



תאריך: 30 באוקטובר 2023

סימוכין: te/111/2023

**קידוח אופקי למים מתחת לכביש 6 – טייבה**  
**פרויקט חיבור מקורות צפוני**  
**דוח קרקע וביסוס**

**1. מבוא**

א. מובא להלן דוח קרקע וביסוס לפרויקט הנדון. מזמינת העבודה והמתכנן היא חב' ראדי מסארווה מהנדסים יועצים בע"מ.

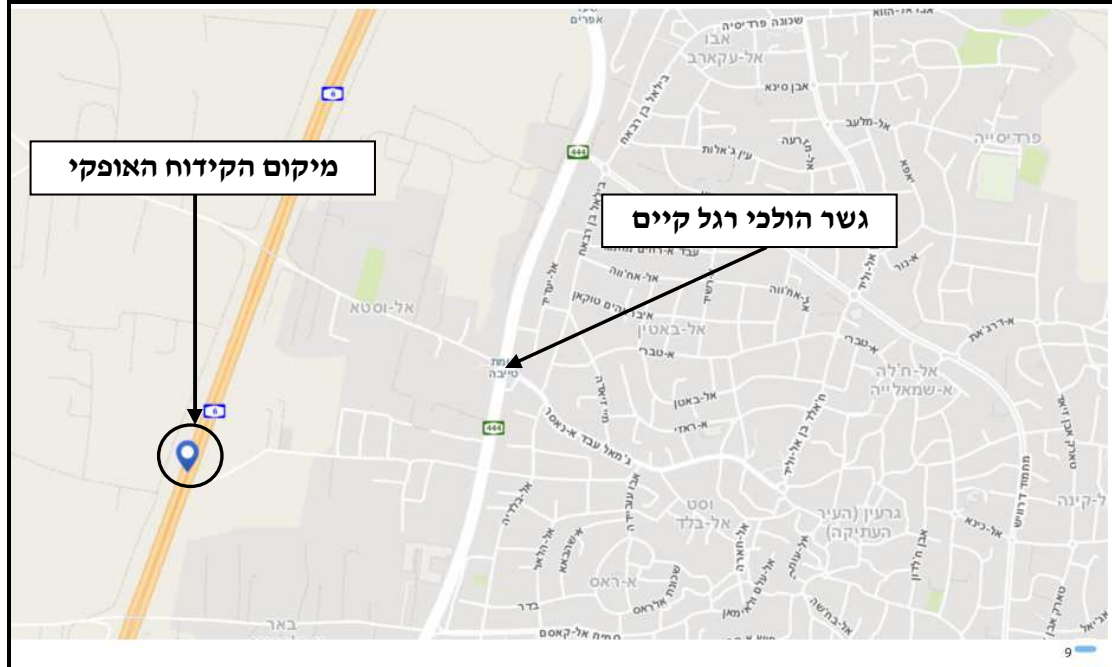
ב. אתר הקידוח האופקי שבנדון נמצא בצד המערבי של טייבה, סמוך לכביש 6, סביב נ.צ.מ כ- 199696/686094 במזרח (יתד 11), ו כ- 199568/686118 במערב (יתד 4.1), שיחצה תוואי כביש 6 ממזרח למערב בתחום הקואורדינטות הנ"ל – ראה איור 1 בהמשך, מפת התמצאות.

ג. עפ"י התוכנית שברשותי (גיליון 01 בקובץ 23122001 מתאריך 15/06/2023, עדכון 1 מ- 06/07/2023), מתוכנן הנחת קו מים בקוטר 560 מ"מ שיחצה כביש 6 בתחום היתדות הנ"ל בקידוח אופקי מכוון (HDD – Horizontal Directional Drilling) – ראה בהמשך איורים 2 – 3 (תכנית כללית של הקידוח האופקי וחתך לאורך). אורך הקידוח האופקי הוא כ- 130.0 מ'. פני מיסעת כביש 6 בתחום החציה הנ"ל, בשני מסלולי הנסיעה, הם ברום כ- 45.5-46.0+ מ'. מטרת החישובים שיערכו בהמשך, הינה לקבוע את עומק הקידוח המינימאלי שיאפשר ביצוע הקידוח ללא הפרעה משמעותית לכביש.

