



א. גיאומכניקה בע"מ

הצדף 04

קיסריה

ת.ד. 166

מיקוד 3088903

טלפון 04-6013720

פקס 04-6013721

## **סקר גיאומכני למטרות ביסוס**

**כביש 2 – נתיבים מהירים**

**קטע מחלף נתניה – נחל פולג**

**דוח מפורט מס' 218/16/02-01 יולי 2020**

# הקדמה

## הנדסה גיאומטכנית - אפשרויות ומגבלות

הנדסה גיאומטכנית מטפלת בקשרי הגומלין שבין קרקע למבני הנדסה אזרחית המושתתים עליה או עשויים ממנה. לצורך עבודתו עומדים לרשות המהנדס הגיאומטכני כלים משוכללים, המאפשרים לו להרים תרומה משמעותית לבטיחות ולכלכליות של המבנים שבהם הוא עוסק.

כנגד זאת, חשוב לזכור כי מטבעה אין ההנדסה הגיאומטכנית יכולה להיות מדע מדויק. תכונותיהם של מרבצי קרקע וסלע טבעיים (וכן של מילויים מעשי-ידי אדם) עלולות להשתנות בצורה קיצונית ממקום מקום. כיוון שגם בסקרים המקיפים ביותר ניתן לחשוף ולבדוק רק חלק זעיר ממסת הקרקע המושפעת על ידי המבנה או משפיעה עליו, יוצא שכל אינטרפולציה בין קדוחים או מחשופים אינה יכולה (גם במקרה הטוב) לחרוג ממסגרת של ניחוש מלומד.

בעבודה זו נעשה מאמץ לקבל את מרב המידע במסגרת המשאבים שהוקצו לה. עם זאת, אין לשכוח שהמסקנות המובאות בה מסתמכות על כמות סופית של נתונים, ולכן אינן מתיימרות (גם אם עשוי להתקבל רושם כזה) לתת תמונת-מצב מדויקת של השתית. תמונה כזו מתחילה להתגלות רק בעת בצוע עבודות החפירה למבנה וליסודותיו, ולכן חיוני כי המהנדס הגיאומטכני ישותף בשלב הבצוע וכי תינתן לו אז האפשרות לבחון את מסקנותיו נוכח המידע הנוסף שיתגלה.

ההמלצות המובאות בדוח תקפות בעת כתיבתו. עם זאת יש לזכור כי בעתיד, כתוצאה מתהליכים טבעיים או ממעשי ידי אדם, עלולים להשתנות התנאים באתר הנדון ובסביבתו. כמוכן עשויים לחול שינויים בתקנים או בתחיקה או הצטברות של ידע חדש. תהליכים אלו, שאינם בשליטת הח"מ, יביאו לכך שממצאי הדוח יאבדו את תקפותם, בשלמות או באופן חלקי. לפיכך מודגש בזה כי יש לבחון מחדש את הדוח, ואין לעשות בו שימוש כלשהו ללא בחינה מחדש, לאחר תקופה של שנתיים מיום כתיבתו. על מנת למנוע אי-הבנות הנובעות ממידע

חלקי, אין להשתמש בדוח זה אלא למטרה שלשמה נועד, ואין לצטטו או להעתיקו

אלא במלואו.

התוכן :

**.1 מבוא**

**.2 נתונים**

2.1 תיאור האתר והפרויקט המתוכנן

2.2 השתית ותכונותיה

**.3 מסקנות והמלצות**

3.1 תכן סיסמי

3.2 הנחיות ביסוס

3.2.1 טיפול בשתית

3.2.2 הנחיות לשיפועי חפירה זמניים וקבועים

3.2.3 מעבירי מים ומעבר תת קרקעי

3.2.4 תעלות ניקוז מלבניות מבטון מזויין

3.2.5 קירות תמך זיזים

3.2.6 קירות דיפון

3.2.7 ביסוס גשרי שילוט

3.2.8 קירות אקוסטיים

3.2.9 ביסוס גשר הולכי רגל אודים

3.2.10 ניקוז האתר ואמצעי ייצוב כנגד מיחתור וסחף קרקע

**.4 סיכום**

# סקר גיאומטני למטרות ביסוס

## כביש 2 – נתיבים מהירים

### קטע מחלף נתניה – נחל פולג

דוח מפורט מס' 218/16/02-01 יולי 2019

#### 1. מבוא

בכביש 2 בקטע שבין מחלף נתניה ועד לגשרים החוצים את נחל פולג מתכננת חברת נתיבי אילון את הקמתם של נתיבים מהירים המיועדים לתנועת תחבורה ציבורית. הדוח המפורט המוגש בזה, הן בנושא הביסוס של הפרויקט, הן בנושא הביסוס של הפרויקט, נכתב בהסתמך על:

- ממצאי סיורים לאורך תוואי הפרויקט.
- דוח גיאולוגי מוקדם לפרויקט שהוכן ע"י גיאופרוספקט (מרץ 2020).
- דוח הידרו-גיאולוגי מוקדם לפרויקט שהוכן ע"י גיאופרוספקט (מרץ 2020).
- דוח בדיקה מס' 12213 המסכם את ממצאי סקר הקרקע באתר (איזוטופ פברואר 2020).
- התוכניות הקיימות בשלב זה כפי שנתקבלו מהמתכננים. ההקדמה לדוח זה מהווה חלק בלתי-נפרד ממנו.

#### 2. נתונים

##### 2.1 תיאור האתר והפרויקט המתוכנן

תוואי הקטע המתוכנן לאורך כביש מס' 2 החל מתחום מחלף נתניה (מפגש עם כביש 57) ועד לתחום הגשרים הקיימים בחציית נחל פולג. עקב הרחבת הכביש יידרש להרחיב מעברי מים, להתקין קירות תמך, קירות אקוסטיים ותעלות ניקוז מבטון מזויין בחלק מתוואי הכביש ומשני צדיו, להקים מעברי מים חדשים, להקים מעבר תת קרקעי ממזרח לגשר הקיים במחלף פולג, להקים גשר הולכי רגל בסמוך לכניסה לשוב אודים, וגשרי שילוט לאורך התוואי. במטרה להרחיב את רמפת הירידה בגשר השלום ומספר הנתיבים בתחום מחלף נתניה מתוכנן להקטין את סוללת רמפת הירידה בגשר השלום ונציב הקצה של הגשר הקיים במחלף נתניה. לשם כך מתוכננת התקנת קיר דיפון עם עוגנים שיתמוך את סוללת נציב הקצה המזרחית. בטבלאות מס' 1 עד 5 מפורטים המבנים המתוכננים בשלב זה.

טבלה מס' 1: פרוט קירות אקוסטיים המתוכננים לאורך תוואי הפרויקט

שם	ציר	חתכים	אורך (מ')	קידוחי ניסיון
AW-101	2L	237-237	35	PS-04
AW-102	2L	238-260	438	KB-64 KB-65
AW-103	2L	259-260	22	KB-65 KB-63

טבלה מס' 1 (המשך): פרוט קירות אקוסטיים המתוכננים לאורך תוואי הפרויקט

שם	ציר	חתכים	אורך (מ')	קידוחי ניסיון
AW-104	2L	260-291	609	KB-65 KB-66 PS-07
AW-105	11-R	1111-1121	189	KB-68 KB-01
AW-106	13-L	1315-1324	170	KB-69 KB-04
AW-107	2L	310-320	194	KB-05 KB-06
AW-108	2L	320-348	584	KB 07 KB 08 KB 09 KB 10 KB 11 KB 12
AW-109	2L	348-353	115	KB-11
AW-110	2L	354-356	37	KB-14
AW-111	2L	391-402	212	KB 20 KB-22
AW-112	2L	401-412	214	KB-23 KB-24 KB-25
AW-113	2L	212-431	369	KB-25 KB-29
AW-114	2L	431-446	306	KB 29 PS-12 KB 30 KB 31
AW-115	2L	517-543	510	KB 49 KB 50 PS-17 KB 51 KB 52 PS-18 KB 53 KB 54
AW-116	2L	542-552	200	KB-54
AW-117	2L	552-558	124	KB-54
AW-118	2L	558-562	90	KB-54 KB-71
AW-119	17	1703-1708	95	KB-71
AW-201	2R	255-257	95	KB-61 PS-06
AW-202	2R	255-257	284	KB-54

טבלה מס' 2 : פרוט קירות תומכי כבישים וקירות תומכי מגרש המתוכננים לאורך תוואי

הפרויקט

קידוחי ניסיון	אורך (מ')	חתכים	ציר	שם
KB-64 PS-04	223	242-246	2R	RW-201
PS-08 KB-66	438	276-285	2R	AW-202
PS-09	42	2105-2107	21	RW-203
KB-80	12	2314-2314	23-R	PW-204
KB-80 PS-10	33	2105-2107	23-R	RW-205
KB-02	29	2298-2300	23-L	RW-206
KB-02	57	23116-2319	23-R	PW-207
KB-02	44	2298-2300	23-L	RW-208
KB-02	72	2419-2423	24-R	RW-209
KB-04 KB-02	48	2298-2300	24-R	RW-210
KB-06 KB-07 KB-08 KB-09 KB-10 KB-11 KB-12	964	2298-2300	24-R	RW-211
KB-14	88	2505-2510	25-R	RW-212
KB-14 KB-15 KB-16	58	2514-2517 (364-367)	25-L (2R)	RW-213
KB-82 KB-17 KB-83	209	2601-2611 (375-585)	26-L (2R)	RW-214
KB-83 KB-19	51	2611-2614 (375-587)	25-L (2R)	RW-215
KB-83	230	2601-2612	26-R	RW-216
KB-19	44	2612-2614	26-R	PW-217
KB-19	87	2514-219	25-R	PW-218
KB-26 KB-28	25	422-426	2R	RW-219
KB-71	87	578-586	2R	PW-220
KB-73	96	586-592	2R	PW-221
KB-64	12	250-251	2L	PW-101
PS-09 KB-01	15	1106-1107	11-R	RW-102

טבלה מס' 2 (המשך): פרוט קירות תומכי כבישים וקירות תומכי מגרש המתוכננים לאורך

תוואי הפרויקט

קידוחי ניסיון	אורך (מ')	חתכים	ציר	שם
KB-11	45	347-349	2L	PW-103
KB-11	50	351-353	2L	PW-104
KB-14	47	354-356	2L	PW-105
KB-17	33	1409-1411	14-R	RW-106

טבלה מס' 3: פרוט קירות תומכים לפיתוח נופי ושבילי האופניים המתוכננים לאורך תוואי

הפרויקט

קידוחי ניסיון	אורך (מ')	חתכים	ציר	שם
PS-03	216	227-237	2-L	RW_LA_001
KB-64 PS-04	201	239-249	2-L	RW_LA_002
KB-64	4	251	2-L	RW_LA_003
KB-64	46	249-251	2-L	RW_LA_004
KB-63	214	250-260	2-L	RW_LA_005
KB-63	585	260-290	2-L	RW_LA_006
KB-69	133	260-290	13-L	RW_LA_007

טבלה מס' 4: פרוט תעלות בטון המתוכננות לאורך תוואי הפרויקט

קידוחי ניסיון	אורך (מ')	חתכים	ציר	שם
KB-66 PS-07	287	260-275	2-L	DC-101
KB-01 KB-80 PS-10	107	290-296	2-L	DC-104
KB-03	170	299-303	2-L	DC-105
KB-04	110	303-309	2-L	DC-106
KB-69	323	1307-1324	13-L	DC-107
KB-05 KB-06 KB-07 KB-08 KB-09 KB-10 KB-11	744	310-347	2-L	DC-108
KB-14 KB-15 KB-16	324	356-372	2-L	DC-113
KB-17	143	1403-1412	14-L	DC-114
KB-17	68	378-381	2-L	DC-115
KB-18	82	381-385	2-L	DC-116

טבלה מס' 4 (המשך): פרוט תעלות בטון המתוכננות לאורך תוואי הפרויקט

שם	ציר	חתכים	אורך (מ')	קידוחי ניסיון
DC-117	15-L	1506-1509	63	PS-11 KB-18
DC-118	2-L	387-427	808	KB-20 KB-21 KB-22 KB-23
DC-121	2-L	427-469	844	KB-27 KB-28 KB-29 KB-30 KB-31 KB-32 KB-33 KB-34 KB-35
DC-123	2-L	501-562	1226	KB-45 KB-50
DC-201	2-R	394-417	460	KB-21
DC-203	2-R	466-493	527	KB-36, KB-40
DC-204	28-R	2805-2812	121	KB-40
DC-205	2-R	495-552	1147	KB-44 KB-46 KB-47 KB-49 KB-51 KB-53
DC-206	2-R	570-577	143	KB-66 PS-07
DC-207	29-R	2905-2908	58	KB-01 KB-80 PS-10

