמה הצפויה בתקופת חזרה של 975 שנה) ועבור הסתברות של 10% להתרחשות של לפחות פעם אחת בתקופה של בחמישים שנה (או רעידת התקן המתאימה לעוצמה הצפויה בתקופת חזרה של 475 שנה).

ניתן לחשב את מקדם הגברה η לפי הנוסחה: $\eta = \left[\frac{10}{(5 + \zeta)} \right]^{\frac{1}{2}} > 0.82$ (נוסחה 5 בתי 413) כאשר η הוא מקדם ריסון מבני. שימוש באחוזי ריסון שונים מהמוגדר בטבלה ייעשה על סמך ידע עדכני מחלקים אחרים בסדרת התקן הישראלי 413 חלק 2 או ותקנים ישראליים אחרים, או תקן וספרות מקובלת ומוכרת בעולם בתחום זה (state of the art) ובאישור מראש של מנהל הפיתוח במשרד החינוך או יועץ מטעמו. מקדם זה אינו מתאים למקרים בהם יש שימוש באמצעי ריסון מלאכותי כחלק מהמיגון הסיסמי. תכנון עם אמצעים כאלה ייעשה לפי ASCE 41 או תקן מתאים ומוכר אחר בנושא זה.

iv. מהנדס הקרקע יכין למתכנן עקומי ספקטרום המתאימים למנות ריסון מבניות שונות בהתאם לאופי המבנה.

d. יש לחשב את הגברת תנודות קרקע באתר הנחקר מגורם כלשהו, כולל השפעה של מבנה סופוגרפי מיוחד, יש למצוא את מקדמי ההגברה של התנודות הספקטריות לתכנון המתאימות לתנאי המקום

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

- e. יש להסביר במפורט כיצד נערכה הבדיקה ובאיזו שיטה נערך החישוב. ההסבר צריך לכלול תיאור של השכבות השונות בתת הקרקע, התכונות הגיאוטכניות של שכבות אלה והסבר כיצד חושבו או הוערכו תכונות אלו.
- f. באזורים בהם מופיע האתר במפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (הגברות אגן) בגרסתה המעודכנת, המהווה חלק מתקן 413 והמוסברת בדוח המכון הגיאולוגי, מודל תת הקרקע שיובא בחשבון בסקר תגובת אתר יכול את כל השכבות מפני השטח ועד למצע הקשה (גיר, דולומיט, בזלת, וכדומה) שהגדרתו המדויקת משתנה בהתאם לתנאים הגיאולוגיים השונים של ישראל ועומקו עלול להגיע ל 250 מטר (ראה הסבר בדוח המכון הגיאולוגי GSI/15/2009 או בגרסה מעודכנת לכשתופץ).
- g. כאשר המצע הקשה עמוק במידה כזו שהשגת מידע על עובי השכבות ותכונותיהן הפיסיקליות בחלק התחתון של החתך איננה מעשית, יש לקבוע שכבת החזרה דומיננטית, או לבדוק רגישות התגובה למספר שכבות החזרה דומיננטיות אפשריות (להגדרה מפורטת מומלץ לעיין ב- ASCE7 סעיף 20.1.2). ניתן להיעזר במידע מקידוחים סמוכים כדי להעריך את עובי השכבות שלא נקדחו ואת הרבבן ובהתאם לכך להעריך את תכונותיהן הפיסיקליות. יחד עם זאת, עבור 30 המטרים העליונים של חתך הקרקע והסלע מומלץ להשתמש בערכים שמקורם במדידות שבוצעו באתר עצמו (בשיטות גיאופיזיות, בקידוח או במדידות מעבדה).
- h. באתרים שעל פי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות ונמצאים באגנים גיאולוגיים עמוקים וצרים, מומלץ שסקר תגובת אתר יבוצע בתשומת לב יתירה על פי מיטב הידע המדעי והטכנולוגי הקיים בעולם ובמידת האפשר יתחשב גם באפקטים המיוחדים לאגנים מסוג זה. אם אתר מסוים נמצא באגן גיאולוגי צר ועמוק וגם באזור בו קיים חשד לקיומו של מצע קשה בבסיס חתך הקרקע, יש להתחשב באופן פרטני גם במצע זה.

בהעדר סקר אתר ניתן לצורך הגדרת ספקטרום התכן להשתמש בת"י 413 המעודכן לרבות מקדמי התיקון לספקטרום עבור רמות ריסון שונות.