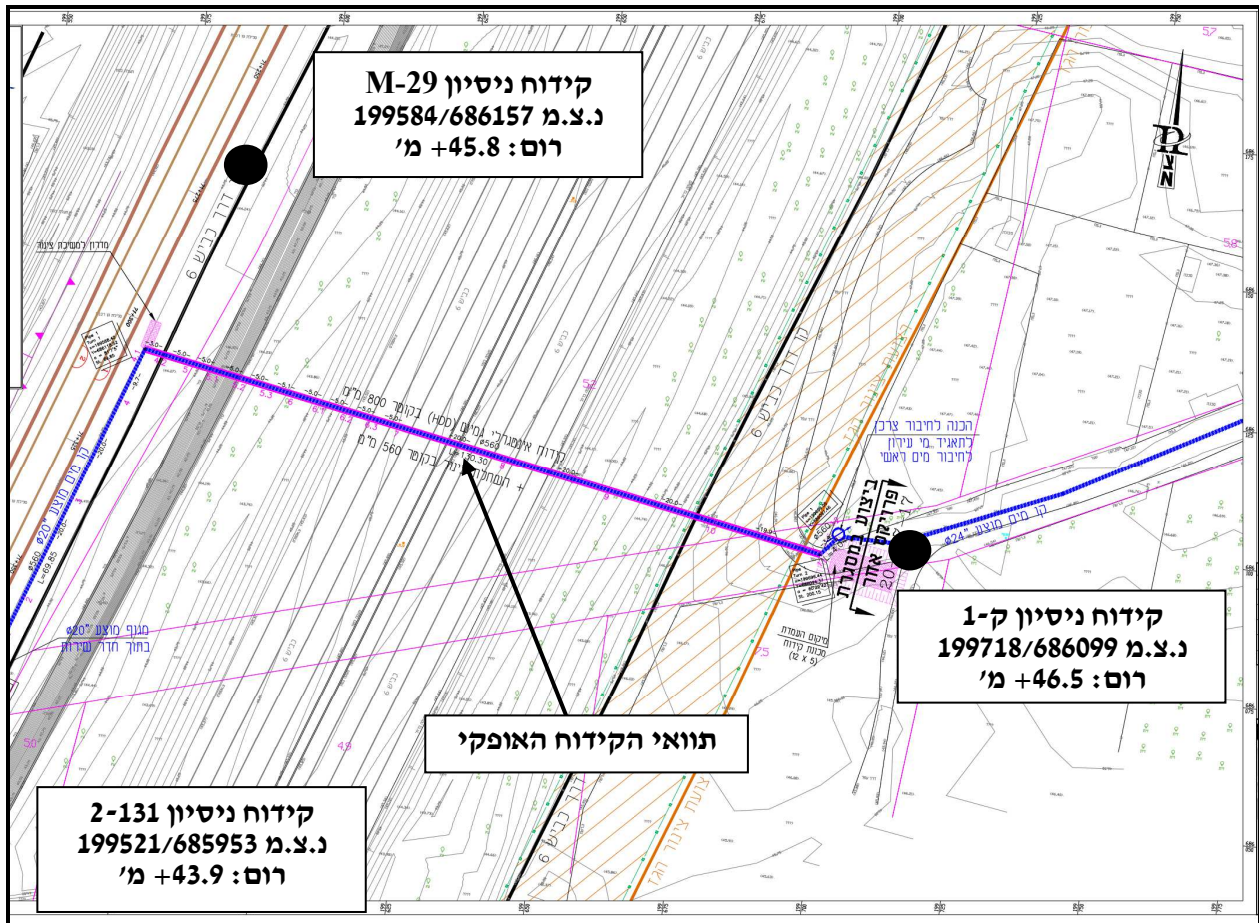
ד. כל שינוי בנתונים דלעיל יובא לידיעת הח"מ שאם לא כך, אין להשתמש בדוח זה.

ה. דוח זה עוסק בניתוח השקיעות עבור כביש 6 בלבד בקטע הרלוונטי לפרויקט הנדון, והוא אינו מתייחס לשום קטע נוסף המתוכנן במסגרת הנחת הקו, בחפירה פתוחה או בקידוח אופקי, או לחציית תשתיות/מבנים/אלמנטים אחרים במידה וקיימים.

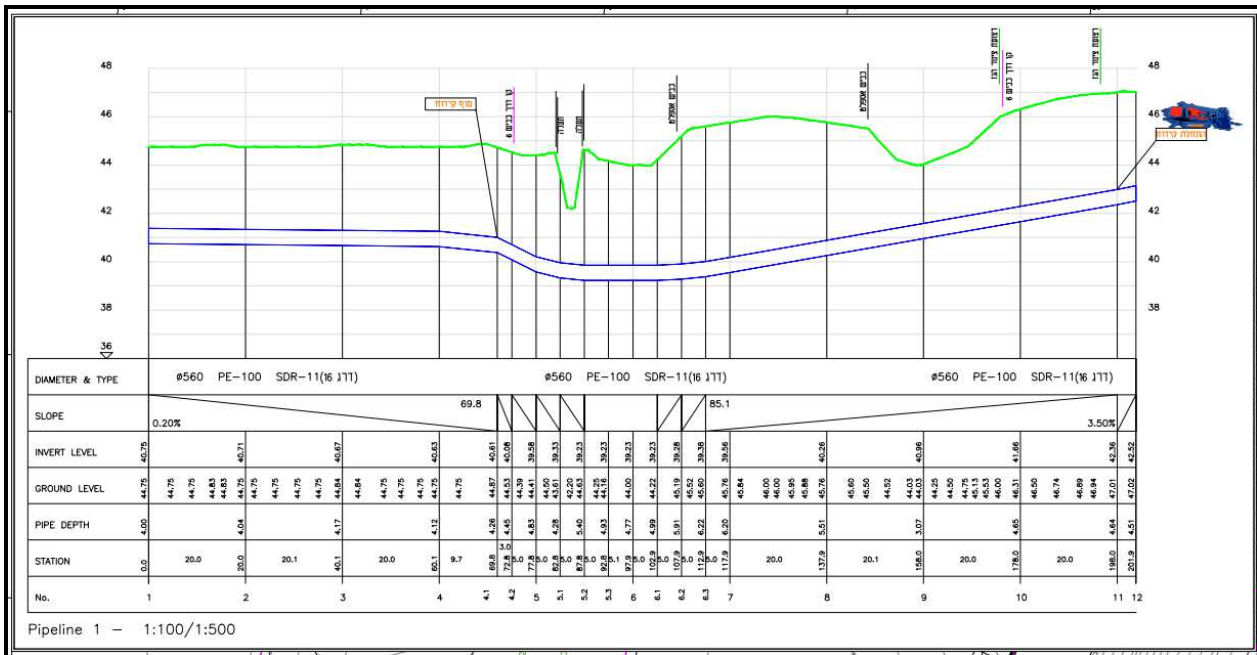
ו. לצורך היעוץ הגיאוטכני לפרויקט הנדון, בוצע בצד המזרחי של האתר קידוח ניסיון לעומק 15.5 מ' (קידוח ניסיון ק-1). כמו כן, נעשה שימוש בקידוחי ניסיון שבוצעו במסגרת פרויקט המסילה המזרחית קטע B, קידוח מס' M-29 וקידוח מס' 2-131 – ראה סעיף 2 בהמשך. בתכנית החציה שבאיור 2 בהמשך, מוצג מיקום קידוחי הניסיון שבוצעו באתר כולל נ.צ.מ ורום פני הקידוחים.



