

לעיון בלבד



עיריית עפולה

רובע גלבוע עפולה

דו"ח תכן מבנה מיסעות מפורט

הוכן עבור: עיריית עפולה והחברה הכלכלית לפיתוח עפולה בע"מ

תאריך: 09/04/2024

9 אפריל 2024

מספרנו : 210389

לכבוד
ישראל פרץ
מנהל פרויקט
סי.פי.אם ניהול בניה בע"מ
א.נ.,

הנדון: רובע גלבווע עפולה - דוח תכן מבנה מיסעות מפורט

- א) מוגש לכם בזאת דוח תכן מבנה מפורט למיסעות בפרויקט שבנדון.
ב) הדוח מבוסס על חקירה גיאוטכנית מפורטת, ומתייחס לסוגיות גיאוהנדסיות שונות הקשורות לתכן מבנה המיסעות.
ג) תכנון מפורט זה ישמש את המתכנן הראשי לקביעת אומדנים ועליות ביצוע של מערכת הכבישים בפרויקט.

נשמח לעמוד לרשותכם במתן הבהרות נוספות.

בכבוד רב,
אגסי רימון מהנדסים

העתקים:

- מיכאל ז'ריקוב, אמי מתום מהנדסים ויועצים בע"מ, מהנדס בכיר- מחלקת דרכים ופיתוח שכונות

תוכן עניינים

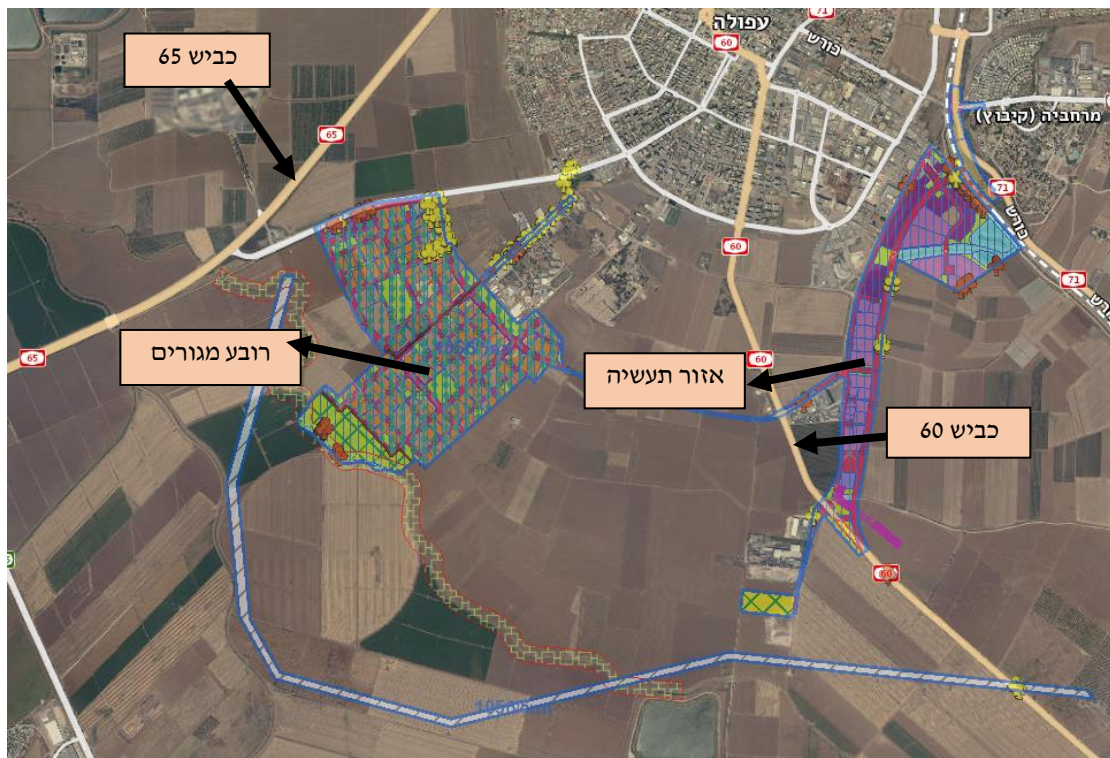
5.....	מבוא ותיאור.....	1
6.....	אלמנטי פרויקט ותיאור התוויה גיאומטרית.....	2
11	מידע גיאוטכני קיים.....	3
11	מידע גיאולוגי בסיסי	3.1
12	מידע קיים מדו"חות תכן מבנה באזור הפרויקט	3.2
12	דו"ח תכן מבנה מיסעות - אר"מ מהנדסים	3.2.1
12	דו"ח תכן מבנה מיסעות – עופר קיף.....	3.2.2
13	חקירה גיאוטכנית בשדה ובמעבדה.....	4
13	מרכיבי החקירה	4.1
14	פרופיל קרקע	4.2
16	תכונות אינדקטיביות.....	4.3
17	מיון קרקעות	4.4
18	בדיקות חוזק	4.5
19	החדרה תקנית SPT	4.5.1
19	בדיקות מכנף גזירה- VT	4.5.2
20	בדיקות CBR בלתי מופר	4.5.3
21	בדיקות מת"ק מעבדתית מלאה.....	4.5.4
24	סיכום ערכי חוזק שתית – מת"ק קרקע יסוד	4.5.5
24	קביעת מת"ק תכנוני בתחתית מבנה.....	4.6
24	סוגיות גיאוטכניות קיימות.....	5
24	תפיחה של קרקע חרסיתית	5.1
28	קונסולידציה	5.2
28	אמבטיות של אזורים כלואים	5.3
29	נתוני תנועה לתכנון.....	6
29	ניתוח תנועה בשכונת רובע גלבוה.....	6.1

29	ניתוח תנועה בחיבורים	6.2
30	תכן מבנה המיסעות החדשות	7
30	מיסעות חדשות.....	7.1
32	הרכב מבנה ברחובות "הולנדיים" או חנייה מרוצפת	7.2
32	הרכב מבנה שביל אופניים ו/או מדרכה עם אספלט	7.3
32	הרכב מבנה מדרכה מרוצפת.....	7.4
33	הרכב מבנה מגרש חניה לכ"ר פרטיים.....	7.5
33	טיפול אספלטי במיסעות קיימות באזורי התחברויות.....	7.6
34	הנחיות מיוחדות בהיבט של עבודות עפר ואספלט.....	8
34	חישוף	8.1
34	סילוק שפך/ פסולת	8.2
34	שיפוע מדרונות במילוי.....	8.3
34	עיבוד קרקע יסוד מקורית.....	8.4
35	שברי אבן "בקלש"	8.5
35	החלפת קרקע יסוד מקורית (חומר מילוי להחלפת קרקע).....	8.6
35	חומר מילוי מאושר רגיל	8.7
36	הידוק חומרי מילוי.....	8.8
36	ריסוסים	8.9
36	הנחיות חיבור בין מיסעה חדשה למיסעה קיימת.....	8.10
36	הטמנת צנרת ותשתיות	8.11
36	יישום יריעת איטום HDPE אופקית בעובי 1 מ"מ.....	8.12
37	ביסוס קירות תומכים	9

1 מבוא ותיאור

- (א) עיריית עפולה החליטה לקדם תכנון תחבורתי למתחם מגורים חדש הנקרא "רובע גלבווע" על פי הוראות תוכנית תמל/1056.
- (ב) המתחם העתידי ייבנה בחטיבת קרקע פנויה דרום מערבית למרכז העיר. השטח המיועד לפיתוח גובל ממערב ברחוב הבנים וכביש בינעירוני מס' 65, ממזרח בכביש בינעירוני מס' 60, מצפון בבית הספר החקלאי ניר העמק ומדרום בנחל גלבווע. השטח שהוקצה לטובת המיזם הינו 2,500 דונם ויכלול שני מתחמים ראשיים:
- רובע מגורים בהיקף של כ- 7,800 יחידות דיור.
 - אזור תעשייה ותעסוקה בהיקף של כ- 400 אלף מ"ר.
- (ג) תרשים מס' 1.1 מציג תוכנית התמצאות על רקע תצ"א של הפרויקט.

תרשים 1-1: תוכנית התמצאות על רקע תצ"א



- (ד) חברת סי.פי.אם ניהול בנייה בע"מ מנהלת את הפרויקט עבור עיריית עפולה והחברה הכלכלית לפיתוח עפולה. חברת אמי מתום מהנדסים ויועצים בע"מ מובילה את התכנון הגיאומטרי של הפרויקט, וחברת אגסי רימון מהנדסים בע"מ מייצעת בתחום הביסוס ותכנ מבנה המיסעות בפרויקט.
- (ה) דו"ח זה מציג את תכנ מבנה המיסעות המפורט ברובע המגורים בפרויקט, וכן מציג הנחיות לביסוס הקירות התומכים.

2 אלמנטי פרויקט ותיאור התוויה גיאומטרית

(א) התרשים להלן מציג תנוחה כללית של רשת הרחובות המתכוננים במסגרת הפרויקט.

תרשים 1-2: תנוחה כללית של רשת הרחובות המתכוננים



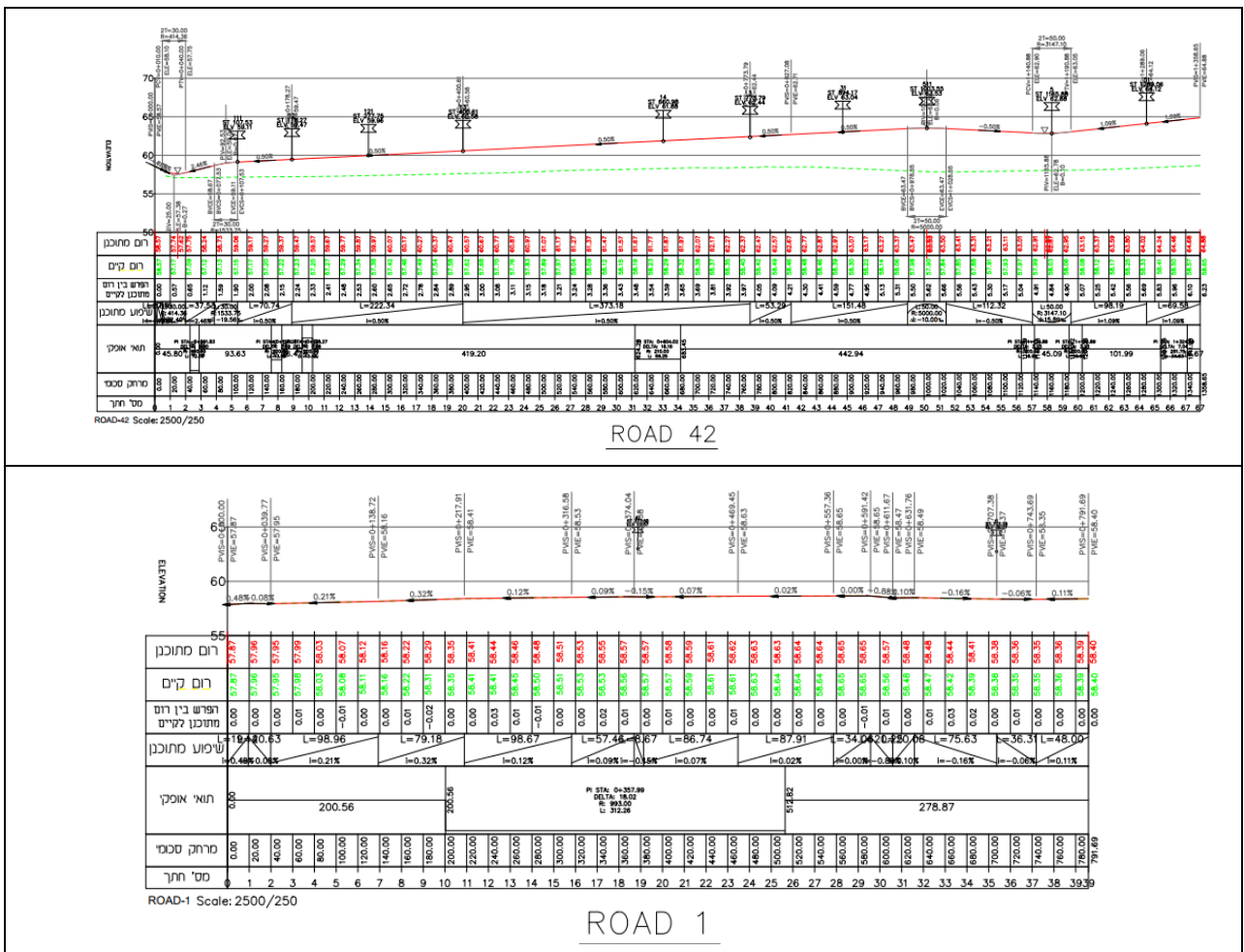
(ב) טבלה מס' 1-2 מציגה את תיאור החתך לאורך המתוכנן ביחס למצב הקיים בכל רחוב, בהתאם לתוכנית חתכים לאורך.