2. קריעת פני שטח (כאשר רלוונטי)

יש לבדוק אם בשטח האתר קיימים העתקים פעילים או החשודים כפעילים על פי מפת ההעתקים החשודים כפעילים המעודכנת ומפורסמת ע"י המכון הגיאולוגי.

- a. אם יש העתקים פעילים: **עבור מבנים חדשים** - יש לנהוג בהם על פי המתחייב מת"י 413 המעודכן **(ג.ת 5)**, **במידה ויש לשדרג מבנים קיים באזור העתק פעיל** - יש לערוך חקירה מתאימה בעזרת סיסמולוג ואיש קרקע מנוסה ובקי בהרכב הקרקע באזור כדי להעריך ולספק את רמת הסיכון לתזוזות הקרקע האנכיות והאופקיות הצפויות משני צידי השבר בפני הקרקע (ה"זריקה" הצפויה בשבר) עבור עוצמות רעידות שונות הנדרשות לתכן. במידת האפשר יצוינו בדו"ח הפעולות שעל המהנדס המבני לנקוט כדי להימנע מפגיעה במבנה, כגון יצירת גריד קורות קשר בין יסודות קיימים וכד'. במקרה שקיים חשש ששבר יעבור בתחום מבנה קיים יש לבצע בחינה אנליטית דינאמית לא לינארית מפורטת ע"י מהנדס מוכר בתחום הנדסת קרקע ברעידות אדמה שיבהיר למהנדס המבני את השלכות הקריעה בפני השטח על המבנה. המהנדס המבני יספק למומחה פרמטרים של הבניין והביסוס לצורך מידול האינטראקציה בין הקרקע למבנה (Soil Structure Interaction) בצורה ריאליסטית.
- b. אם יש העתקים המוגדרים במפת המכון הגיאולוגי כ- "חשודים כפעילים" הם יחשבו כפעילים אלא אם נבדקו והוכח שאינם פעילים בשיטות המקובלות לזמן ביצוע הסקר (כגון ביטוי מורפולוגי של ההעתק בפני השטח אשר ניתן לזהותו בסריקת תצלומי אוויר ובמיפוי בשדה, ביצוע חתכים גיאופיזיים רדודים, פתיחת תעלות וניתוח פלאוסיסמולוגי) או לחילופין הערכת הסיכון ההסתברותית שלהם הראתה סבירות לתזוזה עבור רעידות התכן שואפת לאפס.
- c. יש לציין האם נקלטו ואוכנו רעידות אדמה שמוקד התרחשותן על גבי ההעתק הנדון או בסביבתו הקרובה.
- d. אם נותר ספק, יש להתייחס אל ההעתק כפעיל.

3. גלישת מדרון/קרקע (כאשר רלוונטי)

- a. אם בשטח האתר קיימים מדרונות טבעיים או מלאכותיים, יש לבצע סקר שדה (מלווה בבחינת תצלומי אוויר וטופוגרפיה) לאיתור עדויות לכשל מדרון עכשווי או לכשל שארע בעבר ההיסטורי או בעבר הגיאולוגי, תוך

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

בחינה של הגורמים הגיאולוגיים הקובעים את יציבות המדרון ובכלל זה: סוג הסלע/קרקע, נטיית השבבות, תלילות המדרון והמצב ההידרולוגי.

b. יש לבחון ספרות מקצועית קיימת ומפות סיכון (בקב"מ 1:200,000 או מפורט יותר, ככל שקיים) אשר נעשו ע"י המכון הגיאולוגי (ניתנים להשגה בספריית המכון הגיאולוגי או באתר האינטרנט של המכון) או מגורם מקצועי ומקובל בתחום.

c. במידה ולא נמצאו עדויות לכשל מדרון באזור או שהוא אינו מופיע במפות הסיכון של המכון הגיאולוגי, יש לבצע הערכה איכותית של הפוטנציאל לגלישה באזור על פי הגורמים הגיאולוגיים הקובעים את יציבות המדרון.

d. אם יתברר, על פי הדרישות שפורטו לעיל, שבאזור יש תנאים לכשל מדרון מכל סוג שהוא, יש לבצע הערכה כמותית של יציבות המדרון בתנאי רעידת אדמה באחת השיטות המקובלות בספרות המקצועית ולפרט באיזה שיטה נערך החישוב.