איור 1 – מפת התמצאות



איור 2 – תכנית תנוחה



איור 3 – חתך לאורך הקידוח האופקי

2. הקרקע

2.1 כללי

כאמור, לבחינת תת הקרקע באתר הנדון, בוצע, באוקטובר 2023, קידוח ניסיון בספיראלה סיבובית לעומק מרבי של 15.5 מ'. כמו כן, נעשה שימוש בקידוחי ניסיון שבוצעו במסגרת פרויקט המסילה המזרחית קטע B, קידוח מס' M-29 וקידוח מס' 131-2 שבוצעו לעומק כ- 10.5 מ'. הקידוחים כללו גם בדיקות סומך/צפיפות באמצעות הבדיקות להחדרה תקנית (SPT) ומכנף גזירה (VT). מיקום הקידוחים מסומן באיור 2 הנ"ל כולל רום פני הקידוחים ו- נ.צ.מ. תיאור מפורט של הקרקע בקידוחים רצ"ב כנספח.

2.2 תיאור הקרקע בקידוחי הניסיון

באופן כללי, חתך הקרקע הצפוי מפני השטח באתר לעומק, מורכב מהשכבות העיקריות שלהלן עפ"י סדר הופעתן בקידוחים:

א. חרסית שמנה, בד"כ עם סימני שכבות חומר קרבונטי וצרורות, המופיעה באתר מפני הקידוחים ועד לעומק כ- 10.5-15.5 מ' (קצה הקידוחים). בפני קידוחים M-29 ו- 131-2 ובעובי כ- 1.0-2.0 מ', מופיע מילוי (מלאכותי) בד"כ של פסולת עם חרסית. בבדיקות להחדרה תקנית (SPT) שבוצעו בשכבה



החרסיתית, התקבלו תוצאות בטווח של 13-34 חבטות לחדירה מלאה של 30 ס"מ, המאפיינות שכבה בסומך גבוה ברטיבות הקיימת.

- ב. לא הופיעו מים תת קרקעיים בקידוחים.
- ג. חתך הקרקע המתואר לעיל הוא בהסתמך על נתוני 3 הקידוחים הנ"ל ותיאור שכבות הקרקע הנ"ל, הוא בגדר האינטרפולציה ביניהם. יש להביא בחשבון כי יתכנו שינויים, לאטיראליים ולעומק, בהרכב ועובי שכבות הקרקע באזורים מחוץ לנקודות הקדיחה.

### 3. תכן סייסמי

- א. תאוצות הקרקע האופקיות המכסימליות בפני הסלע (Z), החזויות בסביבת טיבה, יילקחו מנספח ג' לתקן ת"י 413 לרעידות אדמה – מהדורה משולבת של התקן מיוני 1995 על כל עדכוניו (דצמבר 2013) – ר' בהמשך טבלת התאוצות מהתקן הנ"ל.
- ב. בחירת תקופת החזרה לתכנון תעשה ע"י הקונסטרוקטור.
- ג. לפי חתך הקרקע הנ"ל, מקדם השתית באתר הוא 1.5 (או סיווג D).
- ד. לא צפויה תופעת התנזלות (Liquefaction) בחתך הקרקע המתואר לעיל.
- ה. עפ"י מפת ההעתקים בישראל החשודים בפעילות צעירה של המכון הגיאולוגי, האתר הנדון נקי מהעתקים כאלו.

ת"י 413 (מהדורה משולבת 2013)