טבלה מס' 5: פרוט מעבירי מים המתוכננים לאורך תוואי הפרויקט

שם	ציר	חתכים	אורך (מ')	מידות (מ')	קידוחי ניסיון
DR-380	צד מזרח	380	20	2*1	KB-17
DRE-397	צד מזרח	397	10	1*1	KB-22
DRW-397	צד מערב	397	5	1*1	KB-22
DRE-466	צד מזרח	466	10	1.5*1.7	KB-35
DRW-466	צד מערב	466	5	1.5*1.7	KB-35
DR-485	צד מזרח	485	10	1.8*1.5	KB-39 PS-13



טבלה מס' 5 (המשך): פרוט מעבירי מים המתוכננים לאורך תוואי הפרויקט

שם	ציר	חתכים	אורך (מ')	מידות (מ')	קידוחי ניסיון
DRE-511	צד מזרח	511	10	2*1	KB-47 KB-48
DRW-511	צד מערב	511	5	2*1	KB-47 KB-48
DRE-552	צד מזרח	552	10	1*2*2	KB-54
DRW-552	צד מערב	552	5	1*2*2	KB-54

## 2.2 השתיית ותכונותיה

### 2.2.1 מבוא

סקר הקרקע שנעשה באתר כלל 62 קידוחי ניסיון שירדו לעומק מרבי של 30 מ', 10 קידוחי מבנה שירדו לעומק מרבי של 4 מ'. מיקום ועומק קידוחי הניסיון והמבנה מפורט בטבלה מס' 6.

טבלה מס' 6: מיקום ועומק קידוחי ניסיון וקידוחי מבנה

מס' סידורי	מס' קידוח	X	Y	עומק (מ')
1	KB-1	185146	686019	12
2	KB-2	186588	686769	6
3	KB-3	186507	686820	6
4	KB-4	186576	686918	6
5	KB-5	186633	686968	6
6	KB-6	186635	687111	6
7	KB-7	186694	687190	6
8	KB-8	186691	687310	6
9	KB-9	186744	687371	6
10	KB-10	186742	687501	6
11	KB-11	186811	687593	6
12	KB-12	186779	687639	18
13	KB-14	186883	687889	6
14	KB-15	186885	688030	18
15	KB-16	186937	688086	6
16	KB-17	186949	688248	6
17	KB-18	186917	688378	6
18	KB-19	187041	688463	6

טבלה מס' 6 (המשך): מיקום ועומק קידוחי ניסיון וקידוחי מבנה

עומק (מ')	Y	X	מס' קידוח	מס' סידורי
8	688525	187003	KB-20	19
10	688632	187090	KB-21	20
10	688640	187037	KB-22	21
10	688747	187083	KB-23	22
6	688822	187139	KB-24	23
6	688939	187137	KB-25	24
6	689017	187191	KB-26	25
6	689157	187197	KB-27	26
20	689215	187242	KB-28	27
6	689295	187225	KB-29	28
6	689417	187280	KB-30	29
6	689526	187269	KB-31	30
6	689623	187319	KB-32	31
6	689730	187308	KB-33	32
6	689818	187355	KB-34	33
8	689998	187355	KB-35	34
6	690066	187405	KB-36	35
8	690109	187379	KB-37	36
6	690309	187417	KB-39	37
20	690454	187506	KB-40	38
10	690458	187445	KB-41	39
10	690524	187457	KB-43	40
10	690628	187508	KB-44	41
6	690658	187483	KB-45	42
8	690796	187540	KB-46	43
10	690867	187552	KB-47	44
6	690884	187540	KB-48	45
10	691011	187567	KB-49	46
6	691076	187540	KB-50	47
6	691236	187583	KB-51	48
6	691271	187554	KB-52	49
6	691409	187595	KB-53	50
6	691437	187546	KB-54	51
30	686273	185838	KB-61	52
30	686309	185679	KB-63	53

טבלה מס' 6 (המשך): מיקום ועומק קידוחי ניסיון וקידוחי מבנה

עומק (מ')	Y	X	מס' קידוח	מס' סידורי
18	686308	185630	KB-64	54
18	686370	185906	KB-65	55
18	686450	186161	KB-66	56
18	686815	186334	KB-68	57
18	686870	186429	KB-69	58
18	692208	1877667	KB-71	59
30	692409	187806	KB-73	60
25	686702	186531	KB-80	61
18	688242	187021	KB-82	62
18	688333	187090	KB-83	63
4	686236	185478	PS-04	64
4	686280	185802	PS-06	65
4	686364	185979	PS-07	66
4	686410	186178	PS-08	67
4	686524	186348	PS-09	68
4	686702	186498	PS-10	69
4	688405	186993	PS-11	70
4	689366	187270	PS-12	71
4	690354	187426	PS-13	72
4	691142	187546	PS-17	73

חלק מהקידוחים יוצבו עם צינורות דיפון ו/או נוזל קידוח. במהלך ביצוע הקידוחים ובורות הניסיון ניטלו מדגמים מופרים ובלתי מופרים.

### 2.2.2 תנאי הקרקע לאורך כביש 2

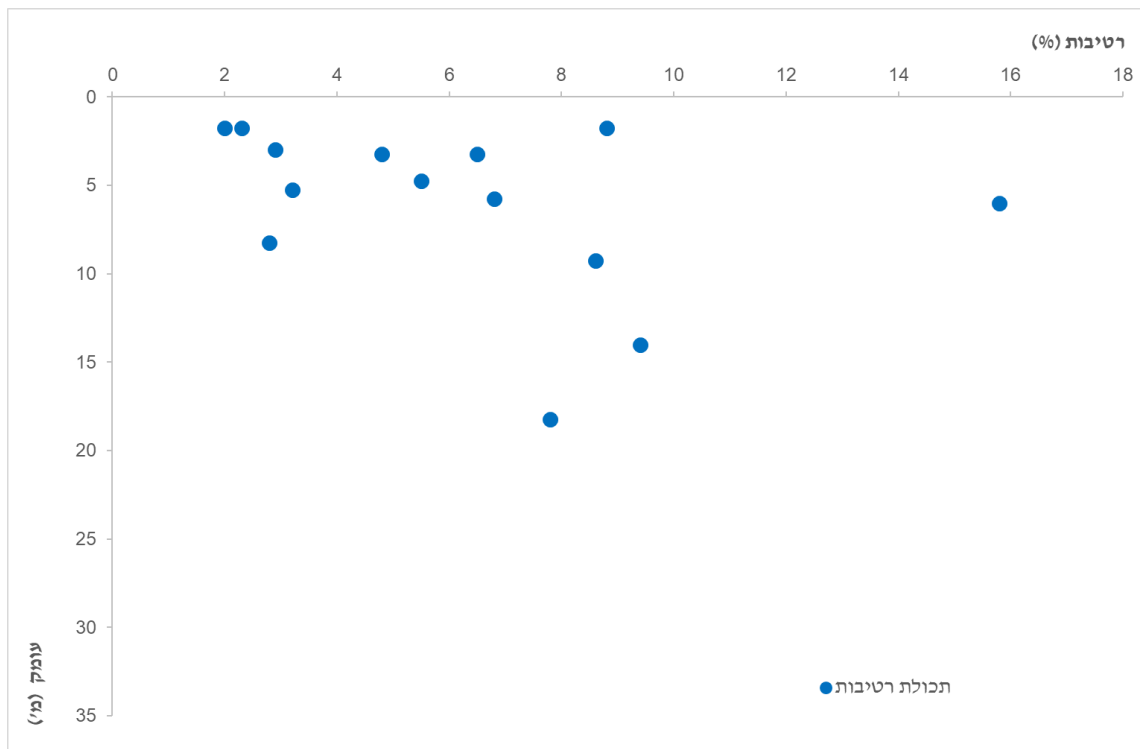
סקר הקרקע חשף שפרופיל הקרקע הטבעי לאורך כביש 2 מורכב מהשכבות הבאות:  
 בין חתכים 227 ועד 260 חתך הקרקע הטבעי עד לתחתית העומק שנבדק כולל חילופים של שכבות חול וחול בליכוד קרבונטי - חול כורכרי, כורכר חולי עד כורכר. החתך מכיל עדשות ביניים בעובי של עד 10 מ' הכוללות חול טיני חול חרסיתי וחרסית שמנה עד רזה.  
 בין חתכים 260 עד 500 חתך הקרקע כולל שכבה עליונה של חול טיני עד חול חרסיתי בעובי שבין 2 ועד 12 מ' ועדשות חרסית חולית בעובי של עד 5 מ'. מתחתיה חילופים של שכבות חול

וחול בליכוד קרבונטי - חול כורכרי, כורכר חולי עד כורכר היורדים לתחתית העומק שנבדק עם עדשות ביניים של חול, חול חרסיתי וחרסית רזה עד שמנה.

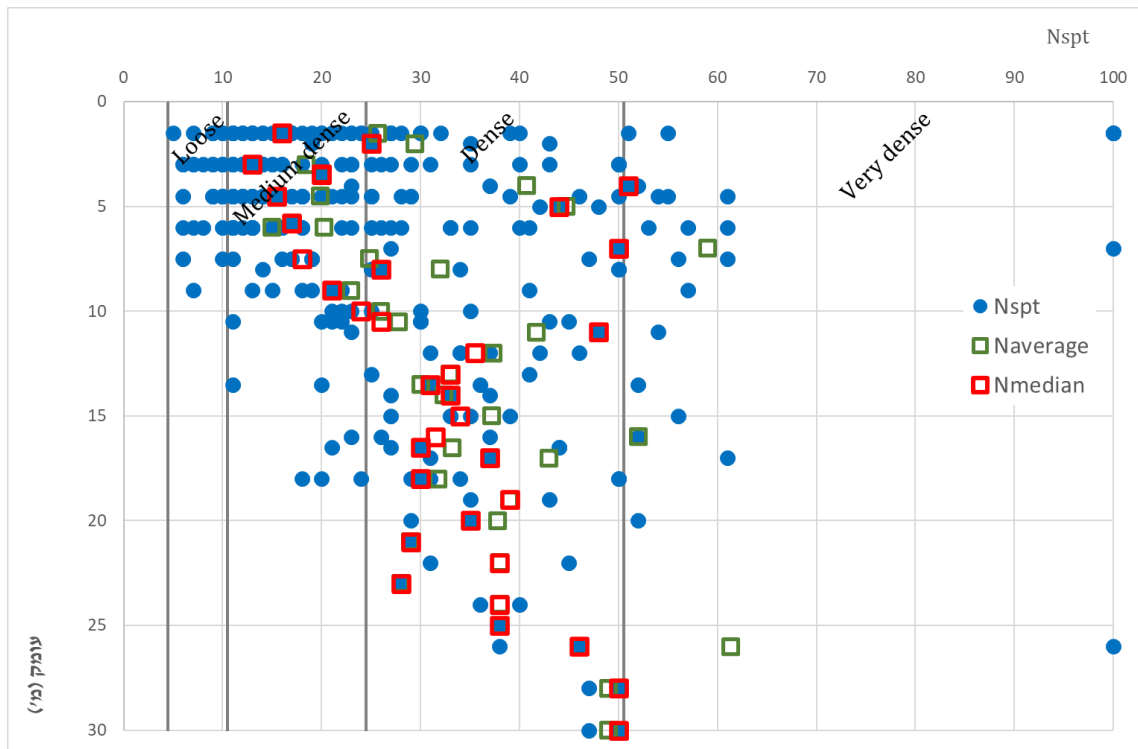
החל מחתך 500 וצפונה חתך הקרקע כולל חילופים של חול טיני חול חרסיתי עד חרסית שמנה עליונה בעובי שבין חמישה מטרים ועד מעל לעשרה מטרים. ושכבות תחתונות של חול וחול בליכוד קרבונטי - חול כורכרי, כורכר חולי עד כורכר היורדים עד לתחתית העומק שנבדק עם עדשות ביניים של חרסית רזה עד שמנה בעובי של עד חמישה מטרים.