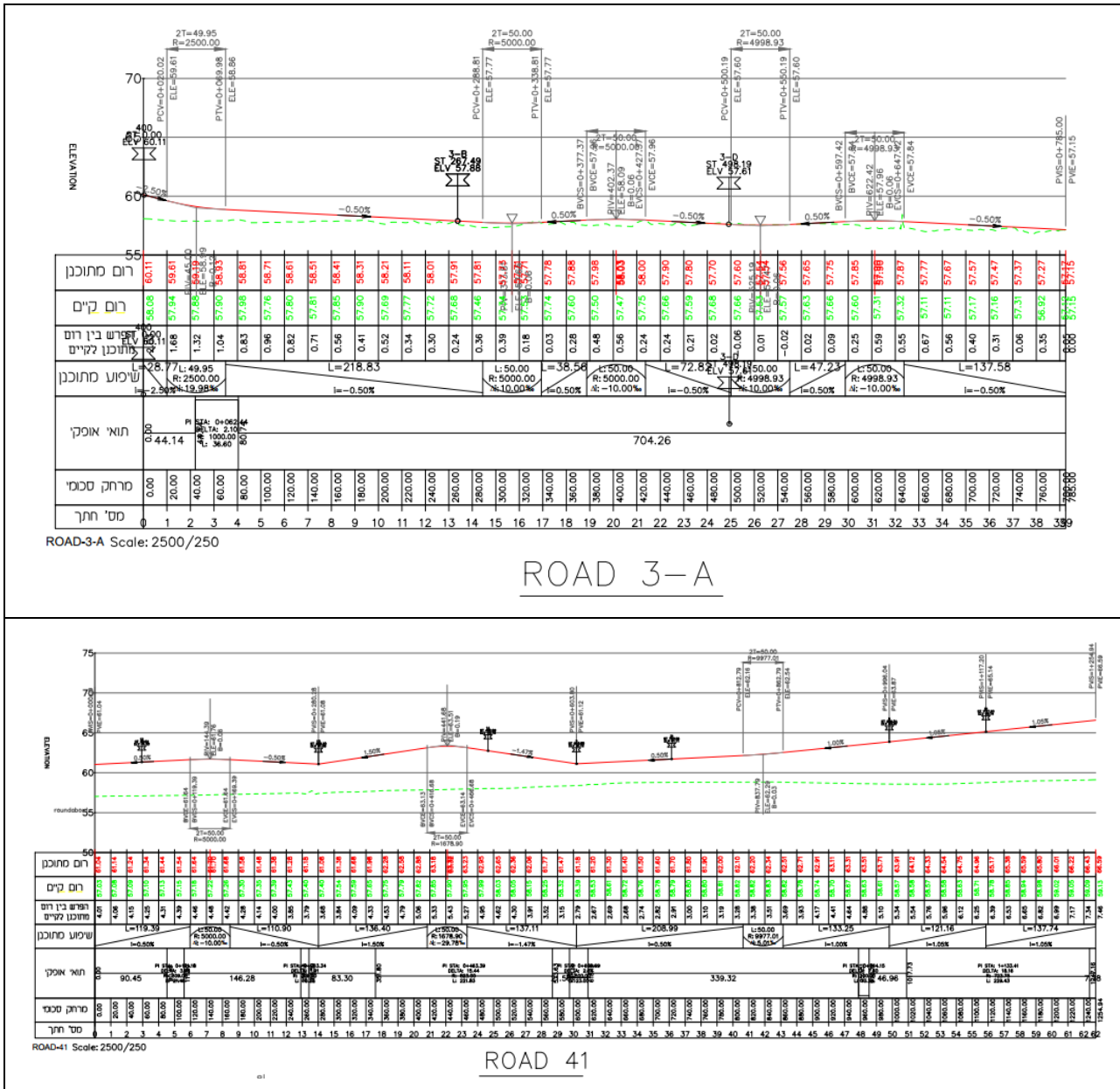
טבלה 1-2: תיאור החתך לאורך

הערות	עומק חפירה מקסימאלי, מ'	גובה מילוי מקסימאלי, מ'	אורך, מ'	עד חתך	מחתך	ציר
כל הכביש במילוי	-	5.3	1,180	59	0	Road 5
כל הכביש במילוי	-	4.0	1,000	50	0	Road 3
כל הכביש במילוי	-	6.2	1,340	67	0	Road 42
כל הכביש במילוי	-	4.5	1,460	73	0	Road 6
כל הכביש במילוי	-	4.2	480	24	0	Road 12
כל הכביש במילוי	-	3.8	620	31	0	Road 13
כל הכביש במילוי	-	3.2	380	19	0	Road 62
כל הכביש במילוי	-	7.5	1,240	62	0	Road 41
כל הכביש במילוי	-	1.4	100	5	0	Road 63
כל הכביש במילוי	-	4.7	460	23	0	Road 14

הערות	עומק חפירה מקסימאלי, מ'	גובה מילוי מקסימאלי, מ'	אורך, מ'	עד חתך	מחתך	ציר
	-	3.9	200	10	0	Road 25
	-	5.5	280	14	0	Road 512
	-	4.7	720	36	0	Road 31
	-	2.5	160	8	0	Road 43
	-	2.5	200	10	0	Road 111
	-	3.5	320	16	0	Road 121
	-	4.7	300	15	0	Road 221
	-	5.7	340	17	0	Road 511
	-	6.8	740	37	0	Road 51
	-	3.0	640	32	0	Road 61
	-	2.0	780	39	0	Road 3-A

- ג) כפי שניתן לראות בטבלה לעיל, במסגרת הפרויקט מתוכננים 24 רחובות חדשים, באורך כולל של כ-13 ק"מ. כל הרחובות מתוכננים במילוי גבוה מעל 2.0 מ', כאשר גובה המילוי המקסימאלי הוא כ-7.5 מ' ברחוב מס' 41.
- ד) להלן מוצגים מספר חתכי אורך מתוכננים ביחס למצב קיים.

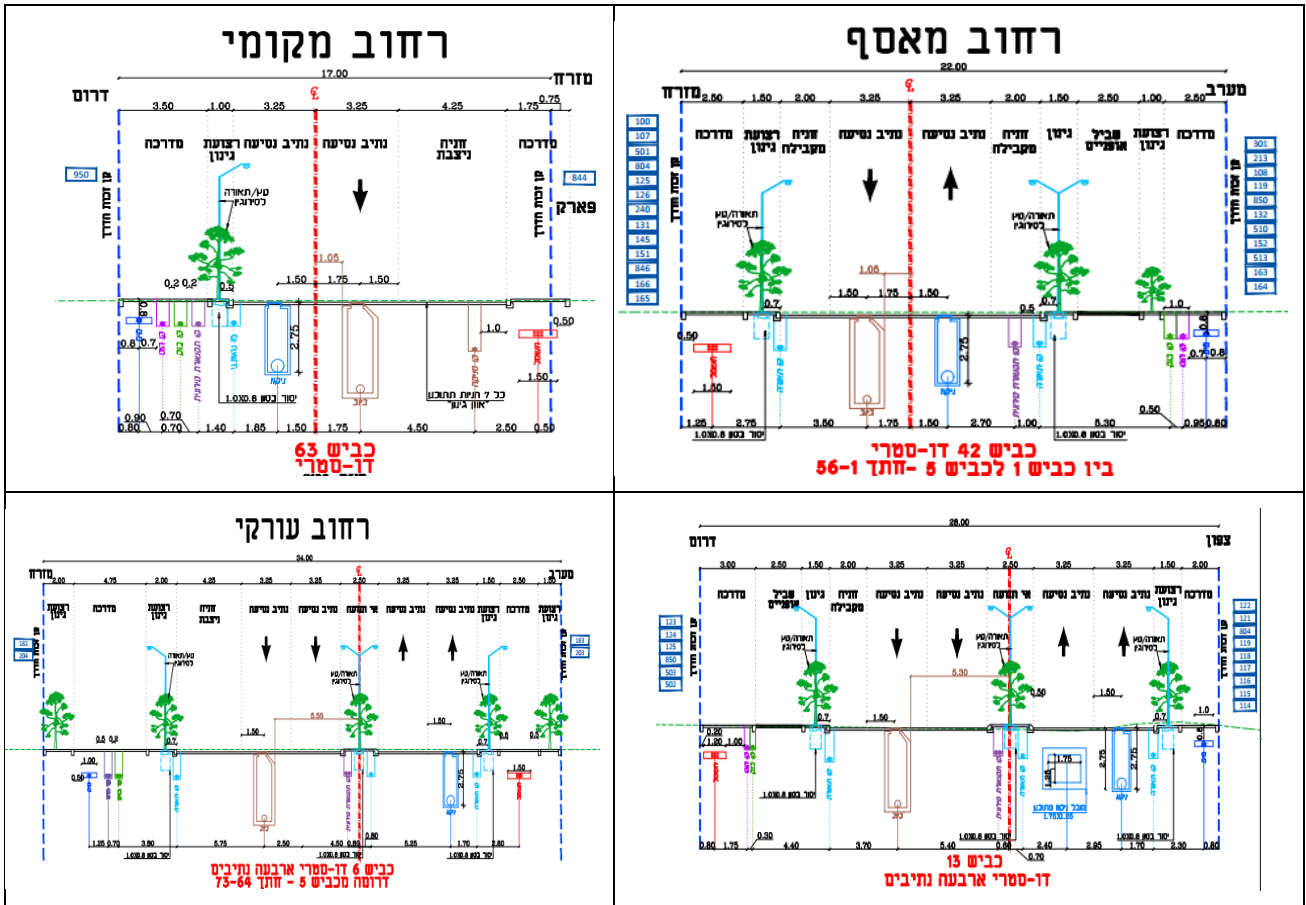




ה) טבלה מס' 2.2 מציגה את הסיווג של כל אחד מהרחובות המתוכננים בהתאם להנחיות לתכנון רחובות בערים, אוגדן מס' 3, מהדורה אוגוסט 2000 בהוצאת משרד הבינוי והשיכון. כמוכך, הטבלה מציגה את תיאור החתך לרוחב הטיפוסי של כל רחוב, בהתאם לתכנון הגיאומטרי המוצע.

טבלה 2-2: סיווג רחובות ותיאור החתך לרוחב

ציר	סיווג הכביש המתוכנן	רוחב מיטעה לשני הכיוונים, מ'	מספר נתיבים לשני הכיוונים	רוחב אי תנועה, מ'	רוחב חניה מ',	רוחב מדרכה, מ'	רוחב שביל אופניים, מ'
Road 5	מאסף	6.5	2	אין	4.2	2.5	2.0
Road 3	עורקי	13.0	2	אין	4.3	2.5	2.5
Road 42	מאסף	6.5	2	אין	2.0	2.5	2.5



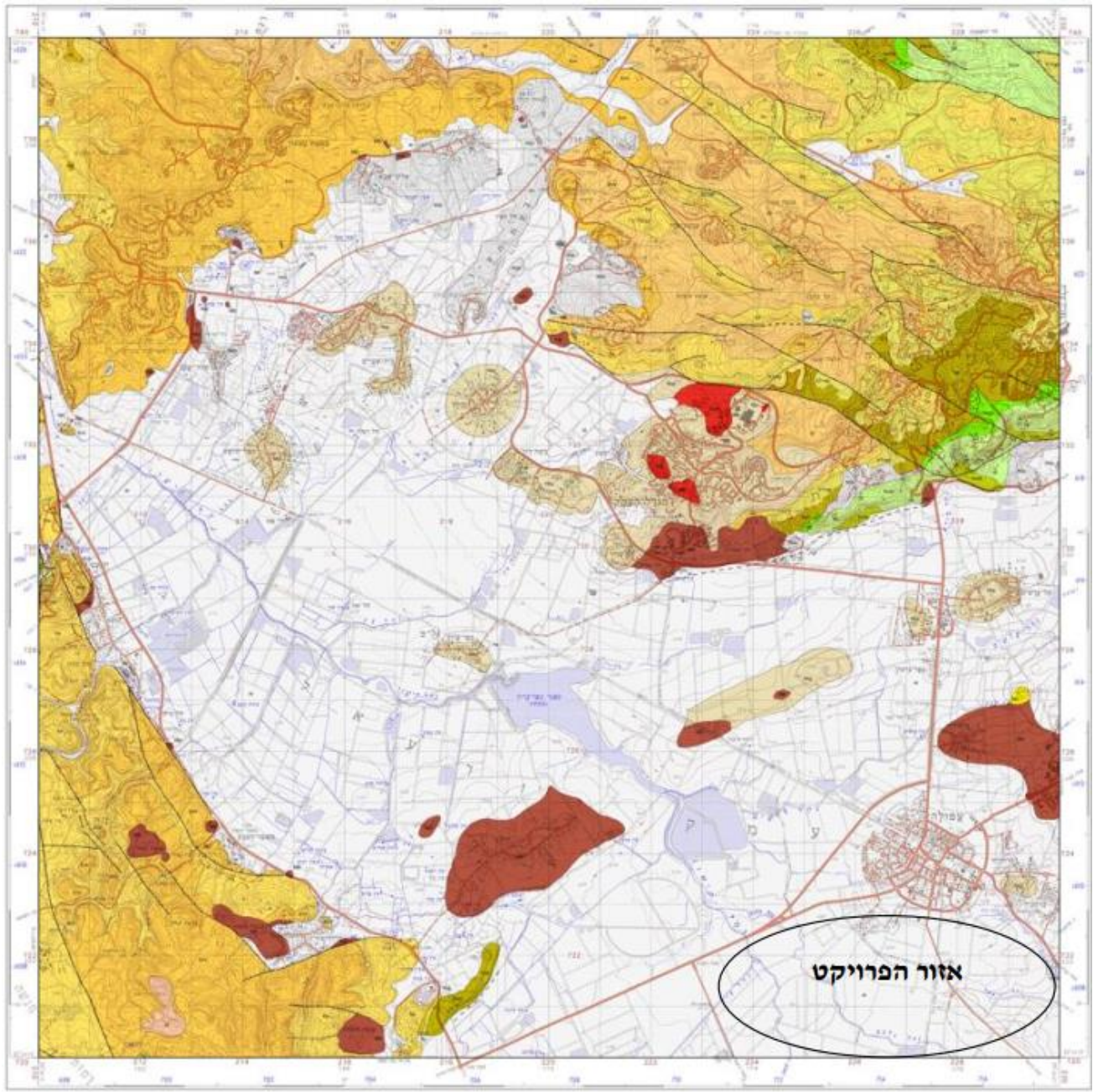
כפי שניתן לראות בטבלה לעיל, קיימים 4 סוגים של רחובות (עורקי, מאסף, מקומי ומשולב), בחתך טיפוסי של רחוב מיטעה משתנה, עם נתיב אחד עד שני נתיבים לכל כיוון, עם ובלי מפרדה באמצע, מפרצי חנייה מקבילים וניצבים, מדרכות ושילי אופניים.

3 מידע גיאוטכני קיים

3.1 מידע גיאולוגי בסיסי

א) תרשים מס' 3.1 מציג את המיקום הרלוונטי של הפרויקט מתוך מפה גיאולוגית של ישראל בקני"מ 1:50000, אזור נצרת, גיליון IV-3, ירושלים 2018.

טבלה 3-1: מיפוי גיאולוגי של אזור הפרויקט



ב) מתוך הטור הסטרטיגרפי של המפה, הפרויקט נמצא בתווח של אלוביום (Al) גיל הולוקן אשר מורכב בדרך כלל מחרסית וטין ממוצא יבשתי, במקומות עם שאריות חומר אורגני, במקומות עם חלוקים, בעובי 2-30 מ'.

3.2 מידע קיים מדו"חות תכן מבנה באזור הפרויקט

(א) סקר ספרותי מקיף בוצע בסביבת הפרויקט לצורך הרחבת המידע הגיאוטכני בשלב מוקדם זה. החומר הנבדק מתבסס על:

- דוח תכן מבנה מפורט, מסילת רכבת העמק - קטע מחיפה לבית שאן, קטע מזרחי: כפר ברוך - בית שאן, תת-קטע ב-3 ו-ב-4, מרחביה - בית שאן חתכים 37+250 עד 58+500, שהוכן ע"י ארם מהנדסים, אוגוסט 2011.
- דו"ח תכנית מבנה מסילות חדשות עבור "מסילת העמק" בקטע ב-1 בין כפר ברוך לניח עדשים בין ק"מ 26+500 עד 33+000, דו"ח תכן מבנה מפורט, שהוכן ע"י עופר קיף הנדסה בע"מ, אוקטובר 2012.