2%@50years			5%@50years			10%@50years			נקודת ציון מרכזית (במערכת קואורדינטות חדשה)	שם היישוב	
S1	Ss	Z	S1	Ss	Z	S1	Ss	Z			
0.11	0.45	0.17	0.08	0.33	0.13	0.06	0.25	0.10	703300	211500	חרמש
0.13	0.59	0.22	0.09	0.45	0.17	0.07	0.36	0.14	762200	231000	חרשים
0.08	0.28	0.11	0.06	0.22	0.09	0.05	0.17	0.07	648500	202000	חשמונים
0.24	1.14	0.45	0.16	0.84	0.33	0.12	0.63	0.26	744200	250800	טבריה
0.26	1.24	0.49	0.18	0.91	0.36	0.13	0.69	0.28	763500	255800	טובא-זנגרייה
0.14	0.65	0.25	0.10	0.50	0.19	0.08	0.39	0.15	742500	235000	טורעאן
0.09	0.30	0.12	0.06	0.23	0.09	0.05	0.18	0.08	686200	200700	טיבה
0.16	0.66	0.33	0.13	0.84	0.23	0.09	0.49	0.19	723300	242000	ט' ביז' (בנימין)
0.08	0.28	0.11	0.06	0.21	0.09	0.05	0.17	0.07	682300	195900	טירה
0.08	0.25	0.10	0.06	0.20	0.08	0.04	0.16	0.06	658000	194000	טירת יהודה
0.12	0.62	0.25	0.08	0.42	0.17	0.06	0.30	0.12	740800	197700	טירת כרמל
0.24	1.15	0.45	0.16	0.84	0.33	0.12	0.63	0.25	703100	249900	טירת צבי
0.12	0.55	0.22	0.09	0.41	0.16	0.07	0.32	0.13	759300	217300	טל-אל
0.07	0.25	0.10	0.06	0.19	0.08	0.04	0.15	0.06	634700	190600	טל שחר
0.07	0.21	0.08	0.05	0.16	0.07	0.04	0.13	0.05	544600	178100	טללים
0.10	0.36	0.14	0.07	0.28	0.11	0.05	0.22	0.09	649600	212700	טלמון
0.12	0.60	0.23	0.09	0.44	0.17	0.07	0.34	0.14	750700	219700	טמרה
0.16	0.76	0.29	0.11	0.57	0.22	0.09	0.44	0.17	726700	238000	טמרה (זרעאל)
0.08	0.33	0.13	0.06	0.24	0.10	0.04	0.19	0.08	587200	195800	טנא
0.16	0.74	0.28	0.11	0.56	0.21	0.08	0.44	0.17	752800	239600	טפחות
0.12	0.54	0.21	0.09	0.41	0.16	0.07	0.32	0.13	765200	223700	יאנוח-ג'ת
0.05	0.13	0.06	0.04	0.10	0.04	0.03	0.08	0.04	566500	135000	יבול
0.21	1.01	0.39	0.15	0.74	0.29	0.11	0.57	0.23	734900	247500	יבנאל
0.07	0.24	0.09	0.05	0.18	0.07	0.04	0.14	0.06	642400	176000	יבנה
0.14	0.70	0.28	0.09	0.47	0.19	0.07	0.33	0.14	738300	207600	יגור
0.07	0.24	0.09	0.06	0.18	0.07	0.04	0.15	0.06	654900	188700	יגל
0.07	0.25	0.10	0.05	0.19	0.08	0.04	0.15	0.06	633900	183100	יד בנימין
0.09	0.32	0.12	0.06	0.24	0.10	0.05	0.19	0.08	635200	208600	יד השמונה
0.09	0.31	0.12	0.06	0.24	0.10	0.05	0.19	0.08	692500	200800	יד תנה
0.06	0.27	0.11	0.05	0.19	0.08	0.04	0.14	0.06	610600	157900	יד מרדכי



#### 4.1 עבודות עפר

##### 4.1.1 חפירה זמנית, דיפון, בטיחות בעבודה וניקוז האתר

- חפירה זמנית באתר תבוצע עפ"י כל כללי ותקנות הבטיחות המקובלים ועפ"י ההנחיות וההמלצות שלהלן:
- דפנות חפירה פתוחה זמנית באתר לעומק עד 3.0 מ', מבלי לסכן יסודות ו/או תשתיות קיימים וכד', במצב יבש ולאחר השפלת מים במידת הצורך, תתוכננה לשיפוע מקסימאלי של 1V:1.75H (אופקי: 1 אנכי) ובתוספת מרווחי עבודה נאותים.
  - חפירה זמנית לעומק מעל 3.0 מ' תבוצע בשיפועים כנ"ל ותכלול גם ברמה ברוחב 1.5 מ' לפחות. הברמה תפותח בשיפועים נאותים כך שמי נגר לא ישפכו על המדרונות שמתחת.
  - בכל מקרה, שיפועי החפירה הנ"ל לא יתלכדו עם קו דמיוני בשיפוע של 2.5 אופקי : 1 אנכי היורד לתת הקרקע מקצה סוללת הכביש.
  - חפירה זמנית כנ"ל בסמוך ליסודות/תשתיות קיימים וכו', תבוצע כך שפני החפירה (קו דיקור עליון) תהיה במרחק של 2.5 מ' לפחות מתשתיות קיימות ו- 4.0 מ' מיסודות קיימים וכו', ושיפוע החפירה הזמנית במקרה זה יהיה מקסימום 1V:3H או מתון יותר, כולל ברמות כאמור לעיל (מבחינת העומק) ברוחב ברמה של 2.0 מ' לפחות.
  - ישום השיפועים הנ"ל מותנה בכך שיהיה פיקוח רצוף ומתמיד, של מפקח מיומן, שיתריע על דיפורמציות המתפתחות בדפנות ראש החפירה.
  - במידה ולא ניתן לבצע חפירה זמנית כנקוב לעיל, יש לתכנן דיפון החפירה בכלונסאות בטון מזוין. הנחיות והמלצות לדיפון ינתנו במידת הצורך ועפ"י בקשה בכתב.
  - אין לאפשר לאנשים או ציוד לרדת לתחתית חפירה באתר בשיפועים התלולים יותר מהנ"ל.
  - יש לסלק כל גוש או אבן רופפת בפני מדרונות החפירה.
  - בעונת הגשמים ולאחריה, כאשר מפלס המים הכלואים מעל השכבות החרסיתיות יהיה בעומק רדוד, יהיה צורך לתכנן ניקוז ושאובה של תחתית החפירה ע"מ לאפשר עבודה בסביבה יבשה כולל ייצוב תחתית החפירה במידת הצורך.
  - ככלל, העבודות יבוצעו ע"י קבלנים רשומים ומיומנים, תוך נקיטת אמצעי הבטיחות והזהירות המקובלים בתנאים הקיימים. מודגש, כי נושא הבטיחות באתר הוא באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן, והוא ידאג כי עבודות העפר ובכלל יבוצעו לפי כל כללי ותקנות הבטיחות המקובלים.
  - שמירת אתר העבודות מפני הצפות/גלישות/מיחותר וכד', תהיה באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן המבצע. כמו כן, בכל שלבי העבודה, יש לדאוג לניקוז היקפי מתאים, שימנע זרימה והיקוות וחדירה של מים אל החפירה לפירים ואל הקידוח.