שכבת חול טיני, חול וחול כורכרי הכולל - חול, צרורות א.ח.ג בעובי משתנה.

התפלגות הרטיבות שנמדדה בשכבה זו מוצגת בתרשים מס' 1 ונעה בין כשני אחוז ועד כ-16%. ההתנגדות להחדרה בשכבות החוליות נעו בין 5 ועד ל-100 חבטות. תוצאות אלו מתאימות לשכבות חוליות בצפיפות נמוכה עד צפיפות גבוהה מאד. תוצאות בדיקות הפרסיומטר בשכבות החוליות מוצגות בטבלה מס' 7.



סרטוט מס' 1 : תכולת רטיבות בשכבות חול טיני, חול וחול כורכרי.



סרטוט מסי' 2 : ההתנגדות להחדרה בשכבות חול טיני, חול וחול כורכרי.

טבלה מסי' 7 : תוצאות בדיקות פרסיומטר בשכבות חול טיני, חול וחול כורכרי.

שם קידוח	עומק (מ')	SPT	Soil	Ep (Mpa)	Er (Mpa)	Es (Mpa)
KB-80	3.1	47	SP	25.8	82.1	77.4
KB-61	3.1	38.5	SP-SM	49.7	101.7	99.4
KB-63	3.1	36	SP-SM	40.2	85.9	80.4
KB-80	9.3	23	SP-SM	19.2	78.7	57.6
KB-80	14	50	SM	23.8	82.3	71.4
KB-80	18	49.5	SP-SM	30.5	89.8	91.5
KB-61	5.8	46	SP-SM	39.2	94.7	78.4
KB-63	6.2	35.5	SP-SM	105.6	150.8	211.2
KB-61	8.7	40	SP-SM	41.3	103.2	82.6
KB-63	9	24.5	SP-SM	50.1	113.2	100.2
KB-61	12	47.5	SP-SM	35.3	85.9	70.6
KB-63	12	24	SP-SM	19.4	67.4	58.2
KB-61	14.8	29.5	SP-SM	42.9	99.4	85.8
KB-61	18.3	33	SP-SM	35.5	66	71
KB-61	21.3	40	SP-SM	46.4	96	92.8

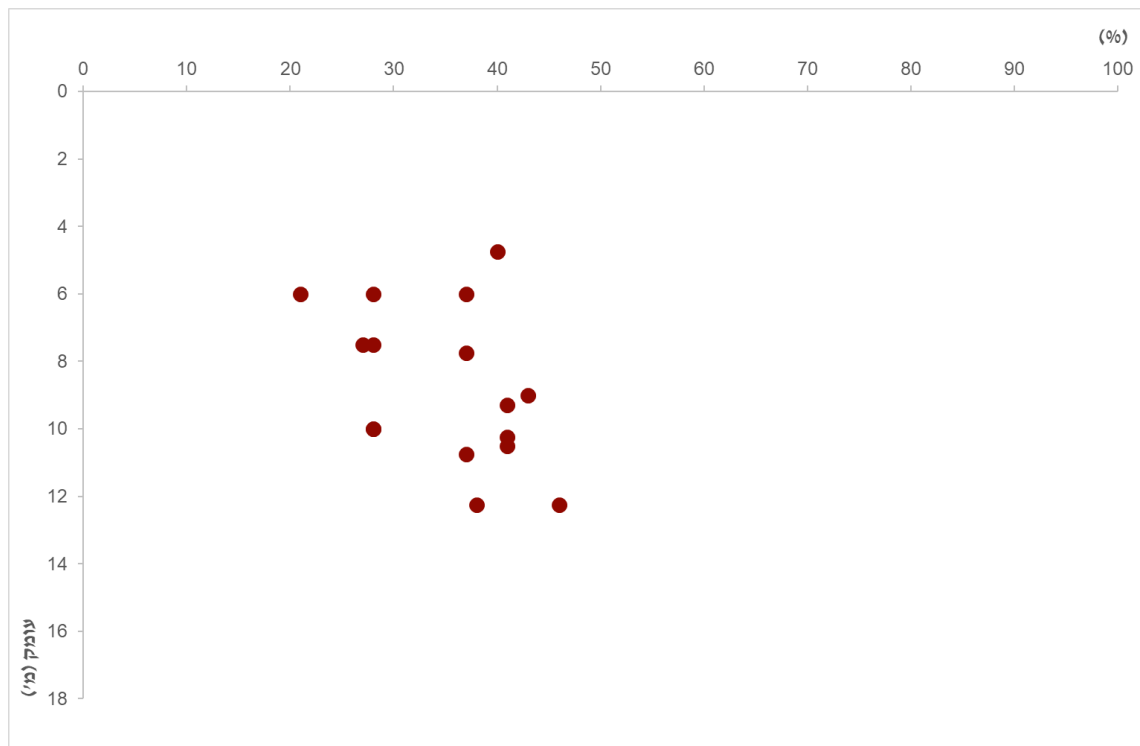
טבלה מס' 7 (המשך): תוצאות בדיקות פרסיומטר בשכבות חול טיני, חול וחול כורכרי.

שם קידוח	עומק (מ')	SPT	Soil	Ep (Mpa)	Er (Mpa)	Es (Mpa)
KB-63	15.2	25	SP-SM	34.9	88.1	69.8
KB-63	18.3	40	SP-SM	49.4	115.8	98.8
KB-63	21.3	41.5	SP-SM	119.6	205.6	239.2

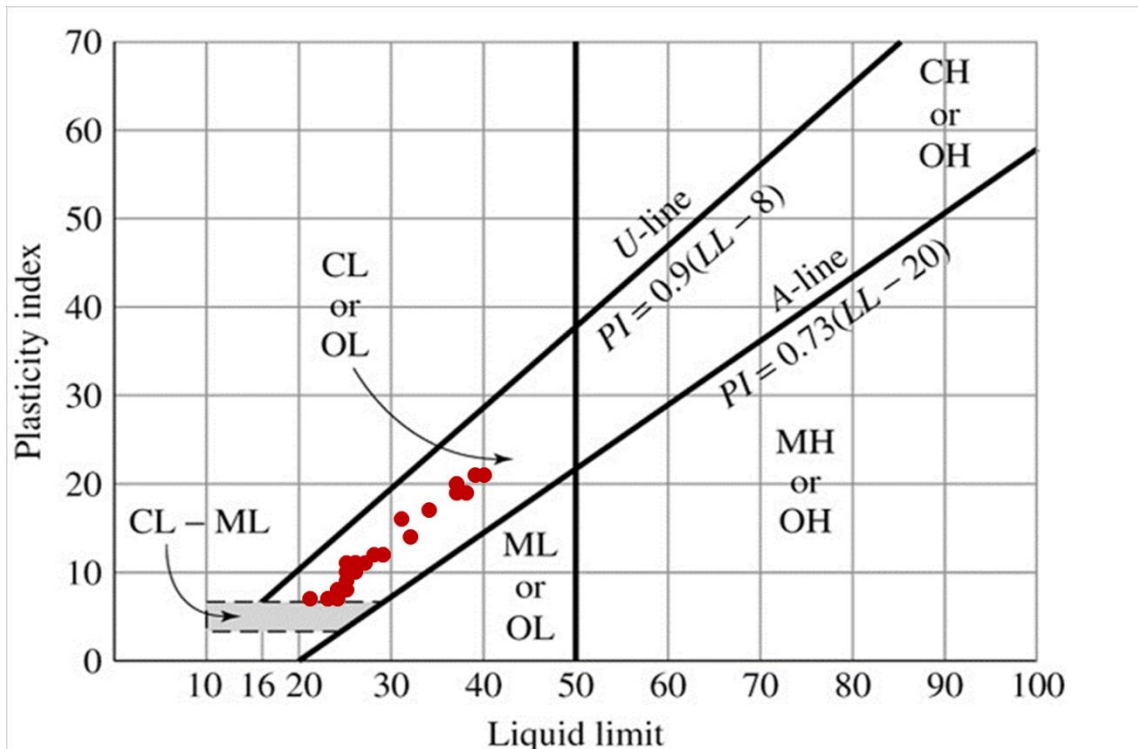
### שכבת החול החרסיתי

פילוג הדקים בשכבת החול החרסיתי מוצגים בסרטוט מס' 3. בהתאם לפילוג הדקים ניתן לקבוע כי שכבה זו מאופיינת בכמות דקים בטווח שבין כעשרים אחוז ועד 46%. בהתאם לגבולות הסומך (ראה סרטוט מס' 4) ובהיקף הדקים בשכבה מוגדרת הקרקע בשכבה זו בהתאם לשיטת המיון האחידה כחול חרסיתי. תכולת הרטיבות שנמדדה בשכבה נע בין 7.8% ועד 20.8% (סרטוט מס' 5). התפיחה החופשית שנמדדה מוצגת בסרטוט מס' 6. כפי שניתן להתרשם התקבלו ערכים שבין 5% ועד 60%. בהתאם לתוצאות ניתן לאפיין את החול החרסיתי כבעל פוטנציאל תפיחה נמוך עד בינוני.

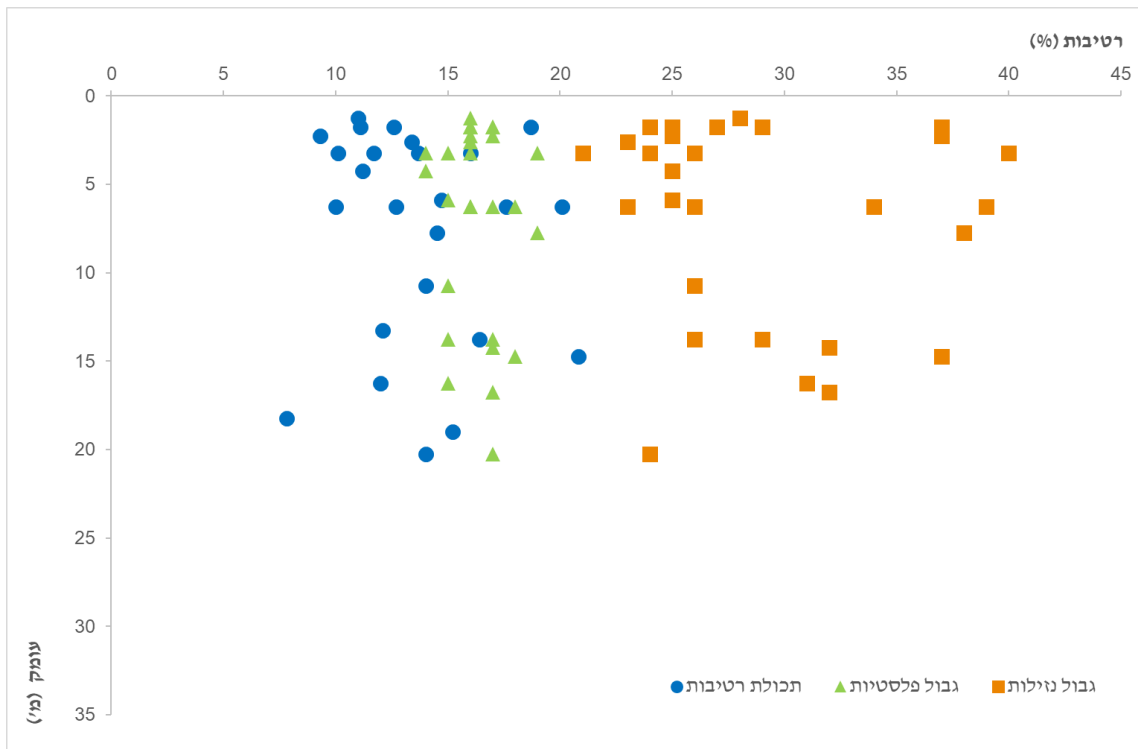
התנגדות להחדרה בבדיקות ה-SPT נעה בין 6 ל-100 חבטות. תוצאות אלו מתאימות לשכבות חוליות בצפיפות נמוכה עד צפיפות גבוהה מאד. תוצאות בדיקות הפרסיומטר בשכבת החול החרסיתי מוצגות בטבלה מס' 8.