* הערה: המונח גלישה מתייחס לכל סוג של תנועת חומר במדרון: גלישה, נפילה, זרימה, זחילה וכד', בין אם נגרמה כתוצאה מאי יציבות סטאטית או דינאמית.

** יש להקפיד לבדוק יציבות של מבנים תומכים לעומס האופקי מרעידת האדמה שהוגדר לעיל בסעיף 1.

4. התנזלות קרקע (כאשר רלוונטי)

יש לבדוק האם קיים פוטנציאל להתנזלות באזור האתר בהסתמך על ההערכות הבאות:

a. הערכה גיאולוגית: יש לברר האם הקרקע או התשתית הטבעיים במקום רגישים להתנזלות, על פי סוג הקרקע, סביבת ההשקעה הטבעית שבה נוצרה והגיל שלה. יש לברר האם באזור הנבדק ארעה בעבר התנזלות. יש לברר האם באתר מצויים אזורים בהם קיים מילוי או תשתית מלאכותיים מאחר ואלה נחשבים רגישים במיוחד להתנזלות.

b. הערכה הידרולוגית: יש לברר מהו מפלס מי התהום הגבוה ביותר (הרדוד ביותר) הצפוי באזור הנבדק, תוך התייחסות למפלסים היסטוריים ושינויים עתידיים צפויים, ולהעריך באם החתך הרגיש להתנזלות רווי או צפוי להיות רווי בעתיד.

a. הערכה סיסמית: יש לברר האם האזור חשוף לתאוצות סיסמיות מעבר לסף הדרוש להתנזלות, תוך התייחסות לתאוצות השיא (PGA), המרחק מהמקור הסיסמי והמגניטודה המירבית הצפויה בו. לצורך חישוב הסיכון מהתנזלות הקרקע יש להעריך את התאוצה ההסתברותית באתר המתאימה למגניטודה 7.5 כולל תגובת אתר מתאימה עבור הסתברות של 2%/5%/10% בחמישים שנה, לצורך הערכת מקדם בטחון להתנזלות ע"י המתכנן. יש להציג את אופן הערכת התאוצה ההסתברותית באתר המתאימה למגניטודה 7.5 לצורך הערכת הסיכון מהתנזלות הקרקע, בשיטת Magnitude weight או Hazard Disaggregation. החישוב יעשה כאמור עבור הסתברות של 2%, 5%, 10% לחמישים שנה.

b. אם נמצאה רגישות להתנזלות יש לבדוק את הסיכון להתנזלות באתר ע"פ ת"י 940,

c. במידה ומקדם הביטחון להתנזלות בשכבה העליונה גבולי או נמוך יש לשקול שימוש באמצעים להקטנת סכנת ההתנזלות, כמו החלפת קרקע, שריון קרקע, ביסוס עמוק. קביעת האמצעים תהייה בהתייעצות בין יועץ הקרקע, המהנדס המתכנן והמזמין/רפרנט בתחום הסיסמי ממשרד החינוך.

d. לחלופין, מומחה הקרקע יעריך את השקיעות והתזוזות האופקיות מהתנזלות ויעביר הסטות צפויות כך שניתן יהיה לתכנן את המבנה באופן שיעמוד בהסטות האלה. הערכה כמותית של תיעשה באחת השיטות המקובלות בספרות המקצועית, ובאמצעות תוכנות מתאימות לכך. יש לפרט מהם הנחות היסוד ובאיזה שיטה נערך החישוב.

5. נחשול ים (צונאמי) והצפות (כאשר מיקום האתר במישור סמוך לחוף הים)

יש לבחון על פי הספרות המקצועית האם ידוע על צונאמי שהתרחש באזור הנדון, וזאת על סמך דיווחים היסטוריים או עדויות שטח כלשהן.

a. יש לבחון על פי הספרות המקצועית הקיימת ומפות סיכון אשר נעשו ע"י המכון הגיאולוגי או מהמכון לחקר ימים ואגמים או גורם מקצועי אחר המומחה לתחום, האם האזור מועד להצפה כתוצאה מצונאמי, או כתוצאה ממי תהום הסמוכים לפני השטח.