## 4.2 ביצוע הקידוח האופקי

### 4.2.1 הנחיות כלליות והדגשים

- א. ככלל, ביצוע העבודה יהיה עפ"י מפרטי נתיבי ישראל המתייחסים לסוג עבודות כאלו.
- ב. בהתאם לעומק הקידוח המומלץ – ר' בהמשך, וממצאי קידוחי הניסיון הנ"ל, תוואי הקידוח האופקי צפוי להיות, כנראה, בשכבות חרסיתיות עם מרכיב אבני.
- ג. עפ"י מפרט FHWA וכן נוהלי עבודה תקינים, הדרישות והפרקטיקה המקובלים לביצוע הקדיחה הם:
  - עומק הקידוח התיאורטי יתוכנן כך שיהיה מתחת לתשתיות התת קרקעיות הקיימות והידועות, ויהיה גדול מ- 7.0 פעמים קוטר הקידוח המורחב (5.5 מ' לפחות) כאשר, **עומק זה יישמר לכל רוחב רצועת האספלט (כולל שול/מדרכה) + 0.5 מ' מכל צד** – באחריות המתכנן.
  - על הקבלן לתכנן את מפלסי בור הקידוח ובור היציאה כך שלחץ בוץ הקידוח שיתקבל מתחת לתחום הכביש, יהיה בתחום שבין 0.8 ל- 1.2 מלחץ שכבות הקרקע. הנ"ל הכרחי על מנת למנוע קריסה של הקידוח ו/או התרוממות הידראולית בשכבות הקרקע. הגבהת מפלסי הבורות תעשה ע"י בניית סוללה/רמפת מילוי. בכל אופן, מומלץ להגביה פני הבורות עד מפלס שלא יהיה נמוך ב- כחצי מטר ממפלס פני הכביש, כולל ביצוע בורות נוספים לצורך שמירה על מפלס הבנטוניטי בבורות והצבת "ביובית" בנטוניטי בצמוד לבורות בכל מהלך הקידוח. הגבהת מפלסי הבורות יעשה ע"י מילוי מחומר מתאים שיהודק ב"הידוק רגיל" (כהגדרתו לפי המפרט הכללי) בשכבות של עד 20 ס"מ, בשיפועי צד של 2.5 אופקי : 1 אנכי. מידות סוללות המילוי יקבעו ע"י המתכנן והקבלן.
  - ביצוע קידוח מוביל (Pilot Hole) ואח"כ הרחבתו עפ"י הצורך. קידוח המוביל ישמש כקדיחת ניסיון במטרה לקבוע בצורה מדויקת יותר את חתך הקרקע בתוואי הקידוח ואת המינון הנדרש של נוזל הקידוח.
  - מעקב אחרי ראש הקידוח באמצעים אלקטרוניים כדי לוודא מיקום תוואי הקדיחה (אופקי ואנכי).
  - שימוש בנוזל קידוח מייצב (תמיסת בנטוניטי) למניעת מפולות, תוך התאמת תכונותיו לתנאי הקרקע הצפויים באתר. טיב תערובת הבנטוניטי ותכונותיה נקבעות ע"י הקבלן המבצע כאשר, מינון נוזל הקידוח יתאים לקדיחה גם בקרקע חדירה (חולית, חולית חרסיתית, חולית כורכרית, סלע). בשום מקרה אין להשתמש במהלך הקדיחה המובילה (Pilot) במים אלא בתמיסת בנטוניטי. יש לבצע בקרה רציפה בפיקוח הנדסי צמוד, על קצב הזרימה של נוזל הקידוח, צמיגותו וצפיפותו כדי למנוע התמוטטות כללית של הקידוח ואיבודי הציוד ו/או כדי למנוע עיוותים בדפנות הקידוח במשך תהליך ההרחבה והשחלת הצינור. מעקב אודות השקיעות (ראה בהמשך) בתוואי הקידוח האופקי, יהווה אינדיקציה לקבלן אודות הגברת קצב וכמות נוזל