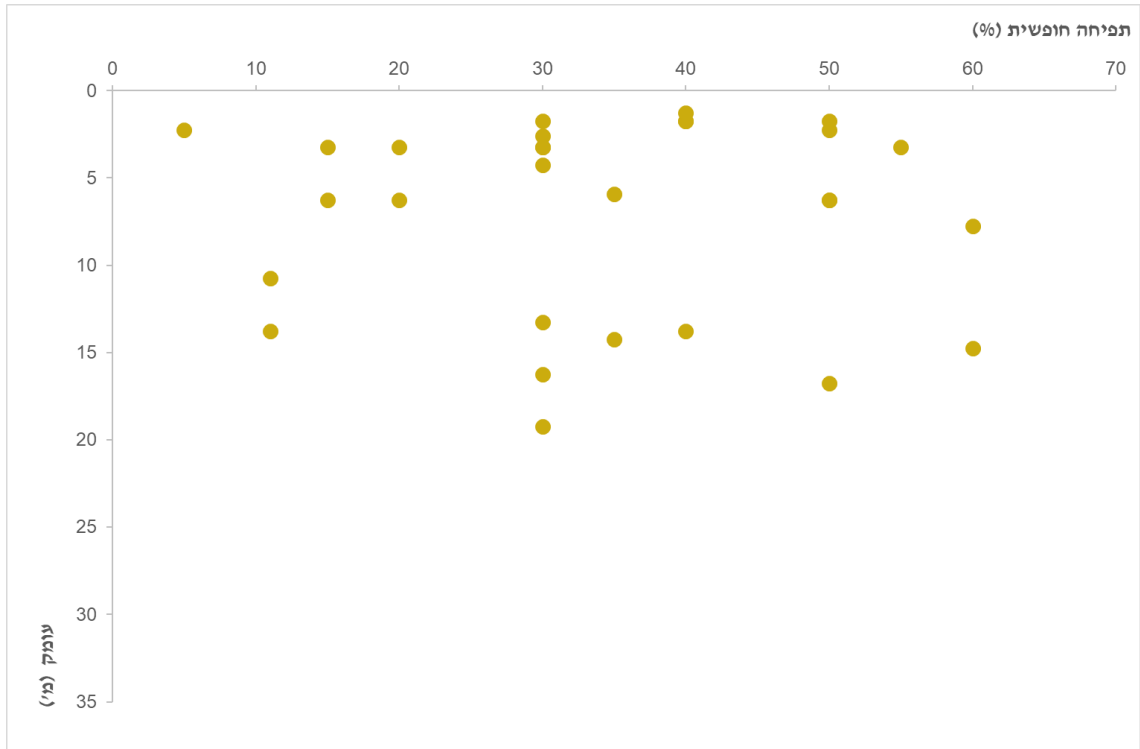
סרטוט מס' 3: התפלגות הדקים בשכבות החול החרסיתי.



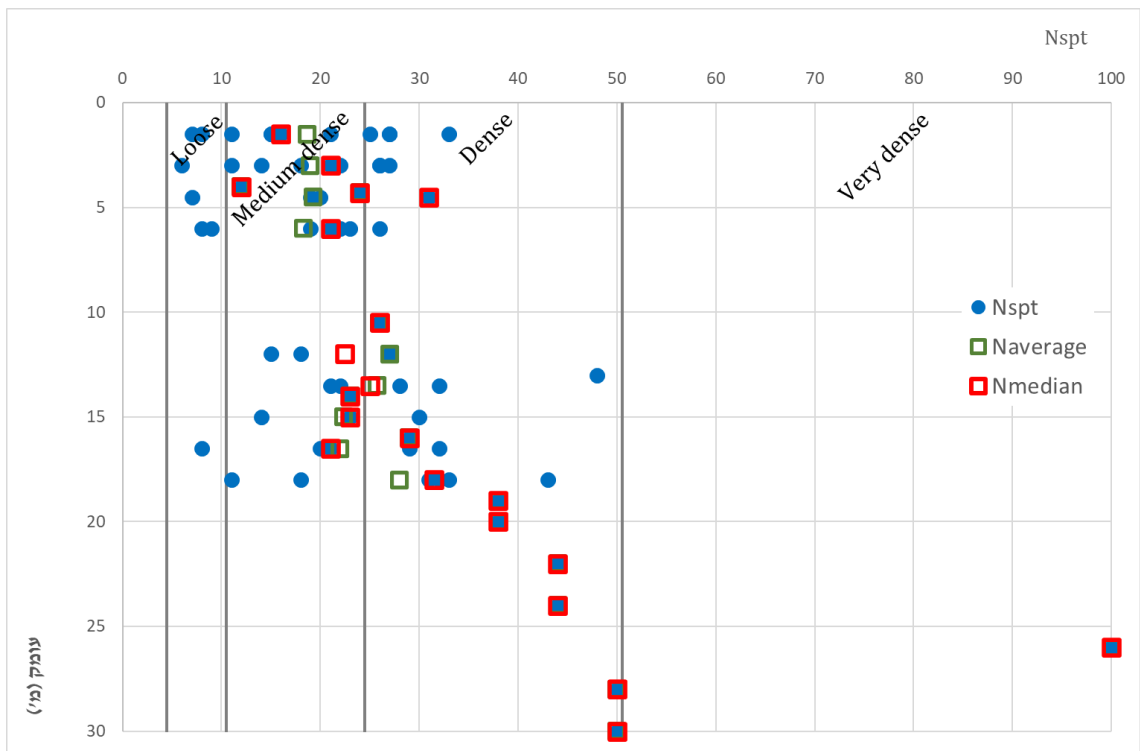
סרטוט מס' 4: סימון גבולות הסומך שהתקבלו בשכבות החול החרסית.



סרטוט מס' 5: תכולת רטיבות בשכבות החול החרסית.



סרטוט מס' 6 : תפיחה חופשית בשכבות החול החרסית.



סרטוט מס' 7 : ההתנגדות להחדרה בשכבות החול החרסית.

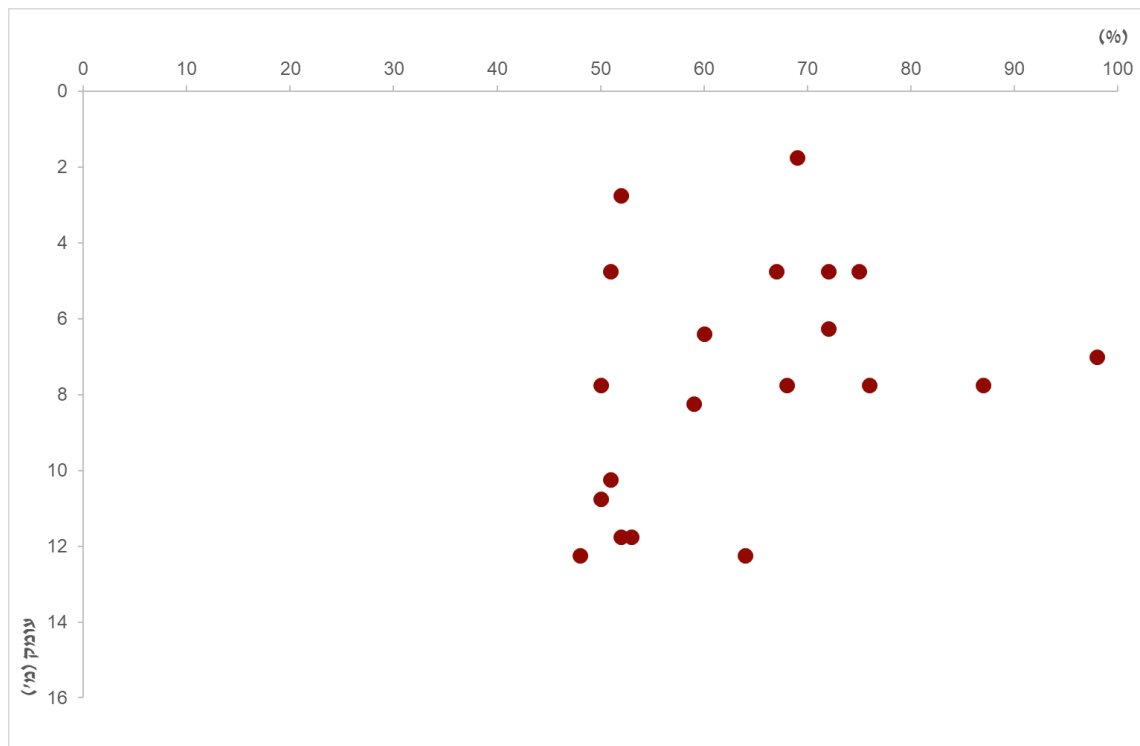


טבלה מס' 8 : תוצאות בדיקות פרסיומטר בשכבות חול חרסית וחרסית.

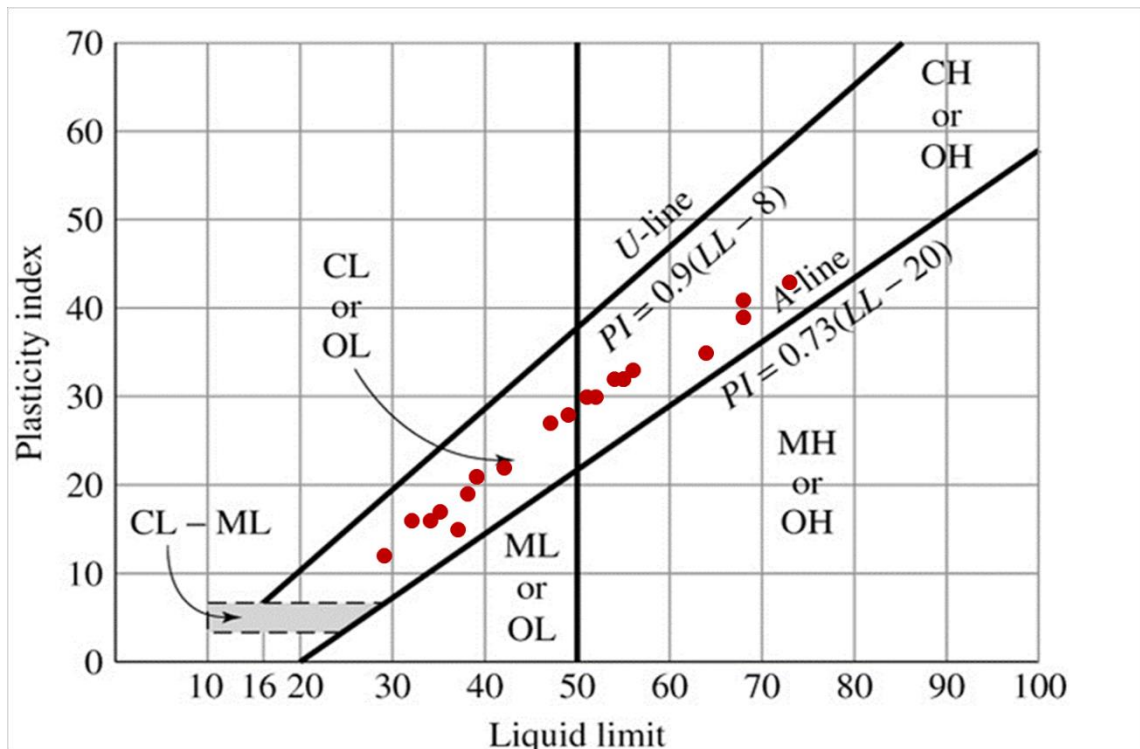
שם קידוח	עומק (מ')	SPT	Soil	Ep (Mpa)	Er (Mpa)	Es (Mpa)
KB-80	12.3	48	SC-CL	18.8	66.4	28.2
KB-80	20.3	33.5	SC	32.6	74.8	48.9

### שכבת החרסית

פילוג הדקים בשכבות החרסית מוצג בסרטוט מס' 8. בהתאם לפילוג המקטעים ניתן לקבוע כי שכבות אלו מאופיינת בכמות דקים שעולה על 50%. בהתאם לגבולות הסומך (ראה סרטוט מס' 7) ובהיקף הדקים בשכבה מוגדרת הקרקע בשכבה זו בהתאם לשיטת המיון האחידה כחרסית שמנה וחרסית רזה.