3.2.1 דו"ח תכן מבנה מיסעות - אר"מ מהנדסים

(א) **חתך הקרקע:** חתך הקרקע לאורך התוואי מורכב משכבה עליונה מסוג חרסית שמנה (CH) לפי שיטת המיון האחידה, A-7-6 עד A-7-5 על פי שיטת המיון של AASHTO. התכונות האינדקטיביות של החרסית מציינות פלסטיות גבוהה. עובייה של השכבה משתנה ממטרים ספורים ומגיע בחלק מהמקומות לעשרות מטרים. החרסית בחלק מהמקומות הינה חרסית רכה ובעייתית מאוד בהקשר הגיאואהנדסי. מתחת לשכבת החרסית, קיימות בדרך כלל שכבות קרטון עד קרטון חווארי או סלע וצורות של בזלת. עובי השכבות והופעת שכבות חרסיתיות נוספות מתחתיהן משתנה ממקום למקום.

(ב) **מפלס מי התהום:** מפלס מי התהום הינו רדוד. ממצאי החקירה מראים שעומקו של מפלס המים יחסית לפני השטח נע בין 2.5 ועד 1.0 מ'. מפלסי מי התהום משתנים באופן עונתי, חלקם משקפים מים שעונים, והם יכולים להגיע עד כמעט לפני השטח.

(ג) **תפיחה של חרסית:** בהתאם לממצאי בדיקות התפיחה שבוצעו, החרסית השמנה שהתגלתה לאורך רוב התוואי הינה בעלת פוטנציאל גבוה של תפיחה. ערכי גבול הנזילות של החרסית נעים בין 63% עד 85%, ערכי גבול הפלסטיות נעים בין 22% עד 35%, יחס תכולת רטיבות לגבול פלסטיות נע בין 0.7 עד 1.2 והצפיפות היבשה מגיעה ל-1,550 ק"ג/מ"ק. **ממצאים אלו מצביעים בצורה חד משמעית על ערכים קריטיים של בעיית התפיחה. פתרון בעיית התפיחה המוצג בדו"ח מסתכם בהחלפות קרקע הנעות בין 60 ס"מ בסוללות מעל 3 מ' ו-100 ס"מ בסוללות מתחת ל-3.0 מ', כולל יישום ממברנת איטום אופקית + חציץ אנכי בשני המקרים.**

(ד) **שקיעת קונסולידציה:** בעיית הקונסולידציה רלוונטית בקטעים שבהם מתוכננת הקמת סוללות עפר גבוהות על גבי קרקעות חרסיתיות שמנות ורוויות. השקיעה של הקונסולידציה מתקבלת כתוצאה משחרור לחץ המים העודף המתפתח במהלך ההעמסה של הסוללה. עקב מקדמי חדירות נמוכים של החרסית, תהליך שחרור לחץ מי הנקבובים דורש זמן רב שעלול להגיע לעשרות שנים. המים משתחררים לכיוון שכבות מנקזות (בעלות חדירות גבוהה יחסית לחדירות הקרקע החרסיתית). הקטעים העיקריים הבעייתיים משקיעות בהקשר לנושא הקונסולידציה הם קטעים המתוכננים במילוי של יותר מ-4.5 מ'. ערך השקיעה הכוללת המתקבל בסוללות בגובה 6.0 מ' הינה כ-35 ס"מ וערך השקיעה בסוללה בגובה 7.5 מ' הינה כ-50 ס"מ. **פתרון הקונסולידציה המוצע בדו"ח מתייחס להעמסה מוקדמת של הסוללות מגובה 4.5 מ' בשילוב נקזים אנכיים בעומק 12 מ', בצפיפות של (1 מ' עד 1.3 מ' x 1 מ' עד 1.3 מ') בתלות בתקופת ההמתנה.**

(ה) **מת"ק תכנוני (CBR%):** המת"ק התכנוני של השתית נקבע ל-4.0%.

3.2.2 דו"ח תכן מבנה מיסעות – עופר קיף

(א) **חתך הקרקע:** חלקה העליון של הקרקע הטבעית מורכבת מחרסית שמנה מאוד הממוינת כ- A-7-6 עד A-7-5, גבול הנזילות מגיע לעיתים לערכים הגבוהים מ-100% עם ערך מרבי של 118%, כמו גם ערך התפיחה החופשית מגיע לערכים של 200%, פוטנציאל התפיחה של החרסית הנו מאוד גבוה (וזאת גם לאור העובדה שמקורה של

החרסית הנה בבלייה של בזלת מקומית). עם הירידה לעומק עולה כמות הצרורות (בזלתיים וגיריים) החתך "העמוק" הנו הטרוגני ומכיל מגוון רחב של סוגי קרקע החל מחוואר ועד למסלע בזלתי.

(ב) **מפלס מי התהום**: בהתאם לממצאי הדו"ח מפלס מי התהום נמצא ברום אבסולוטי של $46 +$ עד $48 +$ מ', ובעומק הנע בין 1.5 מ' עד 4.3 מ' מפני השתית.

(ג) **תפיחה של חרסית**: בהתאם לממצאי בדיקות התפיחה שבוצעו, החרסית השמנה שהתגלתה לאורך רוב התוואי הינה בעלת פוטנציאל גבוה של תפיחה. **פתרון בעיית התפיחה המוצג בדו"ח מסתכם בהחלפות קרקע הנעות בין 50 ס"מ בסוללות מעל 4.0 מ' ועד 150 ס"מ בסוללות מתחת ל- 1.6 מ', כולל יישום ממברנת איטום אופקית.**

(ו) **שקיעת קונסולידציה**: ניתוח של שקיעת הקונסולידציה עם הזמן שמוצג בדו"ח **מתייחס להעמסה מוקדמת של הסוללות מגובה 5.0 מ' בשילוב נקזים אנכיים בעומק שכבת החרסית הקיימת כ- 20 מ', בצפיפות של $(2.25 \times$ מ'.**

(ד) **מת"ק תכנוני (CBR%)**: המת"ק התכנוני של השתית נקבע ל- 3.0% .

4 חקירה גיאוטכנית בשדה ובמעבדה

4.1 מרכיבי החקירה

(א) במסגרת התכנון המוקדם גובשה פרוגרמת קידוחים ובורות ניסיון לחקירת הקרקעות בתוואי הפרויקט לצרכי ביסוס המבנים הקונסטרוקטיביים ותכנן מבנה המיסעות החדשות. הפרוגרמה הוכנה בתאריך 14/12/22.

(ב) דו"ח סופי של תוצאות חקירת השדה הוכן ע"י המבדקה לבניין ותשתית בע"מ והתקבל בנובמבר 2023. דו"ח סופי של בדיקות המעבדה התקבל במרץ 2024.

(ג) טבלה מס' 4.1 מרכזת את הקידוחים ובורות הניסיון הנדרשים לצרכי ביסוס ותכנן מבנה המיסעות ומציגה את מספורם, מיקומם עומקם והופעת מי תהום בכל קידוח.

טבלה 4-1: קידוחי ובורות הניסיון לצרכי תכנן מבנה מיסעות

קוד נקודת חקירה	ציר מקורב	עומק [מ']	קואורדינטה מתוכנתת Y	קואורדינטה מתוכנתת X	עומק מי תהום
KN-1	42	6.0	722915	225527	-
KN-2	6	6.0	722636	225127	-
KN-3	42	6.0	722406	225592	-
KN-4	63	6.0	721948	225283	-
KN-5	6	6.0	721911	225672	-
KN-6	51	6.0	721668	225720	-
KN-7	63	6.0	721987	226063	-
KN-8	4	6.0	722262	226215	-
KN-9	3	6.0	722655	226054	-
KN-10	42	6.0	722656	225492	-
KN-11	4	6.0	722772	225796	-
BM-1	4	4.0	722875	225710	-

קוד נקודת חקירה	ציר מקורב	עומק [מ']	קואורדינטה מתוכנתת Y	קואורדינטה מתוכנתת X	עומק מי תהום
BM-2	42	4.0	722703	225301	-
BM-3	42	4.0	722509	225507	-
BM-4	3	4.0	722444	225831	-
BM-5	3	4.0	722057	225395	-
BM-6	51	4.0	721595	225593	-
BM-7	-	4.0	721615	225113	-
KB-1	6	20.45	722852	225080	10.0
KB-2	43	20.45	722836	225127	12.0
KB-3	43	20.27	722818	225150	18.9
KB-4	63	19.8	721951	225051	17.3
KB-5	63	20.3	721935	225086	13.0
KB-6	3	15.3	722098	225405	-
KB-7	3	15.3	722092	225453	-

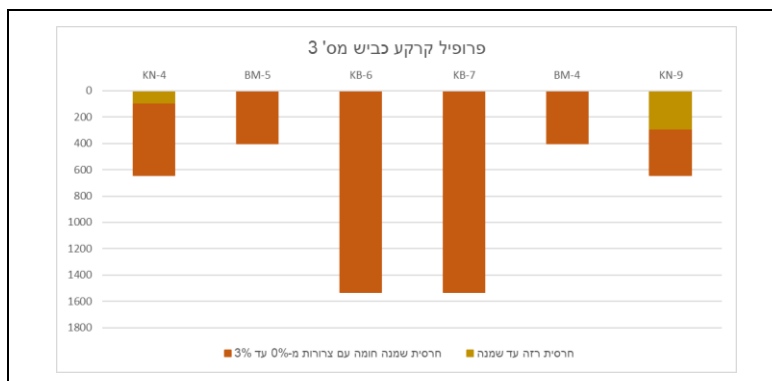
ד) כפי שניתן לראות, תוכנית החקירה כללה ביצוע 11 קידוח ניסיון, 7 שוחות מבחן ו-7 קידוחי ביטוס.

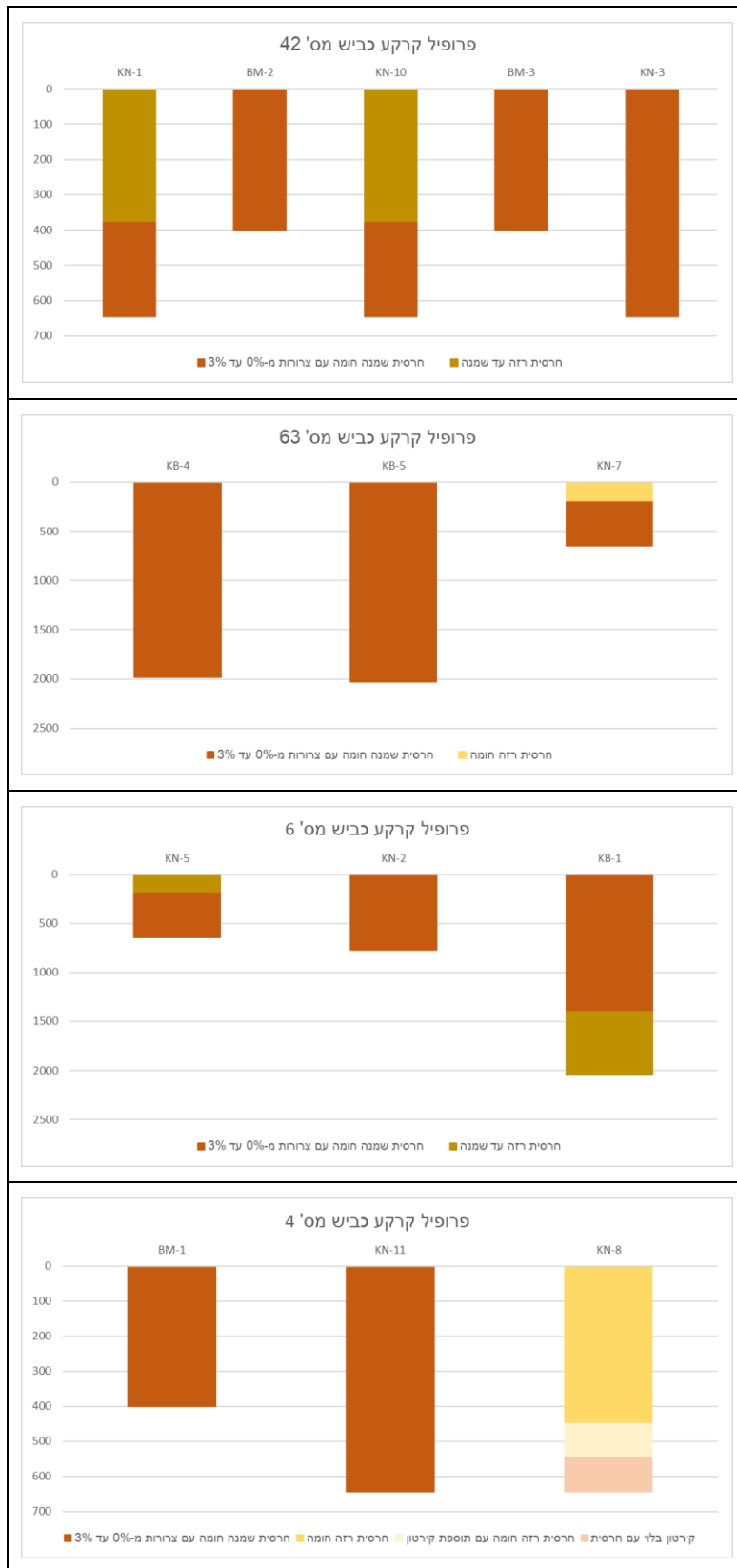
ה) בחלק מקידוחי הביטוס מי תהום הופיעו בעומק של 10 מ' עד עומק של כ-19 מ'. המפלסים הנ"ל של מי התהום שונים מהמפלסים שהוצגו בדו"חות במידע המוקדם. ניתן להעריך בזהירות, כי הסיבה לשוני במפלסים נובע מביצוע סקר הקרקע בעונת הקיץ, בה מפלס מי התהום יורד בד"כ, ובשל המרחק הפיזי בין הפרויקטים.

4.2 פרופיל קרקע

א) התרשים הבא מציג את פרופיל הקרקע המתקבל מנקודות החקירה השונים, בהתאם לצירי התכנון.

תרשים 1-4: פרופיל קרקע בצירים





ב) כפי שניתן לראות פרופיל הקרקע מורכב כצפוי בדו"ח המוקדם של הפרויקט, מחרסית רזה עד שמנה עם/בלוי צרורות דקים, לעומק של כ-20 מ'.