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

- b. במידה ונמצאו עדויות היסטוריות או גיאולוגיות להתרחשות צונאמי באזור, או שאזור זה הוגדר כבעל פוטנציאל לסיכון מצונאמי ומופיע במפות הסיכון של המכון הגיאולוגי, יש לבצע הערכה איכותית של הפוטנציאל לצונאמי באזור על פי הקרבה לים והטופוגרפיה של האתר.
- c. אם יתברר, על פי הדרישות שפורטו לעיל, שבאזור יש תנאים או פוטנציאל לצונאמי, (או הצפה) יש לבצע הערכה כמותית של הסיכון לצונאמי באחת השיטות או המודלים המקובלים בספרות המקצועית ולפרט באיזה אופן נערך החישוב.
- d. לאחר שהוערך גובה הגל הצפוי יש להעריך השפעתו על מבנים ומתקנים באתר. חישוב יבוצע לפי הליכי תכן מוכרים בתחום. ניתן לראות דוגמא לחישוב ההשפעה על מבנים בפרסום של FEMA P646/2008: <http://www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=3463>
Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis

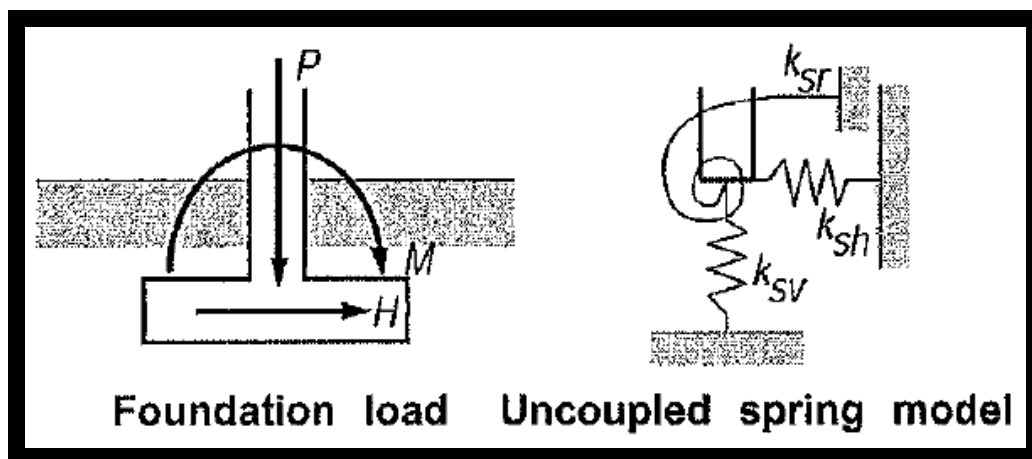
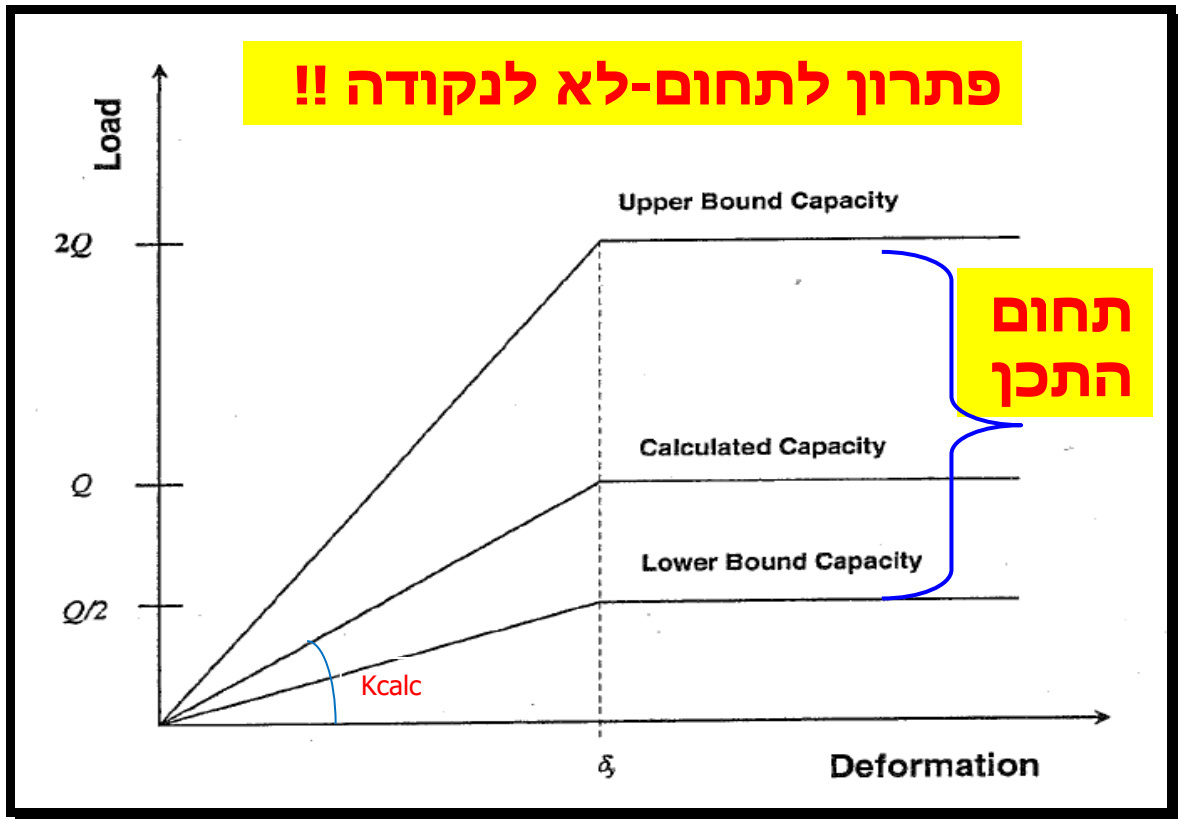
ג) **הגדרות פרמטרים לתכנון השיתוף (האינטראקציה) בין המבנה לקרקע: SSI (Soil Structure Interaction)** **בטבלה 2** להלן מפורטים הנתונים והפרמטרים הנדרשים להגדרה ע"י מהנדס הקרקע. לנחיות המהנדס רוכזו מרבית הדרישות ממהנדס הקרקע לצורך הגדרת הסיכון והערכת התגובה הצפויה בתווך הקרקע לעומסי כבידה ועומסי רעידת אדמה. נתונים אלה חיוניים לצורך הגדרה אמיינה של המודל המבני. בגלל אי הודאות והקושי בניבוי מדויק של התנהגות הקרקע ובהתאם להנחיות התקן האמריקאי ASCE 41 נדרש לבחון תגובת המבנה עבור מספר תרחישי התנהגות של הקרקע, החל מהערכת קשיחות וחוזק הקטנה פי 2 מהערך המחושב של מומחה הקרקע ועד ערכי קשיחות וחוזק כפולים פי 2 מהערך המחושב (ללא מקדמי בטיחות). במקרים מיוחדים יש לשקול אינטראקציה קינמטית מלאה הכוללים מידול תת הקרקע עם התחשבות בריסון ופרמטרים נוספים. חקירה כזו תיעשה על ידי מומחה לתחום.