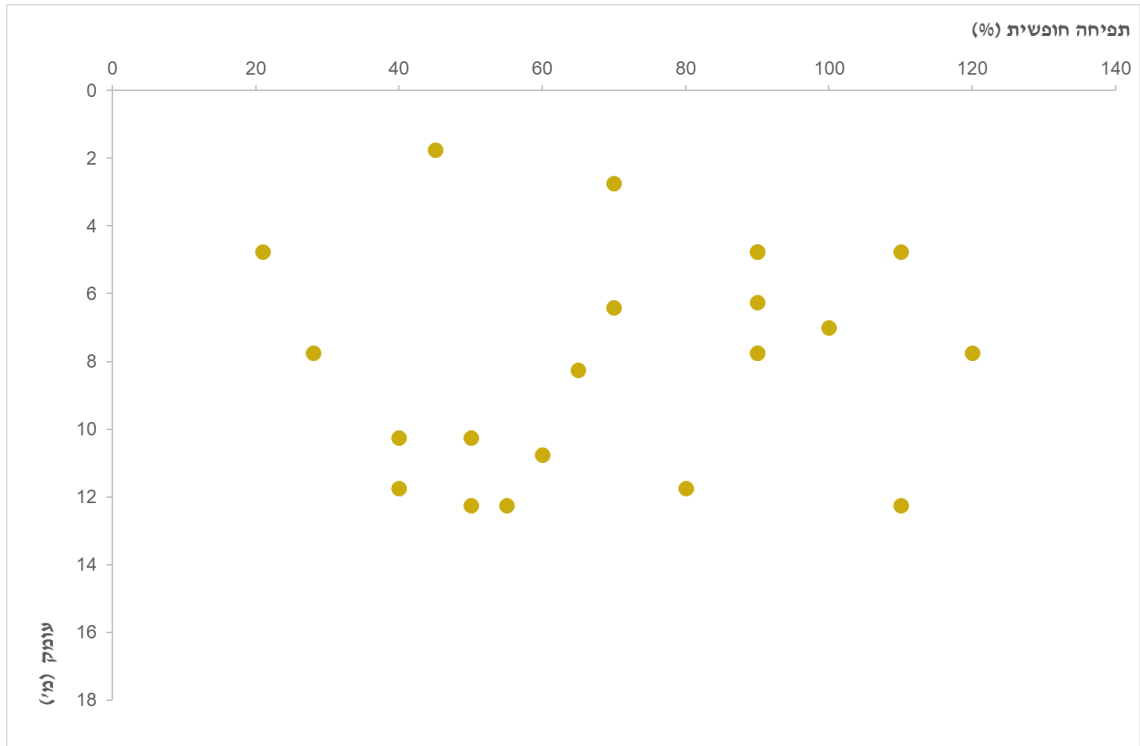
סרטוט מס' 8 : התפלגות הדקים בשכבות החרסית.



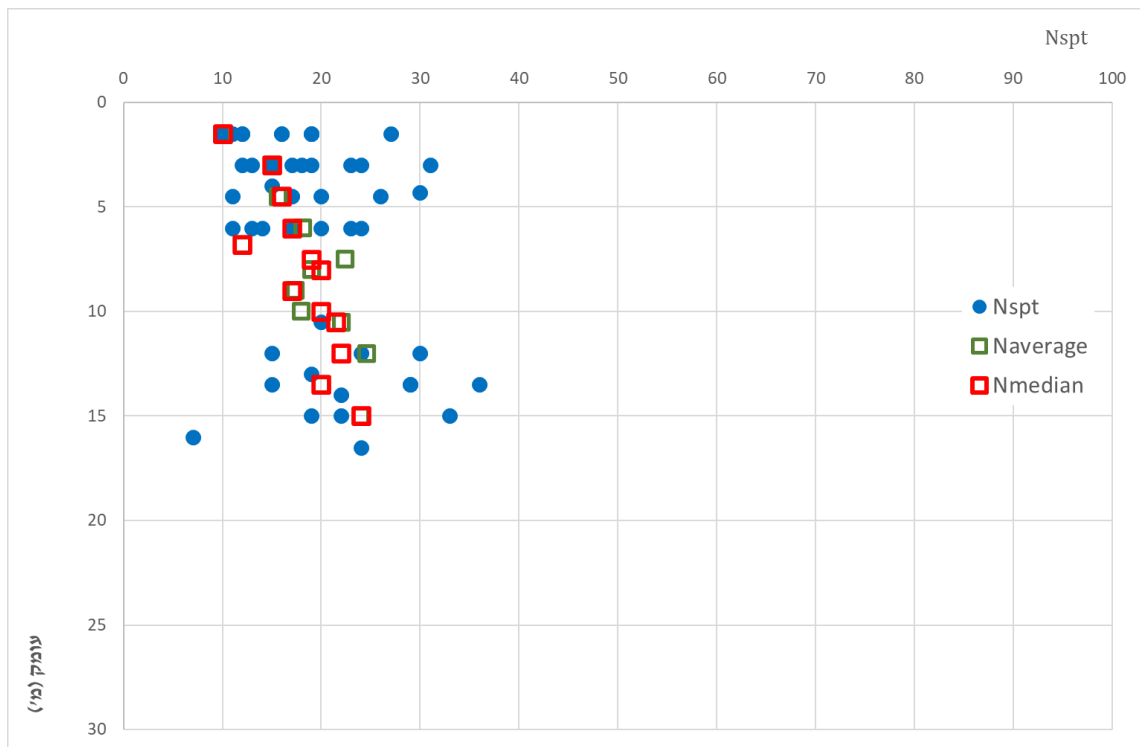
סרטוט מס' 9 : סימון גבולות הסומך שהתקבלו בקידוחי הניסיון בשכבות החרסית.



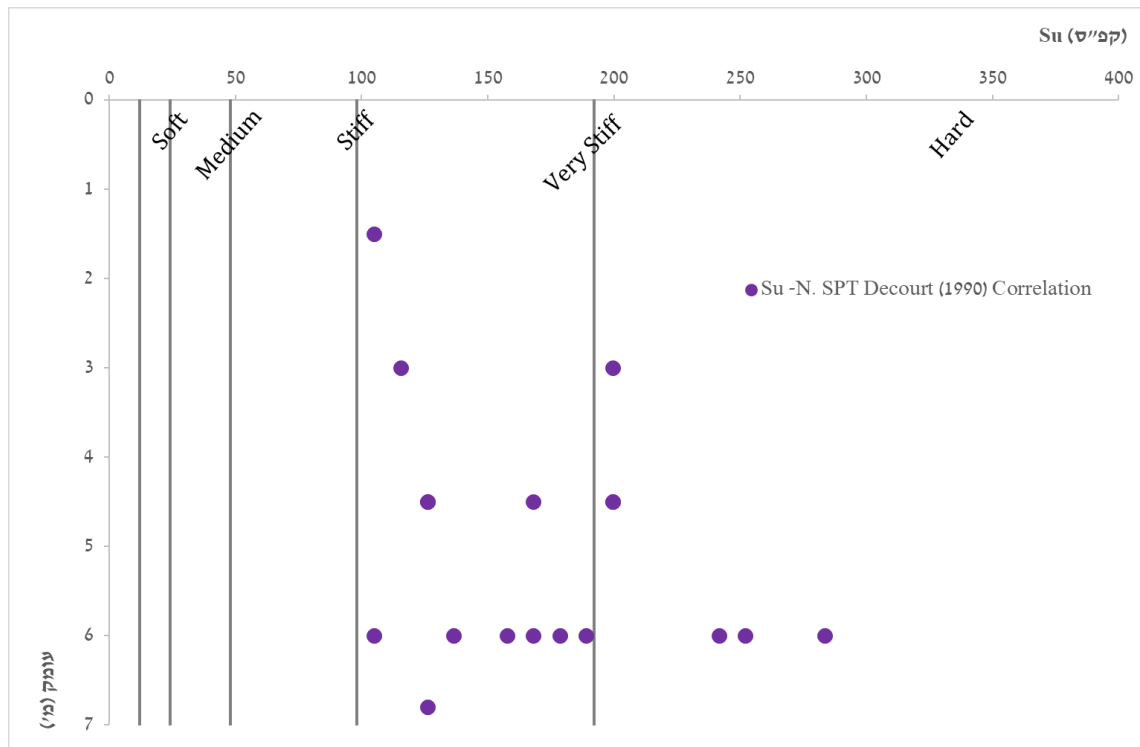
סרטוט מס' 10 : תכולת רטיבות וגבולות סומך בשכבות החרסית.



סרטוט מסי 11 : תפיחה חופשית בשכבות החרסית.



סרטוט מסי 12 : ההתנגדות להחדרה בשכבות החרסית.



סרטוט מס' 13 : הערכת החוזק לגזירה מבדיקות החדרה תקנית בשכבות החרסית

תכולת הרטיבות שנמדדה בשכבה נע בין 14.9% ועד 33.3% (סרטוט מס' 10). התפיחה החופשית שנמדדה מוצגת בסרטוט מס' 11. כפי שניתן להתרשם התקבלו ערכים שבין 21% ועד 120%. בהתאם לתוצאות ניתן לאפיין את החרסית כבעלת פוטנציאל תפיחה בינוני עד גבוה.

התנגדות להחדרה בבדיקות ה-SPT (ראה תרשים 12) נעה בין 7 ל-36 חבטות, החוזק לגזירה שמוערך מבדיקות ההחדרה (ראה תרשים 13) נע בין 105 ל-283 קפ"ס. בהתחשב בתוצאות הבדיקה ניתן לקבוע כי החרסית הינה בסומך קשה עד קשה מאד. תוצאות בדיקות הפרסיומטר בשכבת החרסית מוצגות בטבלה מס' 8.

### **2.2.3 מפלסי מי תהום**

התייחסות למפלסי מי התהום הצפויים באתר מפורטות בדוח הגיאו-הידרולוגי שהוכן לפרויקט (גיאופרוספקט מרץ 2020). בהתאם למסקנות הדוח הגיאו-הידרולוגי מפלס מי התהום האזורי הקיים לאורך תוואי הפרויקט הינו בעומק מזערי של מעל לעשרה מטרים מפני הקרקע לאורך תוואי הפרויקט ברום מרבי של +1.80 בתחום חתכים 200-205 וברום מזערי של -0.50 בתחום חתכים 475-495. בחלק מקידוחי הניסיון נצפו מפלסי מי תהום גבוהים יותר בעומקים שבין

2.1 מ' ועד 8.9 מ' מפני הקרקע הקשורים במים תהום שעונים שהצטברו על עדשות חרסיתיות בחתך בהתאם לפרוט הבא:

בין חתכים 290 ל- 270 אותר מפלס מי תהום שעונים בטווח עומק של 4.45.

בין חתכים 390 ל- 365 אותר מפלס מי תהום שעונים בטווח עומקים שבין 7 מ' ועד 8.9 מ'.

בין חתכים 475 ל- 520 אותר מפלס מי תהום שעונים בטווח עומקים שבין 2.1 מ' ועד 5.5 מ'.

**לאור הממצאים יש להביא בחשבון היתכנות להתפתחות מקומית של מים שעונים שיצטברו על עדשות חרסיתיות רדודות בחתך. הסיכוי להתפתחות התופעה מושפע בנוסף מהיקף המשקעים העונתיים, ממדי העדשה החרסיתית אליה מצטברים מי התהום והעונה.**

### **3. מסקנות והמלצות**

#### **3.1 תכן סיסמי**

לא קיים באתר סיכון של הגברת שתית חריגה באירוע סיסמי, לא ידוע על העתקים פעילים או חשודים כפעילים בתחום האצר או קרבתו. בהתאם לממצאי הסקר הגיאולוגי שהוכן לפרויקט (גיאופרוספקט מרץ 2020) לאורך תוואי הפרויקט קיים סיכון זניח עד נמוך להתפתחות התנזלות קרקע בעת אירועים סיסמיים. בהתחשב בחתך הקרקע באתר יש לסווג את האתר כמתאים לקטגוריה D עפ"י ת"י 413. בהתחשב בהנחיות תקן AASHTO: Standard SOIL PROFILE Specification for Highway Bridges השתית באתר מתאימה לקטגוריה: TYPE II.

#### **3.2 הנחיות ביסוס**

##### **3.2.1 טיפול בשתית**

הטיפול בשתית יעשה בהתאם לדרישות סעיף 51.02.04.02.02 א' (דרישות לביצוע בחפירה למבנים) במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור. הכנת השתית בתחתית החפירה תעשה בהתאם לדרישות סעיף 51.02.04.03 א' (הכנת השתית החפירה למבנים והידוקה).