- הבנטונייט בקידוח, במטרה לאזן לחצים עם לחץ השכבות ולמנוע עיוותים בדפנות הקידוח. במקרה של איבודי לחץ נוזל הקידוח, נדרש להסמיך את הנוזל ולהגביר את קצה זרימתו ע"מ לשמור על זרימה ממושכת ושקיעות מינימליות.
- יש לדאוג שלא תתרחש פריצת קידוח בנטונייט אל פני השטח ע"י מניעת עודף לחץ בנוזל הקידוח בעת פעולת הקדיחה או השחלת השרוול. במקרה ותהיה פריצה כזו, יש לעצור הזרימה החופשית ע"י סוללות עפר.
  - יש להקפיד על מלאי עודף של נוזל הקידוח מבעוד מועד, על מנת למנוע מצב של נפילת לחץ בזול הקידוח וסיכון תמיכת דפנות הקידוח.
  - ד. יש לתעד חתך הקרקע המתגלה לאורך הקידוח בעת ביצוע הקידוח המוביל (Pilot Hole). נתונים אלו ימסרו למתכננים. במקרה של הופעת חתך קרקע שונה מהמתואר לעיל, יש להפסיק את הקידוח ולדווח למתכננים למתן הנחיות נוספות.
  - ה. **לאחר השחלת הצינורות**, יש למלא את המרווח שנוצר בין הצינורות והקדח לכל אורך החציה, **בדייס צמנטי** בהתאם להנחיות מפרט נת"י. יש לבצע ניטור של כמות הדייס ולוודא שמתאימה לנפח התיאורטי הנדרש. כמו כן, אם יתגלו חללים תוך כדי קדיחה ו/או לאחר השלמת הקדיחה, בין השרוול לדופן הקידוח, הם יסתמו בדייס צמנטי בהתאם להנחיות מפרט נת"י. הדיוס יבוצע דרך 3 צינורות קטני קוטר שיושכלו ביחד עם השרוול (השרוול הנמשך בסוף תהליך הקדיחה) ודרכם יבוצע הדיוס בסוף ההשחלה. מומלץ שצינור אחד יגיע עד לתחתית אמצע השרוול, צינור שני יגיע עד לתחתית השליש הראשון של השרוול והצינור השלישי יגיע עד לתחתית שני שליש השרוול. בשיטה זו ניתן יהיה לבקר אחר תהליך החלפת נוזל הקידוח בדייס הסופי.
  - ו. **חשוב מאד שהמבצע ידווח על כל אירוע חריג המתרחש במהלך העבודות. מן הראוי שעבודות מסוג זה יבוצעו בפיקוח צמוד של גורם מקצועי הנדסי מנוסה, שיחוייב בדיווח על התנהלות העבודה לרבות כל אירוע חריג.**

#### 4.2.2 תזוזות הקרקע בשדה ירוק

- א. בעת ביצוע עבודות מנהור או קדיחה אופקית, לא מן הנמנע כי נפח הקרקע הנחפר יהיה גדול מהנפח שמוחלף ע"י אלמנט המנהור. מקובל לכמת את חפירת היתר הנ"ל ע"י פרמטר "הפסד נפח קרקע" ( $V_L$ ) שמוגדר כיחס בין נפח אגן השקיעות לבין נפח המנהרה (ליחידות אורך).
- ב. הפסד הנפח המתקבל בעת ביצוע העבודה מושפע מסוג הקרקע ומרמת ביצוע העבודה (קצב התקדמות, לחץ דחיקה וכו'). מבחינה אינטואיטיבית, פרמטר  $V_L$  מתאר את דרגת ההפרה של הקרקע בעקבות המנהור וניתן לקשור אותו לנפח אגן השקיעות בפני השטח. לצורך הפשטה, נהוג להניח תנאי קרקע בלתי מנוקזים כלומר, לא נלקח בחשבון (באופן ישיר) הפסד הנפח כתוצאה משינויי נפח בקרקע.





ג. בדוח זה, הערכת אגן השקיעות תעשה בהתאם למודלים הרלוונטיים לקרקעות חרסיתניות/קוהוזיביות. את תצורת אגן השקיעות, ניתן לתאר באופן סביר ע"י הביטויים הבאים:

$$1) \quad S_v(\Delta x, \Delta y) = S_{\max} \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{\Delta x^2}{0.5i^2}\right) \left[1 - \operatorname{Erf}\left(\frac{\Delta y^2}{\sqrt{0.5i}}\right)\right]$$

$$2) \quad S_{\max} = \frac{VL(\%) \pi D^2}{400 \sqrt{2\pi i}}$$

ד. כאשר,  $S_v$  מתאר אגן השקיעות בפני השטח במרחקים ניצבים ואורכיים מציר הקידוח,  $S_{\max}$  היא השקיעה המקסימלית בפני השטח,  $i$  הוא המרחק מנק' העקמומיות,  $D$  הוא קוטר הקידוח ו-  $V_L$  הוא פרמטר איבוד הנפח המבוטא בנוסחא ב- %. עבור חרסית, ניתן להעריך את המרחק עד לנק' העקמומיות לפי הקשר הבא (Meir et al. 1993):

$$3) \quad i = \frac{0.175 + 0.325 \left(1 - \frac{Z}{Z_i}\right)}{1 - \frac{Z}{Z_i}} (Z_i - Z)$$

ה. כאשר,  $z$  הוא העומק עבורו מחושבת השקיעה כלומר, בפני השטח וערכו שווה לאפס ו-  $z_i$  הוא העומק עד ציר מרכז הקידוח.

ו. בהתחשב בתנאי הקרקע החרסיתיים ומילוי גרנולרי של סוללת כביש 6, חישובי השקיעות בהמשך ינותחו עבור מקדם משוקלל של 0.45 (במקום 0.5).

ז. לצורך האנליזה, בכדי לעמוד בערך שקיעה סביר שיאפשר ביצוע הקידוח ללא השפעה משמעותית על תפקוד הכביש, נראה שעבור קו מים בקוטר 560 מ"מ נדרשים תנאי הקידוח המוצגים בטבלה מס' 1 שלהלן:

קוטר הקו [מ"מ]	קוטר קידוח מרבי [מ"מ]	עומק מינימלי של ציר הקידוח* [מ"מ]	$V_L$ מרבי מותר [%]	שקיעה בפני הכביש [מ"מ]
560	840	8.0	15	9.2

**טבלה – 1**

\*- עומק ציר הקידוח המינימלי מתייחס למרחק בין ציר השרוול לפני הכביש.