4.3 תכונות אינדקטיביות

(א) הטבלה להלן מציגה את התכונות האנדקטיביות של השתית.

טבלה 2-4: תכונות אינדקטיביות של השתית

תכולת רטיבות, %	גבולות אטרברג			תפיחה חופשית, %	#200, %	עומק, [מ]	קידוח
	LL, %	PL, %	PI, %				
27.5	78	31	47	130	98	1.0-2.0	KN-1
40	92	32	60	130	97	4.0-5.0	
30.2	87	30	57	110	98	1.0-2.0	KN-2
38.4	94	33	61	130	97	4.0-5.0	
35.9	82	32	50	120	99	1.0-2.0	KN-3
30.5	99	34	65	120	99	4.0-5.0	
34.5	80	35	45	130	99	0.0-1.0	KN-4
37.6	93	33	60	130	97	2.0-3.0	
33.4	89	33	56	120	97	5.0-6.0	
21.1	75	33	42	140	98	1.0-2.0	KN-5
33.7	96	34	62	130	94	2.0-3.0	
34.8	91	32	59	130	85	4.0-5.0	
33.7	95	34	61	110	96	1.0-2.0	KN-6
33.9	95	34	61	130	95	2.0-3.0	
36.7	91	34	57	140	93	4.0-5.0	
34.7	68	35	33	110	88	1.0-2.0	KN-7
38.4	71	39	32	120	88	2.0-3.0	
24.9	93	31	62	130	91	4.0-5.0	
33.2	92	38	54	140	95	2.0-3.0	KN-8
37.7	83	36	47	130	98	6.0	
28.6	95	31	64	120	96	1.0-2.0	KN-9
32.7	87	31	56	140	90	4.0-5.0	
36.2	88	35	53	140	96	1.0-2.0	KN-10
39	93	34	59	150	95	4.0-5.0	
28.5	84	31	53	140	97	1.0-2.0	KN-11
34	91	34	57	140	95	3.0-4.0	
28	74	31	43	110	91	1.5-2.0	BM-1
40	98	30	68	90	96	2.0-4.0	
31	97	31	48	110	94	0.0-4.0	BM-2
25	73	32	41	130	93	0.0-1.5	BM-3

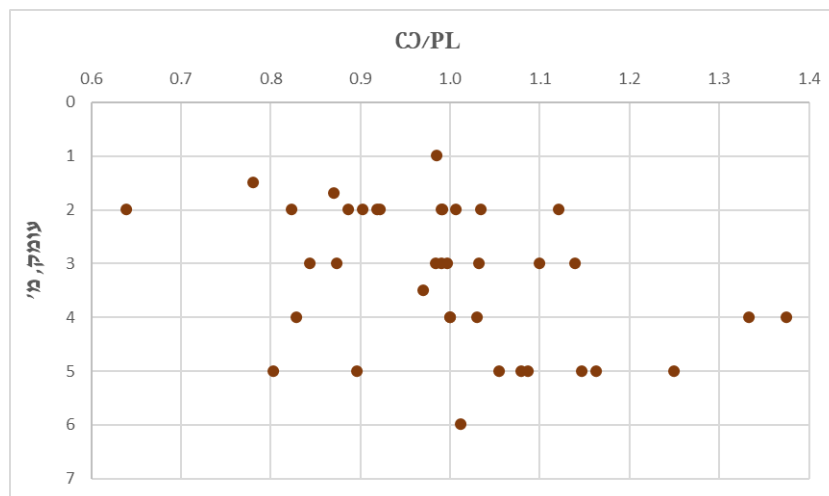
תכולת רטיבות, %	גבולות אטרברג			תפיחה חופשית, %	#200, %	עומק, [מ]	קידוח
	LL, %	PL, %	PI, %				
27	79	32	47	140	94	1.5-3.0	
33	91	34	57	130	90	3.0-3.5	
28	78	34	44	110	93	1.5-2.0	
29	85	35	50	130	93	3.5-4.0	BM-4
27	75	31	44	100	88	0.0-1.7	BM-5
33	83	30	53	110	94	1.7-3.0	
44	89	32	57	170	90	3.0-4.0	
34	89	33	56	150	79	2.0-4.0	BM-6
32	79	31	48	120	82	1.5-3.0	BM-7

ב) כפי שניתן לראות בטבלה לעיל כי ערכי גבול הנזילות גבוהים יחסית ונעים בין 68% עד 99%, שמצביעים על חרסית שמנה פלסטית.

ג) ערכי תפיחה חופשית נעים בין 90% עד 170% וזה מעיד על פוטנציאל תפיחה גבוה מאוד.

ד) הגרף להלן מציג את היחס בין תכולת הרטיבות לגבול פלסטיות כתלות בעומק.

תרשים 2-4: יחס בין תכולת רטיבות לגבול פלסטיות

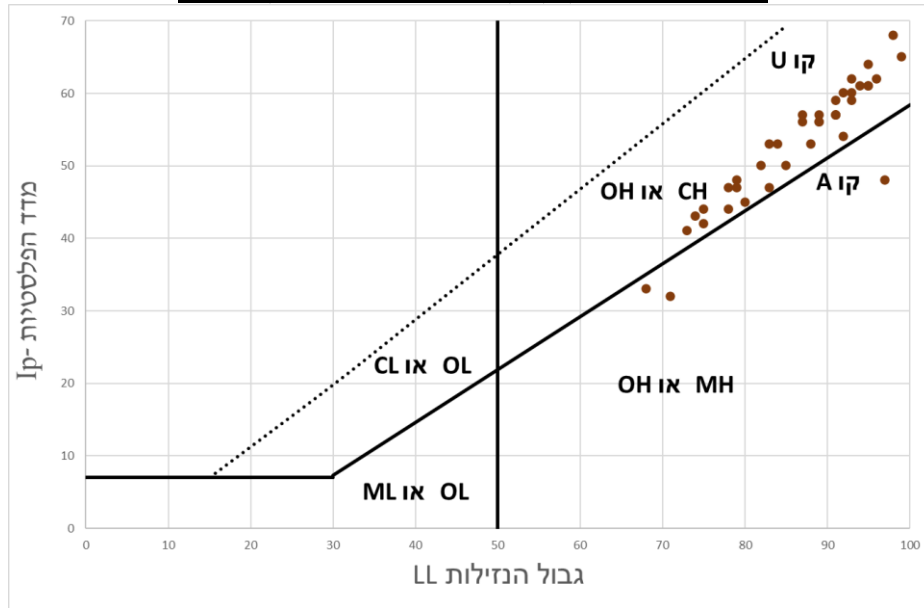


ה) כפי שניתן לראות בגרף, קיימת עלייה ברטיבות לעומק השתית. ערכי W/PL נעים בין 0.8 ל-1.1, כאשר בעומק של 4 עד 5 מ', מצביעים על רטיבות גבוהה שעשויה להצביע על מי תהום בעומקים אלו.

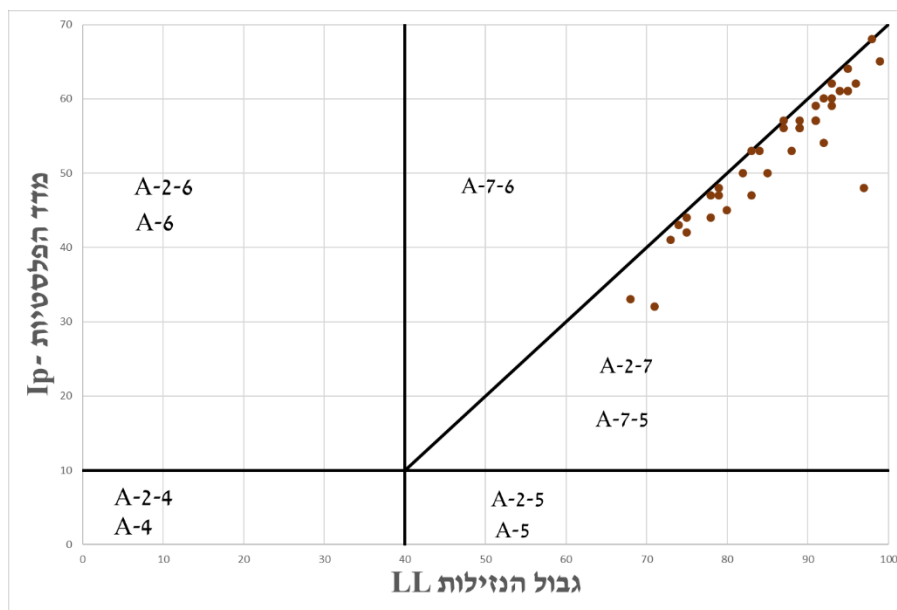
4.4 מיון קרקעות

א) תרשימים מס' 3-4 ו-4-4 מציגים את מיון הקרקעות לפי המיון האחד ולפי AASHTO בהתאמה.

תרשים 3-4: מיון קרקעות לפי שיטת המיון האחיד



תרשים 4-4: מיון קרקעות לפי שיטת אאשטו



(ב) כפי שניתן לראות בתרשימים לעיל ולפי פרופיל קרקע, השתית של הפרויקט מורכבת מחרסית שמנה מסוג A-7-5 עד A-7-6 (OH עד CH).

4.5 בדיקות חוזק

(א) במסגרת הפרוגרמה בוצעו בדיקות של החדרה תקנית SPT, מכנף גזירה VT, מערכת מת"ק מלאה ומת"ק בלתי מופר במפלסים שונים. מטרת הבדיקות הייתה למפות פרמטרי חוזק בשדה ובמעבדה.

4.5.1 החדרה תקנית SPT

(א) התרשים להלן מציג את ערכי מת"ק שדה מחושבים מתוך בדיקות החדרה תקנית-SPT אשר בוצעו במספר מפלסים במהלך הקדיחה.

(ב) חישוב ערכי מת"ק שדה של הקרקע הטבעית על פי מבחן ההחדרה התקנית נעשה באמצעות קורלציה אימפירית באמצעות הנוסחה הבאה:

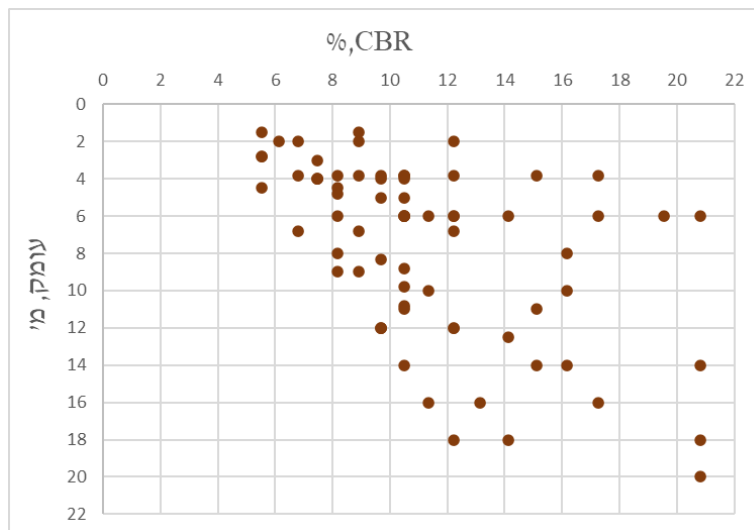
$$\text{Log}(\text{CBR}) = -5.13 + 6.55 \times (\text{LOG}(\text{SPT}))^{-0.26} \dots [1]$$

כאשר:

SPT (N): יחס מסי ההקשות להחדרה של 300 מ"מ (באינטרוולים "2+3").

CBR (%): ערך המת"ק המשוקלל.

תרשים 4-5 : מת"ק משוקלל מבדיקת SPT



(ג) כפי שניתן לראות בגרף לעיל ערכי מת"ק משוקלל נעים בין כ-5% עד כ-21%.

(ד) ממוצע ערכי המת"ק המתקבל הוא 12.2% והאחוזון הוא 15% הוא 7.8%.

4.5.2 בדיקות מכנף גזירה-VT

(א) התרשים להלן מציג את ערכי מת"ק מחושבים על פי מבחן מכנף גזירה Vane Test. חישוב ערכי המת"ק בוצע באמצעות הנוסחה המקומית הבאה:

$$\text{Log}(\text{CBR}) = 4.21 \times (\text{Su})^{0.653} \dots [2]$$

כאשר:

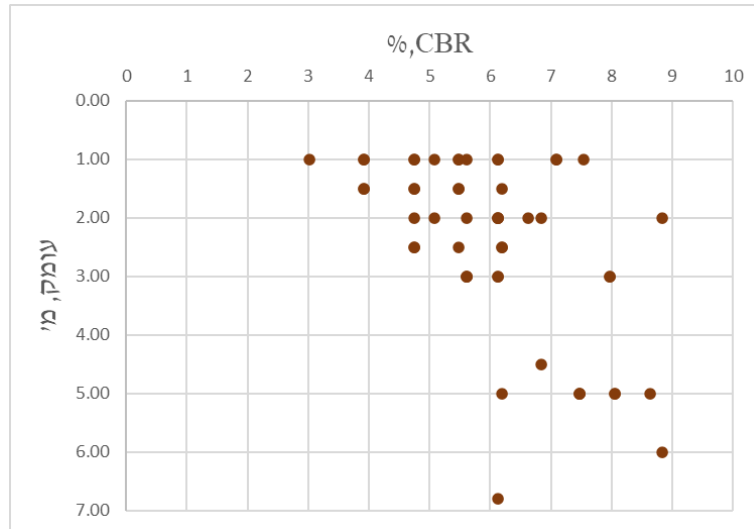
¹ Livneh, M., "In-situ CBR Testing by Indirect Methods", Proceedings of the XIIth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, Brasil, 1989.

² Livneh, M., "In-situ CBR Testing by Indirect Methods", Proceedings of the XIIth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, Brasil, 1989.

Su : החוזק הבלתי מופר הישיר לגזירה בלתי מנוקזת ב-ק"ג/סמ"ר המחושב מתוך מומנט הפיתול הגבולי הנמדד בעזרת מכשיר מכנף הגזירה.

CBR (%) : ערך המת"ק המשוקלל.

תרשים 4-6: מת"ק משוקלל מבדיקת VT



ה) כפי שניתן לראות בגרף לעיל ערכי המת"ק המשוקלל מבדיקת מכנף גזירה נעים בין כ-3.0% עד כ-9.0%.

ו) ממוצע ערכי המת"ק המתקבל הוא 6.1% והאחוזון 15% הוא 4.7%.