##### **3.2.2 הנחיות לשיפועי חפירה זמניים וקבועים**

חפירות זמניות עד לעומק שלושה מטרים יעשו בשיפוע שלא יעלה על 1:1 בשכבות מצעים מהודקים, 1:1.5 בחול טיני עד חרסיתי וחרסית ושיפוע שלא יעלה על 1:2 בשכבות חול נקי. בסמוך לתשתית קיימת דופן החפירה יעשה במרחק של לפחות מטר ומחצי מהתשתית. ביצוע חפירות זמניות בשיפוע הנ"ל מותנה במשך ביצוע שלא יעלה על מס' חודשים, בתנאי אקלים יבשים ונאותים ובפיקוח רצוף של מפקח מנוסה שיתריע על התפתחות דפורמציות בדפנות החפירה. שיפוע מותר לחפירת קבע לא יעלה על 1:2 במצעים מהודקים, 1:2.5 בחול טיני עד חרסיתי וחרסית, וב- 1:3 בשכבות חול. במקומות בהם החפירה תעשה בסמוך לכביש המרחק

בין המעקה לקו הדיקור העליון של החפירה יעמוד על לפחות 100 ס"מ. במקומות בהם לא יתאפשר לעבוד בשיפועים הנ"ל יש לתכנן דיפון זמני או קבוע בהתאם לאופי החפירה.

### 3.2.3 הארכת מעבירי מים ומעברים תת קרקעי

השתית הטבעית הינה שתית חולית חרסיתית עד חרסית חולית. מעבירי המים והמעברים התת הקרקעיים יבוססו על רצפתם לאחר החלפת קרקע ולאחר טיפול בשתית בתחתית החפירה (ראה סעיף 3.2.1). קירות הכנף יבוססו על יסודות עוברים לאחר החלפת קרקע ולאחר טיפול בשתית בתחתית החפירה (ראה סעיף 3.2.1).

החלפת הקרקע מצדי יסודות תעשה במידות שיקבעו לפי עקרון פיזור המאמצים בתת הקרקע ביחס פזור של 1:1 (עבור 60 ס"מ עובי החלפת קרקע תידרש הרחבה של 60 ס"מ מכל צד של תחתית החפירה). עובי החלפת הקרקע יעמוד על לפחות 60 ס"מ בכל המובלים והמעברים ויתחשב במאמץ המגע המותר בשתית הטבעית שיחושב לפי עקרונות התפשטות המאמצים בתת הקרקע ועבור יחס פיזור של 1:1.

החלפת הקרקע תעשה בהתאם לדרישות סעיף 51.02.04.03.02 ד' (מילוי להחלפת קרקע) במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישה עם חומר מסוג א' תוך הגבלת החומר הדק עובר #200 בטווח של 18% עד 25% דקים בלבד אבן שלא יעלה על 3".

המילוי החוזר בגב קירות יעשה עם חומר מסוג א' תוך הגבלת החומר הדק עובר #200 בטווח של עד 15% דקים בלבד אבן שלא יעלה על 3". במקרים בהם המילוי החוזר יעשה בתחום מיסעת הכביש יעמוד המילוי החוזר גם בדרישות תכן המיסעה. הידוק המילוי יעשה בהתאם להנחיות סעיף 51.02.03. במקרים בהם המילוי החוזר יעשה בתחום מיסעת הכביש יעמוד המילוי החוזר גם בדרישות תכן המיסעה.

קירות המעבירים יחושבו על סמך הסכמה הסטטית המתאימה על סמך הפרמטרים הבאים:

$$K_0 = 0.44 \text{ עפר צידי במנוחה}$$

$$\gamma = 2.1 \text{ ton/m}^3 \text{ – משקל מרחבי}$$

מקדם החלקה של 0.5 בין יסוד הקיר לשכבת המצע.

מאמץ מגע מותר של  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  בפני שכבת המצעים.

מאמץ מגע מותר של  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  בפני שתית חרסית חולית.

מאמץ מגע מותר של  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  בפני שתית חולית.

$$k_{30} = 2000 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \text{ טבעית חולית טבעית}$$

$$k_{30} = 3000 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \text{ טבעית חולית טבעית}$$

$$k_{30} = 5000 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \text{ להנחיות קרקע בהתאם להנחיות}$$

קביעת מודל המצע המתאים לשטח היסוד תעשה בהתאם לנוסחה הבאה:

$$k = k_{30} * \left( \frac{b + 0.3}{2b} \right)^2$$

כאשר :

$k_{30}$  מודל מצע המצוין בהנחיות  
 $k$  מודל מצע מותאם לשטח היסוד  
 $b$  רוחב היסוד

#### 3.2.4 תעלות ניקוז מלבניות מבטון מזויין

השתית הטבעית הקיימת בתחומי תעלות הניקוז המתוכננות בפרויקט הינה שתית חולית מחלקו הדרומי של התוואי ועד חתך 260 ושתיית טבעית חולית חרסיתית עד חרסית חולית החל מחתך 260 ועד חלקו הצפוני של התוואי.

תעלות ניקוז מלבניות מבטון מזויין יבוססו על החלפת קרקע ולאחר טיפול בשתית בתחתית החפירה (ראה סעיף 3.2.1). החלפת הקרקע מצדי יסודות תעשה במידות שיקבעו לפי עקרון פיזור המאמצים בתת הקרקע ביחס פיזור של 1:1 (עבור 60 ס"מ עובי החלפת קרקע תידרש הרחבה של 60 ס"מ מכל צד של תחתית החפירה). עובי החלפת הקרקע ייקבע לפי תכולת הדקים שבשתית. בתנאים בהם השתית תכיל יותר מ- 50% דקים עובי החלפת הקרקע יעמוד על 60 ס"מ. תנאים כאלו יכולים להתקבל החל מתחום חתך 260 ועד לחלקו הצפוני של התוואי. בתנאים בהם השתית תכיל פחות מ- 50% דקים ועד 25% דקים עובי החלפת הקרקע יעמוד על 40 ס"מ. כשתכולת הדקים בשתית תעמוד על פחות מ- 25% נדרש עיבוד שתית בלבד לעובי 40 ס"מ.

בכל מקרה בקביעת עובי החלפת הקרקע יש להתחשב גם במאמץ המגע המותר בשתית הטבעית שיחושב לפי עקרונות התפשטות המאמצים בתת הקרקע ועבור יחס פיזור של 1:1.

החלפת הקרקע תעשה בהתאם לדרישות סעיף 51.02.04.03.02 ד' (מילוי להחלפת קרקע) במפרט הכללי לעבודות סלילה וגיזור עם חומר מסוג א' תוך הגבלת החומר הדק עובר #200 בטווח של 18% עד 25% דקים בלבד אבן שלא יעלה על 3".

המילוי החוזר מאחורי קירות המבנים יעשה בחומר נברר עם כמות דקים בטווח שבין 18% ועד 25%. כאשר כל שכבה תהודק לצפיפות של 98% מהמכסימום לפי ASTM D1557. במקרים בהם המילוי החוזר יעשה בתחום מיסעת הכביש יעמוד המילוי החוזר גם בדרישות תכן המיסעה. הידוק המילוי יעשה בהתאם להנחיות סעיף 51.02.03.

יש להקפיד כי המילוי החוזר משני צדי התעלה יעשה סימטרית במקביל כך שהפרש הגובה בין שכבות המילוי משני צדי התעלה לא יעלה על 0.4 מ' במהלך פיזור המילוי והידוק. במקרים בהם נדרש להתקין את המילוי בהפרשי גובה גדולים יותר תתוכנן התעלה כקיר תומך תוך התחשבות בהפרשי הגובה במילוי משני צדי התעלה.

קירות התעלה יחושבו על סמך ההנחיות הבאות ועל סמך הסכמה הסטטית המתאימה :

- במידה והפרש הגובה בין קירות התעלה לא יעלה על 0.5 מ' לחץ הקרקע יחושב לפי מקדם לחץ עפר צדי במנוחה.
- במידה והפרש הגובה בין קירות התעלה הינו בטווח שבין 0.5 מ' עד 2.5 מ' יחושב לחץ הקרקע בהתאם להנחיות לקירות תמך זיזים (ראה סעיף 3.2.5).
- במידה והפרש הגובה בין קירות התעלה עולה על 2.5 מ' יש לתכנן תעלת ניקוז וקיר תמך כאלמנטים עצמאיים ללא קשר מבני.
- תעלות בטון המשולבות בחזית קיר תומך יתוכננו כקירות תומכים (ראה הנחיות בסעיף 3.2.5). יש להקפיד על יישום כל ההנחיות עבור קירות תומכים (כולל התקנת מילוי מנוקז בגב קיר התעלה) ובנוסף לתכנן את קיר התעלה הנמוך עבור לחצי קרקע עם מקדם לחץ במנוחה. יש להזניח את תרומת קיר התעלה הנמוך בחישוב היציבות הכוללת של הקיר התומך.
- תעלות מוצמדות לחלק עליון או תחתון של מבנה אחר יתוכננו כאלמנטים עצמאיים ובנוסף תימנע השפעתם על יציבות המבנה הסמוך.
- מקדם לחץ עפר צדי במנוחה  $K_0 = 0.44$
- המשקל המרחבי של הקרקע  $\gamma$  לצורכי חישוב יהיה 2.3 טון/מ<sup>3</sup>
- מקדם חיכוך של 0.5 בין יסוד הקיר לשכבת המצע.
- מאמץ מגע מותר של  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  בפני שכבת המצעים.
- מאמץ מגע מותר של  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  בפני שתית חרסית חולית.
- מאמץ מגע מותר של  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  בפני שתית חולית.
- ניקוז המילוי מאחורי קירות התעלה יעמוד בדרישות הבאות:
- בתעלות בעומק קטן מ- 80 ס"מ אין צורך בניקוז הקירות.
- בתעלות בעומק עד 150 ס"מ יש לתכנן נקזים בקירות הממוקמים מעל מפלס המים המקסימלי הצפוי בתוך התעלה באם גובה נקזים אלה מתקבל קרוב לחלק העליון של הקיר אזי יעילותם מוטלת בספק ועל המתכנן לבחון מערכת ניקוז אורכית בעזרת צינור שרשורי.
- בתעלות משולבות בחזית קיר תומך ניתן למקם את שורת הנקזים הראשונה בצד הגבוה במרחק של כ- 20 ס"מ מתחת לקו הקיר הנמוך או לתכנן מערכת ניקוז אורכית לפי ההנחיות המתאימות לקירות תומכים.
- במקומות בהם קיימים מי תהום גבוהים יתוכננו התעלות ללחץ הידרוסטטי הצפוי, כולל התחשבות בכוחות עילוי.
- בכניסה והיציאה של כל תעלה יש להתקין קורת שן לעומק 60 ס"מ לפחות כנגד מחתור הקרקע בסביבת יסודות המבנה.



בתעלות שבהן השיפוע האורכי גדול מ- 10% על המתכנן להתייחס לכך בתכנון הרצפה והקירות ולהשתמש בבטון עמיד לשחיקה, עובי כיסוי גדול יותר, תכנון קורות שן נאותה בתחתית הרצפה להגדלת עיגונה כנגד החלקה כללית של התעלה וייצובה בכיוון האורכי.

### 3.2.5 קירות תמך זיזים

בקירות תמך זיזים המופרדים ממבנים אחרים היסודות יעשו בעומק של 80 ס"מ לפחות מתחת לפני הקרקע בחזית הקיר. אם תנאי האתר מחייבים בסוס במפלסים שונים, יש להבטיח שהשיפוע בין שני יסודות כלשהם לא יעלה על 50%.

החלפת הקרקע מצדי יסודות תעשה במידות שיקבעו לפי עקרון פיזור המאמצים בתת הקרקע ביחס פזור של 1:1 (עבור 60 ס"מ עובי החלפת קרקע תידרש הרחבה של 60 ס"מ מכל צד של תחתית החפירה). עובי החלפת הקרקע ייקבע לפי תכולת הדקים שבשתיים. בתנאים בהם השתית תכיל יותר מ- 50% דקים עובי החלפת הקרקע יעמוד על 80 ס"מ. תנאים כאלו יכולים להתקבל החל מתחום חתך 260 ועד לחלקו הצפוני של התוואי. בתנאים בהם השתית תכיל פחות מ- 50% דקים ועד 25% עובי החלפת הקרקע יעמוד על 60 ס"מ. כשתכולת הדקים בשתיית תעמוד על פחות מ- 25% נדרש עיבוד שתית בלבד לעובי 40 ס"מ.