ח. עומק ציר השרוול יהיה, כאמור, 8.0 מ' לפחות מפני מיסעת האספלט. עומק זה יישמר לכל רוחב רצועת האספלט (כולל שול/מדרכה) + 0.5 מ' מכל צד.

ט. במקרה שלנו, הקוטר (המורחב) לצורך חישובי השקיעות הוא 84 ס"מ (1.5 פעמים מקוטר הצינור) והעומק המינימלי עד ציר הקידוח מתחת לפני מיסעת הכביש, בהתאם לאמור לעיל, הוא 8.0 מ' לפחות. נבחן את ערכי השקיעות עבור איבודי נפח שונים של 8% - 15% כאשר, ביצוע סביר עומד בהגבלת איבוד נפח של עד 10%. הצבת הערכים הנ"ל, בתלות ב-  $V_L$ , מתקבלות שקיעות מקסימליות בפני מיסעת כביש 6 כנקוב בטבלה 2 בהמשך:

$V_L$ (%)	$S_{max}$ (mm)
8	5.0
9	5.5
10	6.1
11	6.8
12	7.4
13	8.0
14	8.6
15	9.2

טבלה – 2

י. עבור איבודי נפח של עד 15%, התקבלו ערכים שאינם חורגים מקריטריון התכנון לשקיעה מקסימלית של כ- 1 ס"מ בפני המיסעה (בהתאם לקריטריון השקיעה המותרת בכביש מהיר ועם מקדם בטחון של 2.0 – קריטריון Taylor @ Francis, 2007).

יא. בכל מקרה, על הקבלן לבדוק ולבקר את נפח הקרקע היוצא מעבודות הקידוח, ע"מ להקטין את איבודי הקרקע ולשמור על ביצוע תקין הנמדד ע"י איבודי נפח מקסימלי של עד 10%.

יב. דיוס סופי יבוצע כאמור בסעיף 4.2.1ה' – יש לרשום בתוכנית.

יג. מהחישובים הנ"ל עולה, כי העבודה צריכה להיעשות ברמה טובה כלומר ערכי  $V_L$  קטנים (עד 10%), ע"מ שלא יתפתחו שקיעות גדולות. גם ביצוע העבודה ברמה טובה יכול לגרום לשקיעות גדולות מהמותר ולכן, יש לבצע ניטור של רמת הביצוע לפני שחזית הקדיחה מתקרבת אל הכביש ובכפוף להנחיות המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור של נת"י, פרק 57 – ראה סעיף 4.2.2טו' בהמשך.



יד. ניטור השקיעות יבוצע ע"י מדידת מצב קיים באמצעות מודד מוסמך, לפני תחילת ביצוע הקידוחים האופקיים ובמהלך ביצועם. דיוק המדידה יהיה  $\pm 0.5$  מ"מ. חתכי הניטור יתוכננו במרחק של כ- 10 מ' מבור הקידוח ולאורך ציר הקידוח כולו. בכל מקרה, 2 חתכים יסומנו בשולי הכביש. בכל חתך ניטור, המדידה תבוצע בציר הקידוח ובשלוש נקודות במרחק של 2 מ' ביניהן, משני צידי ציר הקידוח, בניצב לו (7 נקודות בכל חתך). מועדי הניטור יהיו כלהלן כאשר מדידת הבסיס תבוצע לפני תחילת ביצוע הקידוח האופקי:

- לפחות פעם ביום עבודה ובכל מקרה תבוצע מדידה לפני שחזית הקדיחה מתקרבת של הכביש;
- פעם בשבוע עד חלוף שבועיים מסיום המעבר;
- שלושה חודשים אחרי גמר הביצוע;
- כמו כן, על הקבלן לקיים בדיקה חזותית בנוכחות המפקח לאיתור שקיעות בקרקע מעל תוואי הקידוח, תוך שבועיים עד חודש ממועד גמר העבודה.

טו. כערך התראה של הניטור, תהיה שקיעה של 5 מ"מ מקסימום ובמידה והשקיעה שתתקבל בפועל בכל נק' ניטור תעלה על 6 מ"מ, יש להפסיק את העבודה ולבחון שיטת הביצוע.

טז. כאמור, יש לבצע בקרה רציפה בפיקוח הנדסי צמוד, על קצב הזרימה של נוזל הקידוח, צמיגותו וצפיפותו כדי למנוע התמוטטות כללית של הקידוח ואיבודי הציוד ו/או כדי למנוע עיוותים בדפנות הקידוח במשך תהליך ההרחבה והשחלת הצינור.

יז. לאחר השחלת הצינורות, יש למלא את המרווח שנוצר בין הצינורות והקדח לכל אורך החציה, בדייס צמנטי בהתאם להנחיות מפרט נת"י וכאמור לעיל. יש לבצע ניטור של כמות הדייס ולוודא שמתאימה לנפח התיאורטי הנדרש. כמו כן, אם יתגלו חללים תוך כדי קדיחה ו/או לאחר השלמת הקדיחה, בין השרוול לדופן הקידוח, הם יסתמו בדייס צמנטי בהתאם להנחיות מפרט נת"י.

#### 4.3 מילוי חוזר בבורות הקדיחה וקבלה

א. מילוי חוזר בבורות הקדיחה וקבלה (באם יהיו), יעשה מחומר מקומי חפור, נקי מכל פסולת/חומר אורגני/צמחיה וכד', שיהודק, לפי סדר השכבות הקיים, בהרטבה ובבקרה מלאה בשכבות של עד 20 ס"מ, לצפיפות מינימלית מוגדרת בהתאם לדרישות המפרט הכללי. גודל אבן מקסימלית יהיה "3.