4.5.3 בדיקות CBR בלתי מופר

א) הטבלה להלן מציגה את ערכי ה-CBR ממדגמים בלתי מופרים תחת עומס של 40 ליבראות, לפני ואחרי השרייה במים, בחרסית מסוג A-7-5 ו A-7-6.

טבלה 3-4: ערכי CBR% מתוך בדיקת מת"ק בלתי מופר

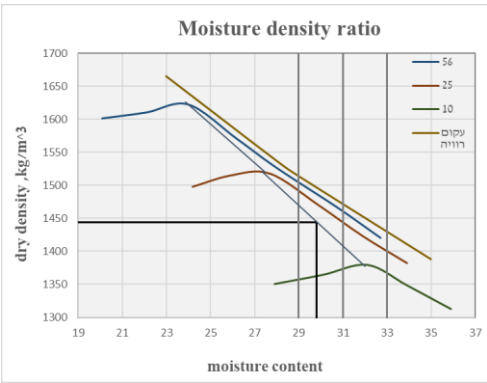
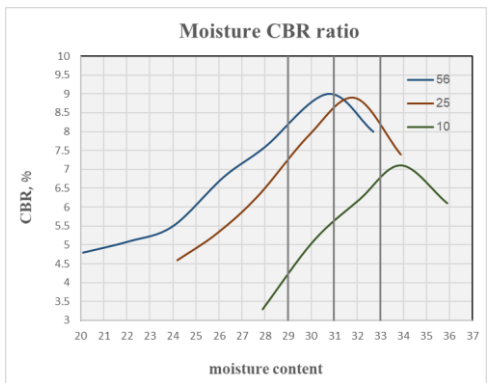
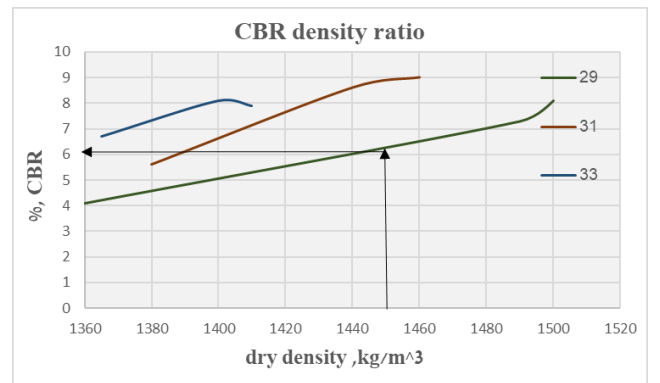
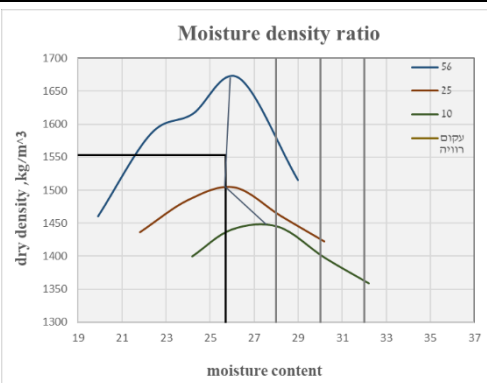
%, CBR				תפיחה /שקיעה	רטיבות			צפיפות יבשה התחלתית	עומס נורמלי lb	עומק מ'	מס' בור
אחרי השרייה "0.2"	לפני השרייה "0.1"	אחרי השרייה "0.2"	לפני השרייה "0.1"		סופית	כוללת	התחלתית				
%	%	%	%	%	%	%	ק"ג/מ ³				
3.6	4.5	6.9	9.1	0.8	33.6	33.2	30.9	1,430	40	1.0	BM-1
1.3	1.7	3.1	3.8	1.3	42.3	40.8	33.2	1,244	40	2.0	
5.6	6.9	8.8	8.4	0.9	28	27.8	24.2	1,567	40	1.0	BM-7
4.3	5.3	5.5	6.9	0.0	29	29.8	28.8	1,532	40	2.0	
3.0	4.0	5.0	5.0	3.0	40	37	31	1,330	40	1.0	BM-2
3.0	3.0	6.0	7.0	1.0	43	39	35	1,343	40	2.0	
2.0	3.0	11.0	11.0	4.0	41	37	26	1,359	40	1.0	BM-3
2.9	3.1	19.5	20.9	5.5	40.5	36.3	27.4	1,490	40	2.0	
3.3	4.0	10.4	9.4	4.3	41.3	37.4	28.4	1,370	40	1.0	BM-5
1.7	2.0	14.9	19.5	4.2	48.6	37.4	28.4	1,346	40	1.0	BM-6
4.0	4.4	9.0	10.2	1.9	39.3	36.6	33.5	1,389	40	2.0	

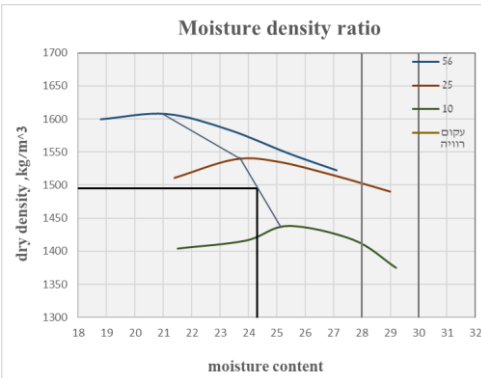
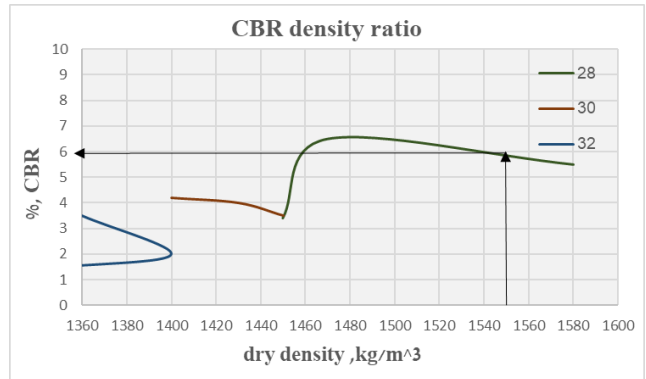
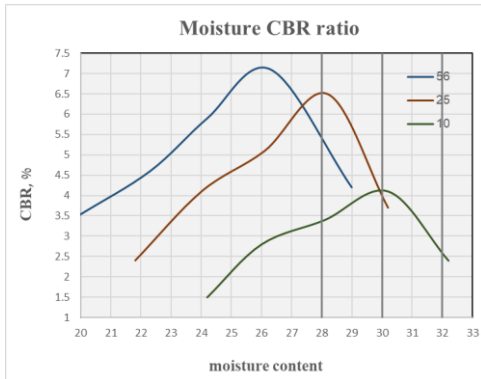
ב) ערכי המת"ק לפני השרייה שהתקבלו, נעים בין 3.8% עד 20.9% ואחרי השרייה הערכים יורדים ל-1.7% עד 6.9%.

4.5.4 בדיקות מת"ק מעבדתית מלאה

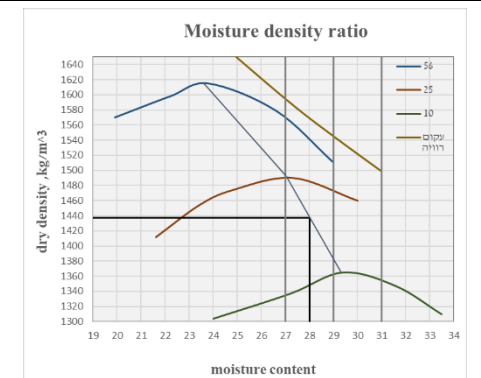
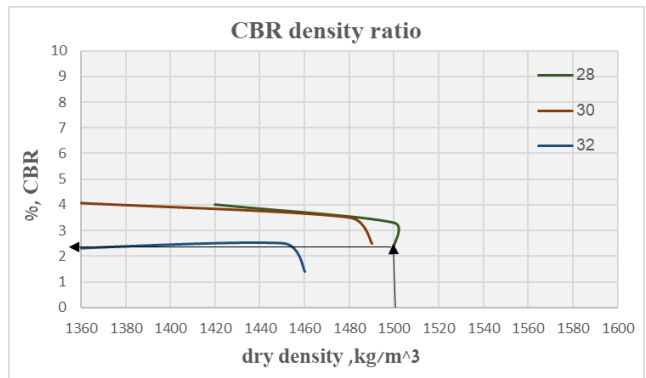
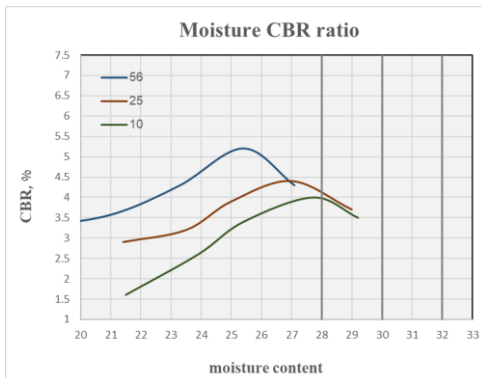
א) בדיקת מת"ק מעבדתית מלאה בוצעה בכל הבורות במפלסים שונים, הבדיקה בוצעה ב-3 רמות אנרגיה תחת עומס של 40 ליבראות.

ב) הטבלה להלן מציגה את ניתוח מערכות ה-CBR המלא וכן את ערך המת"ק המתקבל.

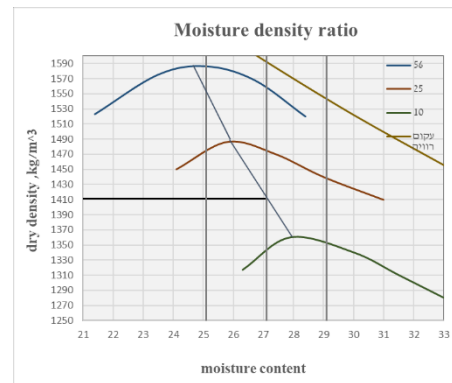
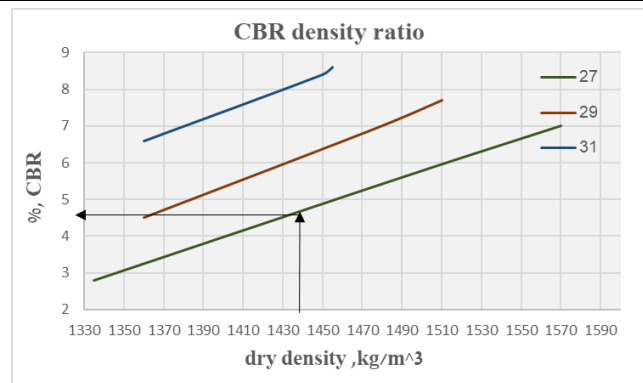
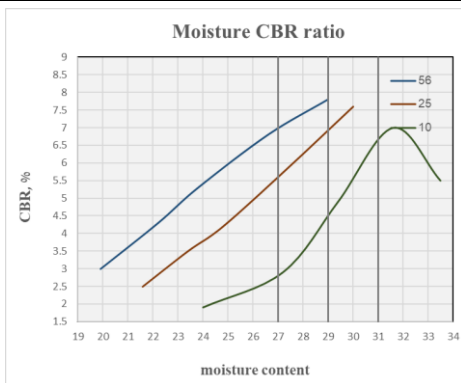
	<p>בור : BM-1 סוג החומר : A-7-5(50) PL=31 ,LL=73 #200=98% צפיפות מקסימלי : 1,622 ק"ג/מ"ק צפיפות אופטימלית (89%) : 1,508 ק"ג/מ"ק רטיבות אופטימלית : 31% רטיבות עיבוד : 2%-PL+2% CBR=6%</p>
	
	<p>בור : BM-2 סוג החומר : A-7-5(14) PL=30 ,LL=78 #200=93% צפיפות מקסימלי : 1,670 ק"ג/מ"ק צפיפות אופטימלית (93%) : 1,550 ק"ג/מ"ק רטיבות אופטימלית : 25.7% רטיבות עיבוד : 2%-PL+2% CBR=6%</p>



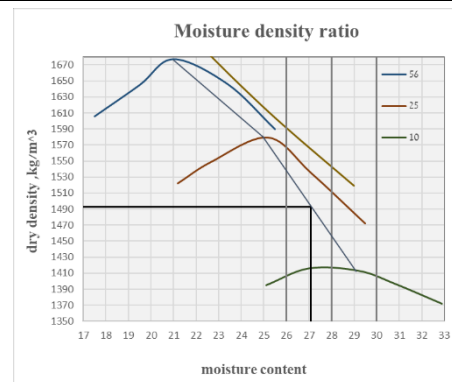
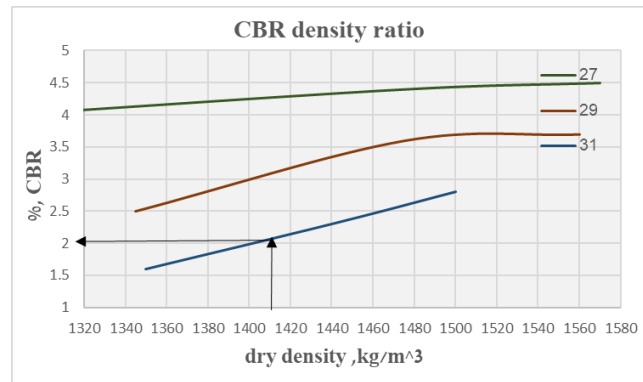
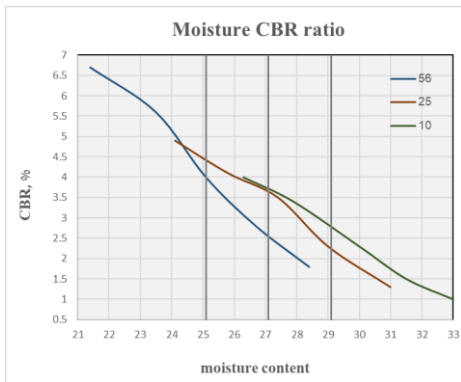
בור : BM-3
סוג החומר : A-7-5(12)
PL=30 ,LL=68
#200=98.7%
צפיפות מקסימלי : 1,608 ק"ג/מ"ק
צפיפות אופטימלית (93%) : 1,500 ק"ג/מ"ק
רטיבות אופטימלית : 24.3%
רטיבות עיבוד : 2%-PL+2%
CBR=2.4%