בכל מקרה בקביעת עובי החלפת הקרקע יש להתחשב גם במאמץ המגע המותר בשתיית הטבעית שיחושב לפי עקרונות התפשטות המאמצים בתת הקרקע ועבור יחס פיזור של 1:1. החלפת הקרקע תעשה בהתאם לדרישות סעיף 51.02.04.03.02 ד' (מילוי להחלפת קרקע) במפרט הכללי לעבודות סלילה וגישה עם חומר מסוג א' תוך הגבלת החומר הדק עובר #200 בטווח של 18% עד 25% דקים בלבד אבן שלא יעלה על 3".

המילוי החוזר מאחורי קירות המבנים עד למפלס תחתית נקזים שיותקנו בקירות יעשה מילוי בחומר נברר עם כמות דקים בטווח שבין 18% ועד 25%. כאשר כל שכבה תהודק לצפיפות של 98% מהמכסימום לפי ASTM D1557. הידוק המילוי יעשה בהתאם להנחיות סעיף 51.02.03.

החל ממפלס תחתית נקזים בקירות ומעלה תותקן שכבה מנקזת מחומר נברר עם כמות דקים מרבית של 15%. השכבה המנקזת תעשה עד לעומק 50 ס"מ מתחת למפלס פני הקירות. הידוק המילוי יעשה בהתאם להנחיות סעיף 51.02.03.

השכבה המנקזת תופרד באמצעות בד גיאוטכני בלתי ארוג במשקל 250 גרם למ"ר. מעל הבד הגיאוטכני שיכסה את פני השכבה המנקזת יש להתקין שכבה אוטמת שתמנע חלחול אנכי של מים לתוך השכבה המנקזת.

במקומות צרים או במקומות בהם קיים סיכון בטיחותי יוחלפו המצעים ביציקת תערובת CLSM בחוזק בינוני שחוזקו לפחות 2 מגפ"ס. המילוי בתערובת CLSM יעשה בשלבים בעובי שלא יעלה על 100 ס"מ בכל שלב יציקה ותוך המתנה להתקשות התערובת.

במקרים בהם המילוי החוזר יעשה בתחום מיסעת הכביש יעמוד המילוי החוזר גם בדרישות תכן המיסעה.

בחזית הקירות יש להתקין נקזים מתאימים (קוטר 100 מ"מ כל 1.5 מ' בכל כיוון). יש לדאוג לניקוז מתאים בחזית הקיר למניעת ארוזיה של קרקע בחזית הקיר והיקוות מים. במקרים בהם אין אפשרות לנקז את המים בגב הקיר יתוכנן המבנה תוך התחשבות בעומד המים שיתפתח כנגד המבנה עד לפני הקרקע מעל המבנה או עד למפלס בו ניתן יהיה להתקין מערך ניקוז.

הקירות התומכים יחושבו על סמך הערכים הבאים ועל סמך הסכמה הסטטית המתאימה

מקדם לחץ עפר צדי אקטיבי למצב של קרקע אופקית בגב קיר התמך  $K_a = 0.28$

מקדם לחץ עפר צדי אקטיבי למצב של מדרון משופע בגב קיר התמך יחושב עפ"י שיטת Coulomb מהנוסחה הבאה :

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta * \cos(\delta + \theta) * \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) * \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) * \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

כאשר :

$\phi$  - זווית החיכוך של המילוי בגב הקיר

$\theta$  - זווית גב הקיר החודר לתוך המילוי (עבור גב קיר הניצב לפני הקרקע ערך הזווית הינו אפס).

$\alpha$  - שיפוע המדרון העולה בגב הקיר.

$\delta$  - זווית חיכוך של  $24^\circ$  בין גב הקיר למילוי .

מקדם לחץ עפר צדי במנוחה  $K_0 = 0.44$

מאמץ מגע מותר של  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  בפני שכבת המצעים.

מאמץ מגע מותר של  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  בפני שתית חרסית חולית.

מאמץ מגע מותר של  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  בפני שתית חולית.

המשקל המרחבי של הקרקע  $\gamma$  לצורכי חישוב יהיה  $2.3 \text{ טון/מ}^3$

בתכנון הקירות יש להתחשב בעומסי התנועה בגב הקירות.

מקדם חיכוך של 0.5 בין יסוד הקיר לשכבת המצע.

מקדם חיכוך של 0.42 בין יסוד הקיר לשכבת חוליות עם תכולת דקים נמוכה מ- 25%.

במקרים בהם אין אפשרות לנקז את המים בגב הקיר יתוכנן המבנה תוך התחשבות בעומד המים שיתפתח כנגד המבנה עד לפני הקרקע מעל המבנה או עד למפלס בו ניתן יהיה להתקין מערך ניקוז.

### 3.2.6 קירות דיפון

המעבר התת הקרקעי המתוכנן במחלף פולג יעשה מלמעלה למטה בשיטת top-down ויכלול את השלבים הבאים: התקנת כלונסאות דיפון שיתמכו את העתקה הזמנית של התנועה ברמפת הגישה הקיימת מזרחית לנציב הקצה הקיים של הגשר ויציקת תקרת מעבר בתחום המיועד להסטה. לאחר בצוע תקרת המעברים תוסט התנועה משני צדי הדרך הקיימת ובשלב זה יבוצעו כלונסאות דיפון משני צדי המעבר בתחום הדרך הקיימת ובהמשך תוצק תקרת המעבר. לאחר השלמת תקרת המעבר יהיה ניתן לשקם את הדרך ולהתחיל בביצוע החפירה בין קירות הדיפון. לאחר השלמת החפירה יבוצע בחזית כלונסאות הדיפון קיר ציפוי מבטון מזוין. במידת האפשר מוצע לדחות את סלילת השכבה העליונה של המיסעה בכביש לאחר השלמת החפירה וסלילת הכביש התחתי.

לטובת ההרחבת הנתביבים הנדרשת מתחת לגשר במחלף נתניה (בחציית כביש 57) יידרש לצמצם את ממדי סוללת נציב הקצה של הגשר הקיים. לשם כך מתוכננת התקנת קיר דיפון עם עוגנים שיתמכו את סוללת נציב הקצה המזרחית.

לטובת הרחבת הנתביבים ברמפת הירידה הצפונית מזרחית בגשר השלום יידרש לצמצם את ממדי הסוללת. לשם כך מתוכננת התקנת קיר דיפון עם עוגנים שיתמכו את הסוללה הקיימת. בהתחשב בתנאי הקרקע באתר ובמיקומם של קירות הדיפון מומלץ שהקירות יבוצעו באמצעות כלונסאות קדוחים ויצוקים באתר. על הקבלן לספק את מכונות הקידוח והמקדחים המתאימים לביצוע הקידוחים והעבודה תעשה עפ"י התקנים הישראליים ומפרטי נתיבי ישראל הרלוונטיים לנושאים אלו.

קוטר כלונסאות יעמוד על לפחות 40 ס"מ והמרווח בין הכלונסאות לא יעלה על 20 ס"מ. בכלונסאות יותקן זיון מתאים לקבלת המומנטים וכוחות הגזירה שיפעלו עליהם, אך לא-פחות מאשר 1%. בכלונסאות הדיפון שיבוצעו במחלף נתניה (חציית כביש 57) יש לתכנן את מערכת הביסוס בהתאם לדרישות תקן 940 למבנה המושתת בקרקע תופחת. בכלונסאות יוכנס לכל אורכם זיון בכמות אשר לא תפחת מדרישות ת"י 940 לביסוס בחרסית תופחת.

עומק חדירת הכלונסאות מתחת למפלס תחתית החפירה בחזית הדיפון יעמוד על לפחות גובה הדיפון בקיר זיזי ולפחות 4 מ' לקיר עם תמיכות אופקיות. יציבות הקיר תבחן ומקדמי הביטחון יעמדו בדרישות התקינה הישראלית. בראש הכלונסאות תותקן קורות ראש קשיחה מבטון מזוין. קירות זיזים ובעלי תמיכה אופקית בגובה אחיד יחושבו על סמך הערכים הבאים ועל סמך הסכמה הסטטית המתאימה למצב אקטיבי או מנוחה בהתאם לרגישות המבנים הנתמכים:

טבלה מס' 9 : פרמטרי הקרקע לתכנון

פרמטר	חול כורכרי	חרסית חולית	חול חרסיתי	חול נקי עד חול עם דקים	מצעים מהודקים
משקל מרחבי (טון למ"ק)	2	1.8	2.0	1.8	2.3
קוהזיה למצב בלתי מנוקז (טון למ"ר)		7			
קוהזיה אפקטיבית (טון למ"ר)	0	0	0	0	0
זווית חיכוך אפקטיבית	37	25	33	35	37

אדהזיה בשיעור 67% מזווית החיכוך הפנימית.  
קירות עם שתי שורות של תמיכה אופקית באמצעות עוגנים או שיטה אחרת יחושב לעמוד בלחץ אופקי אחיד ששיעורו יקבע לפי הנוסחה הבאה :

$$P_a = (0.65 \times \gamma \times H + P) \times K_A$$

כאשר :

$K_A$  – מקדם הלחץ האקטיבי

$\gamma$  (ton/m<sup>3</sup>) – משקל מרחבי של הקרקע

H (m) – עומק החפירה

P (ton/m<sup>2</sup>) – עומס קבוע בפני הקרקע בגב קיר הדיפון

יש להתחשב במקדמי קפיץ אופקיים הבאים בשתיית :

▪ מפני הקרקע הטבעית ועד לעומק 5 מטר 2000 טון למ"ק

▪ מ-5 מ' ומטה 4000 טון למ"ק.

בתכנון קירות הדיפון יש להתחשב בעומסי התנועה בגב הקירות.

בחזית הכלונסאות החשופים יותקן קיר משלים למניעת "זליגת קרקע" במרווח שבין הכלונסאות.

על מנת למנוע היווצרות לחצים הידרוסטטיים על הקיר יש להתקין בו נקזים מתאימים (קוטר 100 מ"מ כל 4 מ<sup>2</sup>).

במקרים בהם אין אפשרות לנקז את המים יתוכנן המבנה תוך התחשבות בעומד המים שיתפתח כנגד המבנה עד לפני הקרקע מעל המבנה או עד למפלס בו ניתן יהיה להתקין מערך ניקוז.

במידה וידרשו עוגנים קבועים הם יסופקו עם הגנה כפולה כנגד קורוזיה.

העוגנים יתוכננו ויבוצעו למשך תפקוד (קיים) של 120 שנה עפ"י דרישות המפרט הכללי פרק 26 ובהתאם לת"י 940 חלק 4.2 (תכן גיאוטכני: חיזוק וייצוב מבנים למטרות הנדסיות עוגני קרקע מדויסים) ובהתאם להנחיות הבאות:

- העומס המותר לא יעלה על 50 טון לעוגן.
- אורך מזערי של שורש העוגן לא יפחת מ- 7.5 מ' ומהאורך הנדרש לפי חישובי תסבולת העוגן.
- אורך האזור החופשי של העוגן יעמוד על לפחות 4 מ'.
- העוגנים יבוצעו בזווית של  $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$  מתחת לאופק בקידוח עם שרוול מגן בקוטר מזערי של 6".

- יש להתקין אטם גמיש בין השורש לחלק החופשי.
- הזרקת הדייס הצמנטי תעשה בהזרקה כפולה בלחץ של לפחות 10 אטמ".
- בנוסף יותקן צינור דיוס נוסף להזרקה אופציונלית נוספת במידה ותקבל זחילה במהלך דריכת העוגנים.

- יש לבצע את כל הבדיקות הנדרשות בעוגנים בהתאם לדרישות התקינה.
- יש להביא בחשבון את האפשרות של פריצת דייס במהלך דיוס העוגנים.
- כל ראשי העוגנים יהיו עם ראש מתוברג המוכן והמאפשר לביצוע דריכה עתידית.
- כל מערך העוגנים ייבדק בבדיקות ביצועים וכן בבדיקות קבלה.
- יש לבחון את אפשרויות ביצוע העוגנים ללא פגיעה בכלונסאות הביסוס הקיימים של הגשר ובתשתיות תת קרקעיות בסביבת נציבי הקצה.
- תכנון וביצוע העוגנים הינו באחריות הקבלן המבצע ואליו להגיש לאישור המזמין ומתכנני הפרויקט תכניות, חישובים ומפרטים לאישור התכנון.