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

מס"ד	תאור העבודה	הערות
1	ספקטרומי תכן עפ"י סקר אתר של תאוצות והזזות קרקע באתר. הסקר יתייחס לכל הסעיפים הרלוונטיים בסעיף ב.1 במסמך זה ונספח 1, לרבות הגברות אגן.	הספקטרומים יהיו נתונים למפלס פני הקרקע, לאחר חישוב הגברה, אם קיימת, וכפי שהוגדר בסעיף ב במפרט זה. לתקופות חזרה של 475 שנה, ו2,475 (כרפרנס), 975 שנה (לתכן) עבור רמות ריסון מבניות של 2%, 3%, 4%, 5%, 7% או כל אחוז ריסון אחר נדרש. נדרשים ספקטרומים בכיוונים אופקיים ואנכיים. * הגדרת הספקטרום תהייה תקנית ועל פי דרישות תקן ASCE 41 או ASCE 7. או לפי תי. 413 כשאין סקר אתר. יצוין כי הנתונים צריכים להגיע מבדיקות פיסיית לעומק 30 מ' לפחות.
2	אספקת רישומי רעידות אדמה (אקסלוגרמות) מותאמים לאתר לתכנון מבני בהתאם לנדרש ב ASCE 41 או ASCE 7	3 רישומי רעידות בעלות 3 רכיבי תאוצה, 3 רכיבי מהירות ו3 רכיבי הזזה מותאמות לאתר הספציפי ולזמני המחזור של המבנה. בבתי ספר הקרובים לקו שבר המומחה יספק לפחות רעידה אחת שמכילה פולס הנובע מתוזות העתקה גדולה & Large Co-seismic displacement & fling step.
3	סיווג הקרקע בהתאם למפתח המוגדר ב ASCE 41 או ASCE 7	מפתח הסיווגים הנ"ל אומץ ע"י תי. 413.
4א	הגדרת תחום קשיחויות אפשרי להזזה של הקרקע לעומסים אנכיים, אופקיים ולסיבוב היסוד	<u>עבור יסודות רדודים:</u> תאור התוצר הדרוש מתואר בסעיף 8.4.2 ASCE 41-17 <u>עבור יסודות עמוקים:</u> עקומי P-y עבור בדיקת כלונסאות בביסוס עמוק כמתואר בסעיף 8.4.3 ASCE 41-17 לכל סוגי הביסוס על המומחה להעביר נתוני קשיחות ותסבולת מחושבים ללא מקדמי בטחון כך שניתן יהיה לבנות את העקומים המתוארים באיור 2.
4ב	הגדרת תחום תיסבולות אולטימטיביות אפשריות של הקרקע לעומסים אנכיים (כולל מתיחה), אופקיים ולסיבוב היסוד	ההגדרות הנ"ל יינתנו גם לרכיבי השדרוג!!!
5	גלישות קרקע וקריעת פני שטח	אם רלוונטי, ראה סעיף ב.3 במסמך זה
6.	בדיקה לסכנת התנזלות בקרקע	אם רלוונטי, ראה סעיף ב.4 במסמך זה
7.	צונאמי והצפות	אם רלוונטי, ראה סעיף ב.5 במסמך זה.