ב. לפני תחילת ביצוע המילוי הנ"ל, יש לישר תחתית החפירה, להרטיב אותה ולהדק ב"הידוק רגיל" ע"י 6 מעברי מכבש מותאם לתנאי השתית, במשקל סטי של 3 טון לפחות.

ג. עבודות העפר, ובעיקר המילוי החוזר המהודק, יבוצעו תחת פיקוח צמוד מטעם היזם ובבקרה צמודה של מעבדת שדה שתבדוק טיב והידוק חומרי המילוי. אין להרשות הנחת שכבת מילוי נוספת לפני גמר הידוק ואישור השכבה שמתחתיתה.

ד. במידה והבורות יהיו בתחום זכות הדרך, המילוי החוזר הנ"ל יבוצע גם עפ"י הנחיות פרק 51.02 במפרט הכללי של נת"י, סעיף 51.02.03.06 (מדרגות).



**4.4 ניקוז סביבת בורות הקדיחה וקבלה**

- א. סביבת בורות הקדיחה וקבלה יפותחו בשיפועים חיצוניים נאותים, ע"מ למנוע הצפה אפשרית של הבורות בזמן העבודה ע"י מי נגר עילי.
- ב. האחריות לשמירת אתר העבודות מפני הצפות/גלישות/מיחתור וכד', תהיה באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן המבצע.



5. כללי

- א. הדוח מציג, בין היתר, חישובים עקרוניים לאגני השקיעות הצפויות בתוואי הקידוח האופקי. השלמת המידע על תנאי הקרקע באתר וכן החישובים הרלוונטיים, כאמור, הם באחריותו המלאה והבלעדית של הקבלן.
- ב. דוח זה עוסק, כאמור, בניתוח השקיעות עבור כביש 6, בלבד, בקטע הרלוונטי לפרויקט, והוא אינו מתייחס לשום קטע נוסף המתוכנן במסגרת הנחת הקו, בחפירה פתוחה או בקידוח אופקי, או לחציית תשתיות/מבנים/אלמנטים אחרים במידה וקיימים.
- ג. יש ליידע את הח"מ על כל שינוי או סטייה מהתכנון הידוע ומפורט בדוח זה, לצורך מתן הנחיות והמלצות נוספות ו/או עדכון הדוח במידת הצורך.
- ד. תוכניות רלוונטיות תועברנה לח"מ לעיון והערות לפי יציאה למכרז/ביצוע.
- ה. יש לזמן את הח"מ לאתר לפיקוח עליון מדגמי ומתן הנחיות נוספות בהתאם לצורך. זימון הח"מ לאתר יהיה בהתראה נאותה של יומיים לפחות ובכתב.
- ו. במקרה בו מתגלות סטיות כלשהן מותך הקרקע המתואר לעיל, יש ליידע מיידית ולהיוועץ בח"מ.
- ז. יש לבצע את העבודה בזהירות וברצינות הנדרשת וליידע את הקבלן תוך הקפדה על האמור בדוח זה.
- ח. יש לתעד מצב הכביש ככל ויהיה קיים, באמצעות שמאי מומחה, לפני תחילת ביצוע העבודה כדי למנוע תביעות קנטרניות.
- ט. הקבלן ינקוט בכל אמצעי הזהירות והבטיחות הנדרשים באתר בניה עפ"י החוק והדרוש.
- י. חשוב לציין כי סוג זה של עבודה הינו רגיש וכל שינוי פתאומי במשטר העבודה או תוואי הקרקע, עלול להוביל להפסדי נפח קרקע משמעותיים. בהתאם לכך, בנוסף לאמור בסעיף 4.2 שלעיל, יש לבצע ניטור ו"כיוול" של רמת הביצוע בכל שלבי הקדיחה.

בכבוד רב,

אינג' עלי מצארווה

לוטה

תיאור הקרקע בקידוחי הניסיון.

תפוצה

המזמין והמתכנן: ראדי מסארווה מהנדסים יועצים בע"מ, באימיל.



**מיון קרקעות מקידוחי ניסיון**

שם הפרויקט: קידוח אופקי למים מתחת לכביש 6, טייבה  
פרויקט חיבור מקורות צפוני  
קודח: קודחי הדרך  
מס' תיק: te/111/2023  
תאריך: 30/10/23  
מהנדס: עלי מצארווה

צבע	פלסטיות	% דקים	תיאור הקרקע	עומק (מטר)	קידוח מספר
חום עד חום כהה	גבוהה		חרסית שמנה לעיתים עם סימני שכבות חומר קרבונטי ומעט צורות	15.5-0.0	ק-1 נ.צ.מ. 199718/686099 רום פני קידוח +46.5 מ'

טופס מיון קרקעות

**תוצאות בדיקות החדרה תקנית SPT**

מספר חבטות ( N )				עומק (מטר)	קידוח מספר
15-0 ס"מ	30-15 ס"מ	45-30 ס"מ	סה"כ ל-30 ס"מ		
6	7	9	16	2.0	ק-1
6	8	12	20	4.0	
7	14	13	27	6.0	
8	10	12	22	8.0	
9	11	15	26	10.0	
8	10	14	24	12.0	
10	16	18	34	15.0	

טופס בדיקות החדרה SPT

עמוד מס' 1 מתוך 1 עמודים