- הקבלן המבצע יערוך תכנית בקרה וניטור כמוגדר בת"י 940 חלק 4.2. לפחות 15% מהעוגנים יכללו מערכת לניטור עומס משתייר (Load Cells) כחלק בלתי נפרד מראש העוגן. מיקום העוגנים שיכללו מערכת לניטור עומס משתייר יוגש לאישורו המוקדם של מנהל הפרויקט ומתכנן המבנה.

הכבלים שיחברו את תאי הניטור לאוגר המידע יושחלו בתוך שרוולי פלסטיק תקנים שיותקנו מראש בקיר הדיפון. אופן פריסת השרוולים לחיווט מערך הניטור לארון תקשורת בו ימוקם אוגר מידע מרכזי יתוכנן ע"י הקבלן המבצע ויוגש לאישור המזמין. אוגר המידע ימוקם בארון מוגן ואטום, נגיש לתפעול ותחזוקה. אוגר המידע יחובר לסוללה נטענת המתאימה להפעלה וקריאה רציפה של כל תאי הכוח למשך לפחות 4 ימים. הסוללה תחובר לפאנל סולארי מתאים להטענת הסוללה. אוגר המידע יכלול סוללת גיבוי שתאפשר את שמירת הנתונים שנמדדו במקרה של הפסקה באספקת מתח חיצוני לאוגר המידע.

דיוק מערכת הניטור יעמוד על לפחות 0.5% מכוח השרות בעוגנים ללא תלות במרחק העוגן מאוגר המידע. כל תא ניטור יכלול מד טמפי מובנה ובמהלך ביצוע קריאת עומס מעוגן תימדד גם הטמפרטורה בתא הניטור. כל תא ניטור יסופק עם פלטות ייעודיות של יצרן

מערכת הניטור לפיזור אחיד של הכוח. כל ראשי העוגנים שיכללו תאי ניטור יכוסו במכסים מיוחדים אטומים למים ולחות המתאימים למידות תאי הניטור. מערכת הניטור תסופק עם אחריות של שנה שתחל לאחר אישור המזמין על התקנת המערכת באתר.

תדירות קריאת העומס המשתייר תעמוד לפחות על ההגדרות המפורטות בת"י 940 חלק 4.2.

### 3.2.7 ביסוס גשרי השילוט

בהתחשב באופי גשרי השילוט, בתנאי הקרקע באתר ובעומסים החזויים מומלץ לבסס את הגשרים על כלונסאות קדוחים ויצוקים באתר שיקדחו במכונה קידוח סיבובית חזקה המתאימה לתנאי הקרקע ומצוידת במקדחים מתאימים. הצורך בשימוש בבנטוניט יקבע במהלך הביצוע. על הקבלן לספק את מכונות הקידוח והמקדחים המתאימים לביצוע הקידוחים והעבודה תעשה עפ"י התקנים הישראליים ומפרטי נתיבי ישראל הרלוונטיים לנושאים אלו.

יש לתכנן את מערכת הביסוס בהתאם לדרישות תקן 940 למבנה המושתת בקרקע תופחת. בכלונסאות יוכנס לכל אורכם זיון בכמות אשר לא תפחת מדרישות ת"י 940 לביסוס בחרסית תופחת. אורך הכלונסאות לא יפחת מ- 12 מ' וקוטרם יהיה לא-פחות מ- 600 מ"מ. המרחק בין מרכזי שני כלונסאות כלשהם יהיה לפחות שלוש פעמים קוטר הכלונס הגדול משניהם.

הכלונסאות יקשרו עם קורות יסוד מופרדות מהקרקע שתבוצע בהתאם לדרישות ת"י 940 לביסוס בחרסית תופחת.

ניתן לתכנן את הכלונסאות לפי חיכוך מותר של 3 טון למ"ר בהזנחת החיכוך בשני מטרים עליונים של קרקע טבעית והזנחת תסבולת הקצה. תסבולת השליפה בכלונסאות בחיכוך תחושב לפי חיכוך מותר בשיעור  $2/3$  מהחיכוך המותר בלחיצה.

במקרים בהם קיימת תעלת ניקוז או שקיים מדרון בסמוך לכלונס יקבע אורך הכלונס לפי מפלס עליון שמתקבל מהעברת קו דמיוני העולה בשיפוע של 1:4 (V:H) מתחתית התעלה או החפירה או תחתית המדרון הסמוך לראש הכלונס.

יש להתחשב במקדמי קפיץ אופקיים הבאים בשתית:

- מפני הקרקע הטבעית ועד לעומק 5 מטר 2000 טון למ"ק
- מ- 5 מ' ומטה 4000 טון למ"ק.

במקרים בהם קיימת תעלה או שקיים מדרון או חפירה בסמוך לכלונס אין להתחשב בהשפעת מקדמי הקפיץ בטווח העומקים שמתקבל מעל קו דמיוני העולה בשיפוע של 1:4 (V:H) מתחתית החפירה או תחתית המדרון הסמוך לראש הכלונס.

### 3.2.8 קירות אקוסטיים

בהתחשב באופי הקירות האקוסטיים, בתנאי הקרקע באתר ובעומסים החזויים מומלץ לבסס את הגשרים על כלונסאות קדוחים ויצוקים באתר שיקדחו במכונה קידוח סיבובית חזקה המתאימה לתנאי הקרקע ומצוידת במקדחים מתאימים. הצורך בשימוש בבנטוניט יקבע במהלך הביצוע. על הקבלן לספק את מכונות הקידוח והמקדחים המתאימים לביצוע הקידוחים והעבודה תעשה עפ"י התקנים הישראליים ומפרטי נתיבי ישראל הרלוונטיים לנושאים אלו.

יש לתכנן את מערכת הביסוס בהתאם לדרישות תקן 940 למבנה המושתת בקרקע תופחת. בכלונסאות יוכנס לכל אורכם זיון בכמות אשר לא תפחת מדרישות ת"י 940 לביסוס בחרסית תופחת. אורך הכלונסאות לא יפחת מ- 12 מ' וקוטרם יהיה לא-פחות מ- 600 מ"מ. המרחק בין מרכזי שני כלונסאות כלשהם יהיה לפחות שלוש פעמים קוטר הכלונס הגדול משניהם.

הכלונסאות יקשרו עם קורות יסוד מופרדות מהקרקע שתבוצע בהתאם לדרישות ת"י 940 לביסוס בחרסית תופחת.

ניתן לתכנן את הכלונסאות לפי חיכוך מותר של 3 טון למ"ר בהזנחת החיכוך בשני מטרים עליונים של קרקע טבעית והזנחת תסבולת הקצה. תסבולת השליפה בכלונסאות בחיכוך תחושב לפי חיכוך מותר בשיעור  $2/3$  מהחיכוך המותר בלחיצה.

במקרים בהם קיימת תעלת ניקוז או שקיים מדרון בסמוך לכלונס יקבע אורך הכלונס לפי מפלס עליון שמתקבל מהעברת קו דמיוני העולה בשיפוע של 1:4 (V:H) מתחתית התעלה או החפירה או תחתית המדרון הסמוך לראש הכלונס.

יש להתחשב במקדמי קפיץ אופקיים הבאים בשתיית:

- מפני הקרקע הטבעית ועד לעומק 5 מטר 2000 טון למ"ק
- מ-5 מ' ומטה 4000 טון למ"ק.

במקרים בהם קיימת תעלה או שקיים מדרון או חפירה בסמוך לכלונס אין להתחשב בהשפעת מקדמי הקפיץ בטווח העומקים שמתקבל מעל קו דמיוני העולה בשיפוע של 1:4 (V:H) מתחתית החפירה או תחתית המדרון הסמוך לראש הכלונס.

### 3.2.9 ביסוס גשר הולכי רגל אודים

נציבי הגשר יבוססו על כלונסאות קדוחים ויצוקים באתר. בהתחשב בשכבות החוליות ובמפלסי מי התהום יש לבצע את הכלונסאות עם תרחיף בנטוניט. על הקבלן לספק את מכונות הקידוח והמקדחים המתאימים לביצוע הקידוחים והעבודה תעשה עפ"י התקנים הישראליים ומפרטי מע"צ הרלוונטיים לנושאים אלו. הכלונסאות יעשו מבטון בחוזק שלא יפחת מ-ב-40, ולכל אורכם יוכנס זיון בכמות אשר לא תפחת מאשר 0.4% משטח החתך שלהם.

ניתן לתכנן את הכלונסאות לפי חיכוך מותר של 3 טון למ"ר עד לעומק 10 מ' בהזנחת שני מטרים עליונים של קרקע טבעית וחיכוך מותר של 3.5 טון למ"ר עד לעומק 25 מ'.

תסבולת השליפה בכלונסאות בחיכוך תחושב לפי חיכוך מותר בשיעור 2/3 מהחיכוך המותר בלחיצה.

במקרים בהם קיימת תעלה או שקיים מדרון או חפירה בסמוך לכלונס אין להתחשב בהשפעת מקדמי הקפיץ בטווח העומקים שמתקבל מעל קו דמיוני העולה בשיפוע של 1:4 (V:H) מתחתית התעלה או החפירה או תחתית המדרון הסמוך לראש הכלונס.

יש להתחשב במקדמי קפיץ אופקיים הבאים בשתית :

- מפני הקרקע הטבעית ועד לעומק 5 מטר 2000 טון למ"ק
- מ-5 מ' ומטה 4000 טון למ"ק.

### 3.2.10 ניקוז האתר ואמצעי ייצוב כנגד מיחתור וסחף קרקע

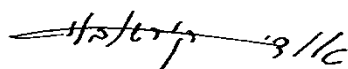
יש לדאוג להסדרת הנגר העילי והרחקתו מקרבת המבנים. בפיתוח השטח יוסדרו שיפועים של לפחות 3% בקרקע חשופה ולפחות 1% במשטחים אטומים להרחקת הנגר מקרבת המבנים. סמוך למבנים שיבוססו בקרבת נחלים וערוצי זרימה הקיימים בסביבת האתר יותקנו אמצעי ייצוב נאותים להגנה כנגד מיחתור הקרקע בסביבת יסודות המבנים. היקף אמצעי הייצוב ההגנה יקבע תוך התחשבות באופי ההצפה ורומי ההצפה האפשריים בסביבת האתר.

## 4. סיכום

הסקר המקודם שהוכן לפרויקט גילה כי פרופיל הקרקע באתר הוא מורכב וכולל עקרונית שכבת חרסית וחרסית חולית עליונות בעובי משתנה ובהמשך חילופין של חול וחול כורכרי עד כורכר חולי עם עדשות ביניים של חול, חול חרסיתי וחרסית חולית.

הרחבת הכביש תחייב עבודות עפר בחפירה ובמילוי. על מנת שלא לחרוג מזכות הדרך מתוכננים מבנים תומכים: קירות עם רגל, קירות דיפון עם כלונסאות, תעלות ניקוז, קירות אקוסטיים, גשר הולכי רגל באודים, הארכת מעבירי מים ומעברים תת קרקעיים והקטנת סוללת נציב הקצה של הגשר הקיים במחלף נתניה באמצעות הוספת קיר דיפון לטובת הרחבת הנתביים ומעבר תת קרקעי במחלף פולג.

ההמלצות המובאות בדוח תקפות בעת כתיבתו. עם זאת, יש לזכור כי בעתיד עלולים התנאים להשתנות בהשפעת תהליכים טבעיים או מעשי ידי אדם, הן באתר הנדון והן באתרים שכנים. כמוכן עשויים לחול שינויים בתקנים כתוצאה מתחיקה או מהצטברות ידע חדש. מכאן שממצאי הדוח עלולים במשך הזמן לאבד את תקפותם, בשלמות או באופן חלקי, בגלל גורמים שאינם בשליטת הח"מ. לפיכך מודגש בזה כי יש לבחון מחדש את הדוח, ואין לעשות בו שימוש כלשהו ללא בחינה מחדש, לאחר תקופה של שנתיים מיום כתיבתו.



אהוד (אודי) קירשנבוים, M.Sc.

א גיאומכניקה בע"מ