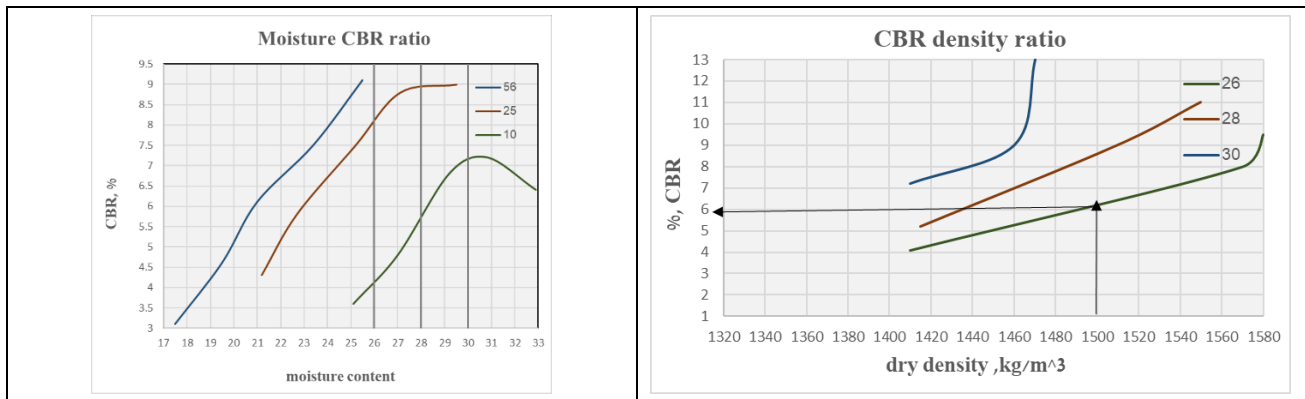
בור : BM-4
סוג החומר : A-7-6(54)
PL=29 ,LL=79
#200=92%
צפיפות מקסימלי : 1,615 ק"ג/מ"ק
צפיפות אופטימלית (89%) : 1,440 ק"ג/מ"ק
רטיבות אופטימלית : 28.0%
רטיבות עיבוד : 2%-PL+2%
CBR=4.6%



בור : BM-5
סוג החומר : A-7-6(50)
PL=27 ,LL=71
#200=96%
צפיפות מקסימלי : 1,586 ק"ג/מ"ק
צפיפות אופטימלית (89%) : 1,440 ק"ג/מ"ק
רטיבות אופטימלית : 27.1%
רטיבות עיבוד : 2%- ω_{opt} +2%
CBR=2.0%



בור : BM-7
סוג החומר : A-7-6(46)
PL=28 ,LL=67
#200=98%
צפיפות מקסימלי : 1,677 ק"ג/מ"ק
צפיפות אופטימלית (93%) : 1,493 ק"ג/מ"ק
רטיבות אופטימלית : 27.1%
רטיבות עיבוד : 2%-PL+2%
CBR=6.0%



4.5.5 סיכום ערכי חוזק שתית – מת"ק קרקע יסוד

א) הטבלה להלן מסכמת את ערכי החוזק שהתקבלו מבדיקות השדה והמעבדה אשר הוצגו לעיל בקרקע חרסיתית.

טבלה 4-4: סיכום ערכי חוזק שתית

מת"ק מחושב	בדיקה
20.8% עד 5.5%	SPT
8.8% עד 3%	VT
20.9% עד 3.8%	מדגמים בלתי מופרים לפני השרייה
6.9% עד 1.7%	מדגמים בלתי מופרים אחרי השרייה
6.0% עד 2.0%	מערכת מת"ק מלאה

ב) בהתאם לנתוני הבדיקות המוצגות לעיל, ערכי המת"ק המקבלים בבדיקות השדה והמעבדה, נעים בין 1.7% ומגיעים עד ערכים גבוהים מ-8%.

ג) מקורות המידע שהוצגו בפרק 3.2 קבעו ערכי מת"ק לשתית החרסיתית הקיימת של 3.0% עד 4.0%.

ד) ערך המת"ק של השתית החרסיתית נקבע ל-**CBR=3.0%**.

4.6 קביעת מת"ק תכנוני בתחתית מבנה

א) מת"ק תכנוני בתחתית מבנה נקבע בהתאם לסוג עבודות העפר המתוכננות (חפירה/מילוי נמוך, מילוי גבוה, חתך משולב של חפירה ומילוי באותו חתך) ובהחלטות המתקבלות בנושאים כגון: (יישום החלפת קרקע ו/או יישום שכבת חיזוק).

ב) בהתאם לחתכים לאורך של הכבישים המתוכננים, מיסעות חדשות יבוצעו במילוי גבוה מעל 2.0 מ' ועד ל-7.5 מ'. במקרה זה, המת"ק התכנוני בתחתית מבנה, שווה ערך למת"ק המעבדתי של חומר המילוי שנקבע ל-8%. תכנותיו של חומר המילוי מפורטות בהמשך הדו"ח, בפרק ההנחיות המיוחדות.

ג) בהתאם לאמור לעיל, המת"ק התכנוני נקבע ל-**CBR=8%**.

5 סוגיות גיאוטכניות קיימות

5.1 תפיחה של קרקע חרסיתית

א) התכנון הגיאומטרי המוצע בשילוב עם ממצאי החקירה הגיאוטכנית מצריכים בדיקה של פוטנציאל התפיחה של השתית החרסיתית.

- ב) הדרך להתמודד עם חרסיתות תופחות צריכה להיות על ידי בידוד השתית ממבנה המיטעה, באמצעות יריעות איטום מתאימות ו/או על ידי הגדלת העומס הנגדי על הקרקע התופחת וכן על ידי מערכת ניקוז יעילה.
- ג) הטבלה הבאה מציגה את בדיקות שיעור ולחץ התפיחה אשר התקבלו מהמעבדה ב- 5 מדגמים, אשר בוצעו במסגרת החקירה הגיאוטכנית.

טבלה 5-1: בדיקות שיעור ולחץ תפיחה

נקודת חקירה	עומק נטילה [מטר]	גבול נזילות [%]	גבול פלסטיות [%]	אחוז עובר נפה 200# [%]	צפיפות יבשה (לפני הבדיקה) [ק"ג/מ"ק]	תכולת רטיבות התחלתית [%]	C _w /PL [-]	שיעור תפיחה מדוד [%]	לחץ העמסה מדוד [קפ"ס]
BM-4	0.5-1.5	78	34	93	1,443	25.6	0.75	10.6	1
BM-4	0.5-1.5	78	34	93	1,423	25.6	0.75	2.4	135
BM-4	0.5-1.5	78	34	93	1,443	25.6	0.75	0	270
BM-6	1.0-2.0	89	33	79	1,416	28.4	0.86	11.8	1
BM-6	1.0-2.0	89	33	79	1,372	27.6	0.84	1.3	220
BM-6	1.0-2.0	89	33	79	1,416	28.4	0.86	0	440
KN-4	3.0-3.4	93	33	97	1,316	39.4	1.2	9.5	1
KN-4	3.0-3.4	93	33	97	1,321	38.9	1.2	1	175
KN-4	3.0-3.4	93	33	97	1,316	39.4	1.2	0	350
KN-6	3.0-3.3	95	34	95	1,356	35.6	1.0	10.7	1
KN-6	3.0-3.3	95	34	95	1,374	33.7	1.0	1	195
KN-6	3.0-3.3	95	34	95	1,356	35.6	1.0	0	390
KN-7	3.0-3.3	95	34	95	1,511	28.1	0.83	17.2	10
KN-7	3.0-3.3	95	34	95	1,496	29.1	0.85	0.5	590
KN-7	3.0-3.3	95	34	95	1,511	28.1	0.83	0	1175

- ד) כפי שניתן לראות בטבלה, הבדיקות בוצעו על קרקע חרסיתית שמנה עם גבול נזילות שנע בין 78% עד 95%.
- ה) ערכי שיעור התפיחה שהתקבלו ברמות הלחצים השונים הניבו ערכי שיעור תפיחה של 0.5% עד 17.2%.
- ו) ערכי לחץ העמסה לשיעור תפיחה 0% נעים בין 270 קפ"ס עד 1,175 קפ"ס.
- ז) לצורך הערכת פוטנציאל התפיחה של החרסית, נערך חישוב פרטני של שיעור ההתרוממות האנכית עם שימוש באמצעי ריסון ובמצב של יישום החלפת קרקע עם חומר אינרטי אטים על פי נתוני קלט רלוונטיים כמוצג בהמשך.
- ח) החישובים בוצעו בהתאם למודל התפיחה הארצי המעודכן של פרופ' משה ליבנה כפי שהוא מוטמע בהנחיות התכנוניות לתכנית המבנה התחתון והעליון של מסילות ברזל, חלק ב', מהדורת עדכון- יוני 2018.
- ט) להלן הניסוח המתמטי של המודל:

$$\text{Log}(P_0) = -4.2340 + 2.1101 \times \log(LL) - 0.3989 \times (w/PL) + 0.6036 \times D$$

$$Sp = -2.1912 \times P_0 \times \log(P_0/P_p)$$

כאשר :

Sp	שיעור התפיחה	[%]
P ₀	לחץ התפיחה, לאמור את הלחץ הנגדי הגורם לשיעור התפיחה להיות אפס	[ק"ג/סמ"ר]
LL	גבול הזילות של החרסית	[%]
w/PL	יחס רטיבות החרסית באתר לגבול הפלסטיות שלה	
D	הצפיפות היבשה של החרסית באתר	[טון/מ"ק]
P _p	הלחץ האנכי הפועל על החרסית	[ק"ג/סמ"ר]

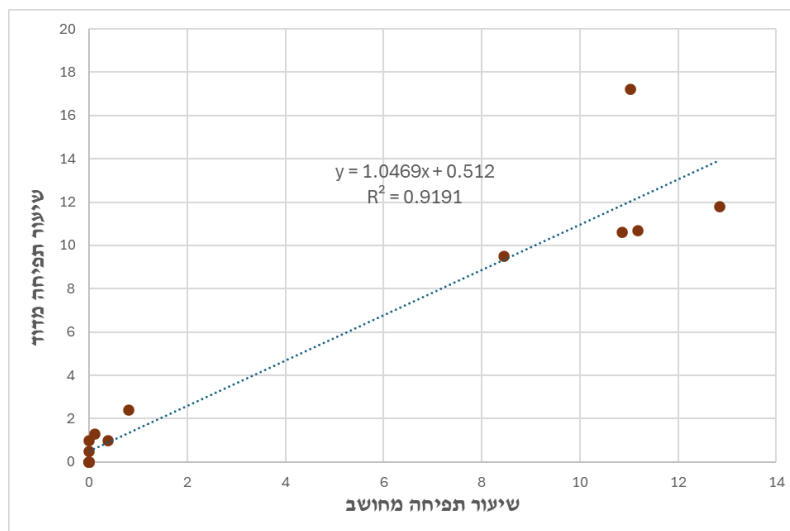
(י) הטבלה להלן מציגה את החתך המייצג שלפיו חושב שיעור התרוממות לפי מודל הרכבת.

טבלה 2-5: חתך מייצג בהתאם לנתונים קריטים של החרסית

עומק	גבול נזילות	גבול פלסטיות	תכולת רטיבות	צפיפות יבשה	C _v /P _L
[מטר]	[%]	[%]	[%]	[ק"ג/מ"ק]	[%]
0.0-1.0	78	26	25.0	1,443	0.8
1.0-2.0	89	28	28.0	1,416	0.9
2.0-3.0	95	39	35.0	1,508	1.0
3.0-4.0	94	32	39.0	1,473	1.1

(יא) ההנחות האחרות לחישובים הם כלהלן :

- עובי מבנה המיסעה שנלקח בחשבון הוא 50 ס"מ.
- עומק חרסית שמנה אקטיבי מושפע משינויי רטיבות הוא 4.0 מטר.
- יחס רטיבות פלסטיות משתנה בין 0.8 עד 1.1 לעומק.
- ערך היניקה : 0.6 [ק"ג/סמ"ר] (יריעה + החלפת קרקע).
- עובי החלפה בחומר אטים הוא 100 ס"מ.
- עובי שכבות המילוי המינימאלי הוא 200 ס"מ.
- שיעור התרוממות המותר של פני המיסעה הוא 3 ס"מ.



יב) הגרף לעיל מציג שיעור תפיחה מדוד לעומת שיעור תפיחה מחושב, יכולים לראות ש- $R^2=0.92$ לכן אין צורך לבצע כיוול למודל.

יג) בהתאם להנחות התכנון לעיל, בוצעה הרצה בגיליון החישוב של ר"י. שיעור ההתרוממות שהתקבל הוא 2.72 ס"מ.

יד) התרשים להלן מציג את פלט החישוב מתוך גיליון הרכבת:

תרשים 1-5: חישוב התרוממות לפי מודל ר"י

חישוב עובי שכבות ההגנה כנגד תפיחה									
דף ההתרוממות עבור שתית חרסיתית									
יש להפעיל דף זה לאחר ההפעלה של דף הרגרסיה ולאחר הקלדת הנתונים בכל התאים הלבנים									
יש ללחוץ על לחצן "ניקוי דף זה" לפני הקלדת סדרת נתונים חדשה או לצורך שחזור ערכי ברירות מחדל									
שם הפרוייקט:									
ניקוי דף זה		לדף השער		לדף נתונים לדוגמא		לדף הרגרסיה			
50	עובי שכבות מבנה המסילה [ס"מ]	0.6	ערך יניקה בסיסי [ק"ג/סמ"ר]	200	עובי שכבות המילוי הלא-אטום [ס"מ]	0.8	ערך יניקה סופי [ק"ג/סמ"ר]		
100	עובי שכבות המילוי האטום [ס"מ]	0.5	כופל הקטנת התפיחה עקב משך הביצוע	100	עובי החלפה בחומר אטום [ס"מ]	1.5	יחס תפיחה מגובלת		
20	עובי שכבת השתית המעובדת [ס"מ]	0.20	העומס של החלפת הקרקע [ק"ג/סמ"ר]						
קביעת מודל התפיחה									
הייחודי לפי סוג הרגרסיה									
פלט ברירת המחדל		<input checked="" type="radio"/>	Y	0.000		מקדם הרגרסיה: הערך החופשי			
הרגרסיה הרגילה		<input type="radio"/>	N	1.000		מקדם הרגרסיה: ערך השיפוע			
הרגרסיה המאולצת		<input type="radio"/>	N						
חישובים:									
שעור התרוממות המחושבת של הרצועה האופקית [ס"מ]	אחוז התפיחה האנכית החזויה [%]	לחץ אנכי במרכז הרצועה האופקית [ק"ג/סמ"ר]	W/P/L	תכולת רטיבות [%]	צפיפות יבשה [ק"ג/מ"ק]	גבול הפלסטיות [%]	גבול המליות [%]	עומק הרצועה האופקית (החישובית) מפני השתית החרסיתית [מטר]	
0.16	0.8	1.66	0.8	23.0	1,416	28	89	1.0	1.2
0.50	1.0	1.69	0.8	23.0	1,416	28	89	1.2	1.7
0.32	0.6	1.73	0.9	26.0	1,416	28	89	1.7	2.2
0.62	1.2	1.77	1.0	39.0	1,508	39	95	2.2	2.7
0.58	1.2	1.83	1.0	39.0	1,508	39	95	2.7	3.2
0.25	0.5	1.88	1.1	36.0	1,473	32	94	3.2	3.7
0.22	0.4	1.93	1.1	36.0	1,473	32	94	3.7	4.2
0.05	0.1	1.98	1.3	40.0	1,473	32	94	4.2	4.7
0.03	0.1	2.04	1.3	40.0	1,473	32	94	4.7	5.2
0.00	0.0	2.09	1.3	40.0	1,473	32	94	5.2	5.7
2.72		סכום שעורי ההתרוממות האנכית עבור סוגי המילוי ועובי שכבותם שהוקלדו [ס"מ]							
לראש הדף									

טו) בהתאם למוצג לעיל, יש לבצע החלפת קרקע לעומק 100 ס"מ באמצעות חומר מילוי אטים + פריסת יריעת איטום אופקית מסוג HDPE בכל הסוללות עד לגובה של 5.0 מ'.