טבלה 2: נתונים להגדרת הסיכון הסיסמי ופרמטרי הקרקע:
(ע"י מומחה בתחום הנדסת קרקע ורעידות אדמה)

מדינת ישראל
 משרד החינוך
 המינהל לפיתוח מערכת החינוך
 אגף א' בינוי ותקצוב



איור 2: (a) עקומי כוח הזזה לגבולות עליונים ותחתונים של התנהגות קרקע לצורך: (b) ייצוג אלסטו פלסטי מקורב לתגובת הקרקע ליסוד רדוד באירוע סיסמי.

מדינת ישראל
משרד החינוך
המינהל לפיתוח מערכת החינוך
אגף א' בינוי ותקצוב

ד) תכולת עבודת יועץ הקרקע ותוצריו בהתאם לשלבי האבחון והביצוע

מלבד הערכת הסיכונים הסיסמיים והגיאולוגיים בפרויקטים מסוג זה, ליועץ הקרקע תפקיד בליווי הפרויקט בהיבט הביצועי. יועץ הקרקע יספק למהנדס המתכנן הנחיות לשיטות הביסוס בצירוף מפרטי עבודה, יאשר את תוכניות הביצוע ויבצע פיקוח עליון כנדרש על עבודות החיזוק. עלות עבודת יועץ הקרקע בשלב האבחון הראשוני תחול על המהנדס המתכנן ועלות שלב הביצוע תחול על הקבלן המבצע.

תכולת העבודה בכל שלב:

a. בשלב אבחון ראשוני

- סיור גאו-טכני באתר במסגרת לצורך אפיון תנאי הקרקע באתר והתרשמות מהתנאים הטופוגרפיים;
- ריכוז ממצאי חקירת הקרקע ומתן חתך קרקע אופייני.
- קביעת כלל התכונות ההנדסיות, פרמטרי הקרקע והסיכונים הסיסמיים כמתואר לעיל בנספח זה
- מתן הנחיות לעבודות ביסוס בהתחשב בעבודות הביצוע הבאות:
- חיזוק/התחברות לביסוס קיים, ביסוס אלמנטים חדשים (דוגמת קירות הקשחה), חפירות בצמוד למבנה להבטחת יציבות המבנה הקיים, ניקוז ופיתוח. [ההנחיות יותאמו להתכנות הביצועית על סמך המצב הקיים]
- אישור תוכניות עבודה למכרז.
- מתן הנחיות להרחבת בדיקות בשטח (קידוחי ניסיון או חפירות גישוש) לאימות סופי של שיטות הביסוס ופרמטרי הביסוס (לא סוג הביסוס).

b. בשלב הביצוע

- ליווי בדיקות בשטח על פי הנחיות דו"ח מקדים.
- אשור או הרחבה של הנחיות עבודות הביסוס ופרמטרי הביסוס.
- אישור תוכניות סופיות לביצוע, כשזו תועבר על ידי המתכנן, ע"פ הצורך.
- פיקוח עליון על ביצוע עבודות הביסוס באתר.