טז) בסוללות מעל 5.0 מ', שיעור ההתרוממות המתקבל, ללא החלפת קרקע וללא יריעה אוטמת הוא 2.7 ס"מ.

5.2 קונסולידציה

- (א) בעיית הקונסולידציה רלוונטית בקטעים בהם מתוכננת הקמת סוללות עפר גבוהות על גבי קרקעות חרסיתיות שמנות רכות ורויות במים.
- (ב) השקיעה של הקונסולידציה מתקבלת כתוצאה משחרור לחץ המים העודף המתפתח במהלך ההעמסה של הסוללה.
- (ג) עקב מקדמי חדירות נמוכים של החרסית, תהליך שחרור לחץ מי הנקבובים דורש זמן רב שעלול להגיע לעשרות שנים. המים משתחררים לכיוון שכבות מנקזות (בעלות חדירות גבוהה יחסית לחדירות הקרקע החרסיתית).
- (ד) בהתאם לממצאי החקירה, חתך הקרקע מורכב בעיקר מחרסיתיות שמנות שהחדירות שלהם נמוכה.
- (ה) כפי שהוזכר במידע המוקדם המוצג בפרק 3.2 לעיל, קיימת בעיית קונסולידציה בשתי הפרויקט החרסיתית בשילוב מי התהום הרדודים.
- (ו) החקירה הגיאוטכנית המפורטת, הציגה כי בקידוחי הניסיון שבוצעו, הופעת מי התהום הייתה בעומקים גבוהים יחסית, בין 10 מ' ועד כ-19 מ', בהתאם, לא צפויה שקיעת קונסולידציה במקרה שמי התהום בעומקים המדווחים הללו. יחד עם זאת, ומאחר ותוצאות בדיקות המעבדה, העלו חשש של רטיבות גבוהה בעומקים של 4 עד 5 מ', יש לאמץ באופן שמרני, פתרון לבעיית הקונסולידציה, וזאת באמצעות ביצוע העמסה מוקדמת בסוללות גבוהות מ-5.0 מ' בלבד, לתקופה מינימאלית של 1 שנים.

5.3 אמבטיות של אזורים כלואים

- (א) כפי שהוזכר בפרק 2 לעיל, כל הכבישים בשכונה נמצאים במילוי גבוה, והם מוגבהים יחסית לקרקע הקיימת. השטחים הכלואים שיווצרו לאחר בניית הסוללות, יהיו אמבטיות, הצפויות להישאר עד פיתוח המגרשים הסמוכים.
- (ב) עקב כך, הצטברות זמנית של מי גשמים צפויה בתחתית האמבטיות, בעיקר בעונת הגשמים, קרוב למבנה הסוללות, עד לניקוז המים באמצעות מערכות הניקוז הזמניות.
- (ג) נבחנו פתרונות ניקוז ע"י יועץ הניקוז והמתכנן הראשי של הפרויקט, ובין היתר, התקבלה החלטה לאמץ פתרון הגנה נוסף על סוללות הכבישים, באמצעות סוללות הגנה מחרסית שיבוצעו במקביל לסוללות הכביש, למניעת הגעת מים למבנה הסוללה.
- (ד) באזור "האמבטיה" יש להסדיר את השיפועים לאורך ולרוחב כך שהשיפוע של השטח יהיה למרכז האמבטיה. רצוי אפילו להעמיק את המרכז ולייצר "בור/בריכה" כך שהמים יתרכזו באזור זה רחוק מהסוללות.
- (ה) במידה ומפלס המים עולה בתוך האמבטיה לאחר ביצוע הפתרון הנ"ל יש לבצע שאיבה באמצעות משאבות טבולות או ביובית, להרחקת המים מהמבנה.
- (ו) יש לבצע הפרדה בין הרמפה לסוללת הכביש באמצעות יריעות מבוד גיאוטכני לא ארוג במשקל 200 ג'מ"ר, למניעת "זיהום" מבנה הסוללה מחומרי המילוי של הרמפה ולמניעת פגיעה במדרון הסוללה הקיימת, לאחר פירוק הרמפות הזמניות.

6 נתוני תנועה לתכנון

6.1 ניתוח תנועה בשכונת רובע גלבע

א) טבלה מס' 6.1 מציגה את נתוני התנועה לתכנון, בהתאם לסיווג של הרחובות המתוכננים, אשר נקבעו בהתאם הנחיות לתכנון רחובות בערים, אוגדן מס' 3, מהדורה אוגוסט 2000 בהוצאת משרד הבינוי והשיכון. כמוכן, הטבלה מציגה את מס' הסרנים האקוויוולנטיים של 8.2 טון עבור כל קטגוריית תנועה.

טבלה 6-1: נתוני תנועה לתכנון

מספר רחוב	סיווג רחוב	קטגוריית תנועה	מס' סרנים אקוויוולנטי של 8.2 טון (W_{18})
6, 3	רחוב עורקי	תנועה כבדה	$5.5 \times 10^6 - 15 \times 10^6$
5, 12, 13, 14, 3	רחוב מאסף	תנועה בינונית כבדה	$1.2 \times 10^6 - 5.5 \times 10^6$
62, 41, 63, 25, 31, 43, 111, 51, 61, 221	רחוב מקומי	תנועה קלה	$0.1 \times 10^6 - 0.36 \times 10^6$

6.2 ניתוח תנועה בחיבורים

- א) ספירה ידנית ברחוב הבנים/ כביש 65 שנערכה בתאריך 15/10/2018 בוצעה ע"י חברת Binazola.
- ב) בדיקת היתכנות תחבורתית (בה"ת) תמ"ל/1056 עפולה – רובע גלבע.
- ג) הטבלה הבאה מציגה סיכום לניתוח ספירת התנועה הידנית שהתקבלה מספירת התנועה בזרוע הקריטית.

טבלה 6-2: סיכום של ספירות התנועה

רחוב הבנים		יחידות	פרמטר
מסלול דרומי	מסלול צפוני		
8,142	7,873	[כ"ר/ 14 שעות]	נפח תנועה לכיוון אחד
598	475	[משאית/ 14 שעות]	מספר משאיות לכיוון אחד
7.3	6.0	[%]	אחוז משאיות
221	220	[אוטובוסים/ 14 שעות]	מספר אוטובוסים לכיוון אחד
2.7	2.7	[%]	אחוז אוטובוסים

ד) להלן מוצגות הנחות התכנון:

- אחוז משאיות מחושב לפי ספירות התנועה יישמר במהלך תקופת השירות.
- מקדם נפוח מ-14 שעות ספירה ל-24 שעות (יממה שלמה) הוא 1.2.
- מקדם הגידול השנתי נקבע ל-8.0% - בהתאם לנתוני התנועה בבה"ת.
- שנת פתיחת הכביש לתנועה היא 2026.

ה) הטבלה הבאה מציגה את נתוני התנועה לתכן מבנה המיסעות עבור אופק תכנוני של 20 שנה והמרת הנתונים הנ"ל לשנת פתיחת הכביש 2026.

טבלה 6-3: נתוני תנועה לתכן מבנה המיסעות

פרמטר	יחידות	רחוב הבנים מסלול דרומי
נפח תנועה יומי בשנת הפתיחה לכיוון אחד	[כ"ר/יממה]	18,100
נפח תנועה לצרכי תכן מבנה המיסעות - AADT	[כ"ר/יממה]	36,200
אופק תכנוני	[שנים]	20
אחוז גידול שנתי	[%]	8.0
אחוז משאיות	[%]	7.3
אחוז אוטובוסים	[%]	2.7
מספר נתיבים לכיוון לצרכי תכן מבנה	[-]	4
סה"כ תנועות אקוויוולנטיות של סרן תכנוני (סרן יחיד דו גלגל בעומס של 8.2 טון)	[-]	80.3 מיליון

7 תכן מבנה המיסעות החדשות

7.1 מיסעות חדשות

- א) סעיף זה מציג המלצות למבנה המיסעות בהתבסס על הנתונים שהוצגו לעיל ובהתאם להנחיות משרד הבינוי והשיכון "הנחיות לתכנון רחובות בערים מבני מיסעות כבישים, משטחים ומדרכות-אוגוסט 2000".
- ב) תכן מבנה המיסעות בחיבורים לכביש 65 מבוצע בהתאם להנחיות לתכנית המבנה של מיסעות אספלטיות בינעירוניות, טיוטה מס' 6, מהדורה יוני 2003 בהוצאת חברת נתיבי ישראל בע"מ. העובי הראשוני של כל מבנה המיסעה (אספלט, אגו"מ ומצע סוג א') יתקבל באמצעות התוכנה Flex Design שפותחה ע"י פרופ' יעקב אוזן. עובי שכבות האספלט נקבע לפי קריטריון ההתעייפות לפיו מתקבל Miner של מקסימום 1.0 עבור אופק תכנוני של 20 שנה.
- ג) בכבישים עירוניים מקובל לסלול מיסעות ללא שכבת אגו"מ.
- ד) בחניות מקבילות/ניצבות, יבוצעו 2 שכבות אספלט העליונות של הנתיב הסמוך. שאר עובי המבנה יבוצע באמצעות מצעים.
- ה) טבלה מס' 7.1 מציגה את עובי והרכב שכבות המבנה עבור הרחובות השונים בתוך השכונה בהתאם לסיווג של כל רחוב.

טבלה 1-7: עובי והרכב מבנה המיסעות החדשות בתוך השכונה

מספר רחוב	סוג רחוב	סיווג תנועה	תא"צ 19 מ"מ עם (3/4") אגרנט גס גירי/דולומיטי סוג א' וביטומן PG70-10	תא"צ 19 מ"מ עם (3/4") אגרנט גס גירי/דולומיטי סוג א' וביטומן PG68-10	תא"צ 25 מ"מ עם (1") אגרנט גס גירי/דולומיטי סוג א' וביטומן 68-PG10	מצע א' ס"מ	עובי כולל, ס"מ
6, 3	רחוב עורקי	תנועה כבדה	5	5	7	36 (בשתי שכבות 18+18)	53
42, 5, 13, 12, A-3, 14	רחוב מאסף	תנועה בינונית כבדה	5	5	5	30 בשתי שכבות (15+15)	45
41, 62, 25, 63, 43, 31, 51, 111, 221, 61	רחוב מקומי	תנועה קלה	5	5	-	30 בשתי שכבות (15+15)	40

ו) באזורי כיכרות בצמתים שכבת האספלט העליונה בטבלה 7.1 תוחלף בתא"צ 19 מ"מ (3/4") עם אגרנט גס בזלתי סוג א' וביטומן PG70-10.

ז) טבלה מס' 7.2 מציגה את מבנה מיסעה באזורי ההתחברויות.

טבלה 2-7: עובי והרכב מבנה המיסעות החדשות בהתחברויות

עובי, ס"מ	סוג שכבה
5	תאמ"א 19 מ"מ (SMA) בזלתית עם ביטומן מסוג PG76-10.
5	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG70-10.
6	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.
6	תא"צ 19 מ"מ דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.
40	מצע סוג א'
62	סה"כ עובי

ח) טבלה מס' 7.3 מציגה את מבנה מיסעה כל אספלטי באזורי ההתחברויות.

טבלה 3-7: עובי והרכב מבנה המיסעות כל אספלטי בהתחברויות

עובי, ס"מ	סוג שכבה
5	תאמ"א 19 מ"מ (SMA) בזלתית עם ביטומן מסוג PG76-10.
5	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG70-10.
5	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.
6	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.

6	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.
6	תא"מ 25 מ"מ (S1) דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.
6	תא"צ 19 מ"מ דולומיטית סוג א', עם ביטומן מסוג PG68-10.
39	סה"כ עובי

7.2 הרכב מבנה ברחובות "הולנדיים" או חנייה מרוצפת

- (א) ברחובות משולבים 511, 121, 512 מבנה המיסעה יתוכנן בהתאם למבנה מיסעה ברחובות הולנדיים.
(ב) טבלה מס' 7.4 מציגה את הרכב מבנה המיסעה ברחובות הולנדיים.

טבלה 7-4: עובי והרכב מבנה המיסעות ברחובות הולנדיים

עובי, ס"מ	סוג שכבה
8	אבן משתלבת
3	חול לשכבת ההנחה
30	מצע סוג א'
41	סה"כ עובי

7.3 הרכב מבנה שביל אופניים ו/או מדרכה עם אספלט

- (א) טבלה מס' 7.5 מציגה את הרכב מבנה המיסעה בשביל אופניים או מדרכה עם אספלט.

טבלה 7-5: עובי והרכב מבנה המיסעות בשבילי אופניים או מדרכת אספלט

עובי, ס"מ	סוג שכבה
3+3	תא"צ 12.5 מ"מ עם אגרגט גס גירי/דולומיטי סוג א' וביטומן PG70-10.
20	מצע סוג א'
26	סה"כ עובי

7.4 הרכב מבנה מדרכה מרוצפת

- (א) טבלה מס' 7.6 מציגה את הרכב מבנה מדרכה.

טבלה 7-6: עובי והרכב מבנה המיסעות במדרכה

עובי, ס"מ	סוג שכבה
6	אבן משתלבת
3	חול לשכבת ההנחה
20	מצע סוג א'
29	סה"כ עובי

7.5 הרכב מבנה מגרש חניה לכ"ר פרטיים

(א) טבלה מס' 7.7 מציגה את הרכב מבנה המיסעה במגרשי חניה.

טבלה 7-7: עובי והרכב מבנה המיסעות במגרשי חניה

עובי, ס"מ	סוג שכבה
5	תא"צ 19 מ"מ עם אגרגט גס גירי/דולומיטי סוג א' וביטומן PG70-10
5	תא"צ 19 מ"מ עם אגרגט גס גירי/דולומיטי סוג א' וביטומן PG68-10
30	מצע סוג א'
40	סה"כ עובי

7.6 טיפול אספלט במיסעות קיימות באזורי התחברויות

(א) במידה ויידרש חידוש לפני המיסעות הקיימות באזורי התחברויות כתוצאה משלבויות הביצוע, יש לבצע בהתאם להנחיות להלן:

1. ביצוע קרצוף לעומק 10 ס"מ מפני אספלט קיים.
2. ניקוי הסדקים שיתגלו בתחתית קרצוף מאבק, לכלוך, גופים זרים וחלקיקים מפוררים.
3. מילוי הסדקים בביטומן מסוג PG68-10 או לחילופין בתערובת של חול דק לא פלסטי יבש ושפיך מעורב עם 10% תחליב ביטומני, בהתאם להנחיות המפרט הכללי לעבודות סלילה וגיזור פרק 51.21.03, במהדורתו המעודכנת ביותר.
4. ריסוס ציפוי מאחה בכמות 0.5 ק"ג/מ"ר.
5. ריבוד 2 השכבות האספלטיות העליונות המתוכננות, כמפורט להלן:
 - i. ריבוד שכבה אספלטית תחתונה מסוג תא"מ 25 מ"מ (S1) עם אגרגט גס גירי/דולומיט סוג א' וביטומן PG70-10, בעובי 5 ס"מ.
 - ii. ריבוד שכבה אספלטית עליונה מסוג תא"מ 19 מ"מ (SMA) עם אגרגט בזלתי סוג א' וביטומן PG76-10, בעובי 5 ס"מ.

8 הנחיות מיוחדות בהיבט של עבודות עפר ואספלט

כל עבודות העפר והסלילה תבוצענה לפי דרישות המפרט הכללי הבינמשרדי של משרד השיכון והבינוי במהדורתו המעודכנת ביותר.

8.1 חישוב

א) החישוב ייעשה לעומק מינימלי של 20 ס"מ עד להגעה לקרקע טבעית נקייה מעשבים, שורשים, פסולת וכל גורם זר.

ב) בכל המקומות בהם קיימת צמחיה כלשהי לרבות עצים המיועדים לעקירה יש צורך להעמיק את החישוב עד לקבלת קרקע טבעית נקייה משורשים ומחומר אורגני.

8.2 סילוק שפך/ פסולת

א) במקומות בהם יימצא מילוי קיים בלתי מבוקר יש לחפור ולסלק את שכבות המילוי הקיים לכל עומקו עד הגעה לקרקע יסוד מקורית.

ב) במקומות בהם תמצא פסולת כדוגמה: פסולת אשפה, פסולת בנין, גרוטאות, צינורות ניקוז ישנים, גושי בטון וכדומה, יש לחפור ולסלק את הפסולת לכל עומקה עד הגעה לקרקע יסוד מקורית.

8.3 שיפוע מדרונות במילוי

שיפוע הנדסי (לא כולל שכבת חיפוי) של מדרונות במילוי לא יפחת מ-1.0 (אנכי): 2.5 (אופקי). שיפוע זה מתאים לקרקעות חרסיתיות. במידה וקווי הדיקור של המילויים מאפשרים לאמץ שיפוע יותר מתון ניתן אפילו לבצע את המילוי בשיפוע של -1.0 (אנכי): 3.0 (אופקי).

8.4 עיבוד קרקע יסוד מקורית

א) פעולת ההידוק מכוונת לקבלת צפיפות מינימלית וצפיפות מקסימלית כנדרש בטבלה מס' 51.04/05 (הידוק מבוקר) של מפרט בין-משרדי לעבודות סלילה מס' 51, במהדורתו המעודכנת.

ב) עיבוד קרקע יסוד מקורית (תחום רטיבות העיבוד ותחום דרגות הידוק נדרשים) יבוצע בהתאם לדרישות מפרט בין משרדי לעבודות סלילה מס' 51, במהדורתו המעודכנת, סעיף 51.04.14.

ג) פעולת העיבוד תקפה לכל אזורי הסלילה (מיסעות, מדרכות ושבילי אופניים).

ד) עיבוד לעומק 20 ס"מ משמעותו ביצוע הפעולות הבאות: חרישה ותיחוח, הרטבה והידוק באמצעות מעברים של מכבש כבד עד לקבלת שכבה שעובייה 20 ס"מ כבושה לדרגת הצפיפות והרטיבות הנדרשים.

ה) עיבוד קרקעות חרסיתיות יבוצע עם מכבש רגלי כבש בלבד וגיהוץ באמצעות מכבש רגיל.

ו) קרקע חרסיתית מסוג חרסית שמנה תהודק לדרגת צפיפות מינימלית של 89% מהצפיפות המקסימלית.

ז) טבלה מס' 8.1 מציגה את עומק עיבוד השתיית הנדרש.

טבלה 8-1: עומק עיבוד קרקע יסוד חרסיתית

עבודות עפר מתוכננות	LL < 40% ס"מ	40% < LL < 60% ס"מ	LL > 60% ס"מ
חפירה או מילוי עד 2.0 מ'	20	40	60
מילוי עד 3.0 מ'	20	40	40
מילוי גבוה מ- 3.0 מטר	20	20	20

ח) עיבוד לעומק 40/60 ס"מ במפלס תחתית חישוב משמעותו ביצוע הפעולות הבאות:

- חפירת קרקע יסוד מקורית לעומק מינוס 20/40 ס"מ ממפלס תחתית חישוף ועירום זמני בצד.
- חרישה ותיחוח, הרטבה והידוק תחתית חפירה לעומק 20 ס"מ באמצעות מעברים של מכבש כבד עד לקבלת שכבה שעובייה 20 ס"מ כבושה לדרגת הצפיפות והרטיבות הנדרשים.
- החזרת הקרקע הטבעית שנחפרה בשכבה עד 2 שכבות כולל הרטבה והידוק באמצעות מעברים של מכבש כבד עד לקבלת שכבה כבושה לדרגת הצפיפות והרטיבות הנדרשים.

8.5 שברי אבן "בקלש"

- א) אם במהלך עבודות החפירה בחרסית, ועקב הימצאותם של מי תהום גבוהים או עבודה בתקופת הגשמים, קורה שהחרסית רכה ו/או "רוקדת" תחת הצמ"ה, אפשר לייצב אותה באופן מכאני ע"י החדרת שברי אבן "בקלש".
- ב) תכונות ודירוג שברי האבן יהיו כנדרש במפרט בין-משרדי לעבודות סלילה מס' 51, במהדורתו המעודכנת.
- ג) אם עיבוד הקרקע מתבצע בחודשי הקיץ, אך הקרקע עדיין רטובה ו/או רכה, אפשר לחרוש את הקרקע בחריש עמוק של כ-1 מ' על מנת לאוורר אותה להאצת ייבושה, ובכך לייצב אותה. יתכן ובמקרים אלה לא יהיה צורך בייצוב מכאני ע"י "בקלש".

8.6 החלפת קרקע יסוד מקורית (חומר מילוי להחלפת קרקע)

באזורי מילוי עד גובה 5.0 מטר תבוצע החלפת קרקע לעומק 100 ס"מ. החלפת הקרקע תבוצע עם חומר מילוי אינרטי אטים אשר יעמוד בדרישות איכות כמפורט בטבלה 8.2 להלן.

טבלה 8-2: דרישות איכות עבור חומר אינרטי להחלפת קרקע

דרישת איכות	בדיקה
חומר מובא	מקור החומר
A-2 או A-4	סוג החומר
3"	גודל גרגר מקסימאלי
18% עד 40%	אחוז עובר לפי משקל דרך נפה #200
מקסימום 40%	גבול נזילות
מקסימום 10%	אינדקס פלסטיות P.I.
מקסימום 0.5%	תפיחה במדגם מת"ק
מינימום 8% בתחום רטיבות עיבוד של 4%	מת"ק מעבדתית מלאה תחת עומס של 40 ליבראות. המת"ק ייקבע על פי דרגת הידוק מינימלית ותחום רטיבות לעיבוד כנדרש במפרט הבין משרדי, פרק 51, סעיף 51.04.14, מהדורה מרץ 2014.

8.7 חומר מילוי מאושר רגיל

חומר מילוי מאושר מעל החלפת הקרקע יעמוד בדרישות האיכות כמפורט בטבלה 8.3 להלן:

טבלה 3-8: דרישות איכות עבור חומר מילוי רגיל

דרישת איכות	בדיקה
חומר מובא	מקור החומר
A-1, A-4, A-2-6, A-2-4, A-6 עם מדד קבוצתי (מקס' 4)	סוג החומר
3"	גודל גרגר מקסימאלי
מקסימום 35%	גבול נזילות
מקסימום 10%	אינדקס פלסטיות P.I.
מינימום 30 מעלות	זווית חיכוך פנימית
מקסימום 0.5%	תפיחה במדגם מת"ק
מינימום 8% בתחום רטיבות עיבוד של 4%	מת"ק מעבדתית מלאה תחת עומס של 40 ליבראות. המת"ק ייקבע על פי דרגת הידוק מינימלית ותחום רטיבות לעיבוד כנדרש במפרט הבין משרדי, פרק 51, סעיף 51.04.14, מהדורה מרץ 2014

8.8 הידוק חומרי מילוי

פיזור והידוק חומרי מילוי מאושרים ייעשה בשכבות בעובי 15 עד 20 ס"מ בבקרה מלאה לכל גובה המילוי המתוכנן.

8.9 ריסוסים

א) בין שכבת האספלט התחתונה לבין השכבה הגרנולרית שמתחתיה יש לצפות בריסוס יסוד בכמות של 0.8 עד 1.2 ק"ג/מ"ר.

ב) בין שכבות אספלטיות יש לרסס ציפוי מאחה בכמות של 0.25 עד 0.35 ק"ג/מ"ר.

ג) אין צורך לרסס ציפוי מאחה בין שכבות אספלטיות טריות.

8.10 הנחיות חיבור בין מיסעה חדשה למיסעה קיימת

החיבור בין מיסעה קיימת למבנה החדש יעשה במדרגות, בהתאם להנחיות המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י. קו הניסור באזורים בהם נדרשת הרחבה של השול לטובת הוספת נתיב יהיה מקו הצהוב לפחות.

8.11 הטמנת צנרת ותשתיות

א) בקטעים בהם נחפרות תעלות לצורך הטמנת תשתיות בקרקע הטבעית, יש למנוע שקיעות עתידיות ע"י מילוי מצידו האלמנטים ומעליהם באמצעות חול מיוצב עם 8% צמנט בהתאם לדרישות מפרט הכללי לעבודות סלילה בהוצאת משרד הביטחון פרק 51 סעיף 51.04.10.01.

ב) במידה והתשתית מבוצעת במבנה הסוללה, המילוי יבוצע באמצעות CLSM בהתאם לדרישות מפרט הכללי לעבודות סלילה בהוצאת משרד הביטחון פרק 51 סעיף 51.04.10.02.

ג) מפלסי יישום החומר מילוי סביב צנרת: מעל התושבות שבתחתית הצינור, TL+20cm של רום עליון של הצינור.

8.12 יישום יריעת איטום HDPE אופקית בעובי 1 מ"מ

א) יריעת האיטום האופקית תבוצע בהתאם לדרישות מפרט הכללי לעבודות סלילה בהוצאת משרד הביטחון פרק 51.08.03 ו-51.09.

ב) יריעת האיטום תיפרס לכל רוחב המיסעה כולל תעלות הניקוז במקרה של חפירה ועד קצה המילוי.

- ג) פריסת היריעות תבוצע בשעות המוקדמות ו/או המאוחרות של היום בהן אין שמש, היכולה לגרום להיווצרות גלים על-פניהן. פריסת היריעות תבוצע על פני קרקע שטוחים ונקיים מרגבים וגושים הגדולים.
- ד) מעל היריעה תונח שכבת חומר כיסוי מיד לאחר פריסתה לפני היווצרות "גלים" בהתאם להנחיות המפרט.

9 ביסוס קירות תומכים

- א) בהתאם לחתך הקרקע הקיים קירות תומכים יבוססו ע"ג החלפת קרקע בעובי של 80 ס"מ לפחות, החפירה להחלפת קרקע תחדור לשכבות קרקע טבעית. במידה וימצאו שכבות מילוי בלתי מבוקר או פסולת, יידרש להסירם עד לחדירה לקרקע טבעית ולבצע מילוי חוזר עד מפלס תחתית החלפת הקרקע בחומר מילוי מאושר ע"פ הנחיות בפרק 8 לעיל.
- ב) החלפת הקרקע תבוצע ממצע א', מהודק בשכבות בעובי 15-20 ס"מ לצפיפות יחסית של 100%.
- ג) יסודות הקירות התומכים יהיו טמונים 60 ס"מ לפחות מתחת לפני הפיתוח הסופיים בחזית הקיר, עבור קירות גבוהים מ-3 מ' יש להוסיף 10% מגובה הקיר לעומק ההטמנה, לדוגמה יסודות קירות בגובה 4 מ' יוטמנו בעומק 70 ס"מ.

ד) הקירות התומכים יחושבו לפי הפרמטרים להלן:

- משקל מרחבי של המילוי בגב הקיר – 1.9 טון/מ"ק
- מאמץ מגע מקסימלי מותר – 20 טון/מ"ק
- מקדם לחץ עפר אופקי – $K_a=0.35$
- מקדם חיכוך בתחתית היסוד – 0.40
- מקדם ביטחון להיפוך – 2
- מקדם ביטחון להחלקה – 1.5
- שיפוע מינימאלי עבור חזית הקיר יהיה 1:10

ה) ניקוז קירות תומכים

- נדרש לתכנן פתחי ניקוז כל 2.5 מ"ר לאורך וגובה הקיר. הנקזים יהיו בקוטר מינימאלי של 10 ס"מ עם מסננת חצץ מאחור
- בגב הקיר יבוצע נקז במנייה יבשה ברוחב 0.4 מ' לפחות וייעשה מאבנים קשות של גיר
- יש לדאוג למערכת ניקוז יעילה להרחקה מהירה של מי גשם מאזור הקיר התומך