

רכבת ישראל  
חטיבת תשתיות  
אגף תכנון פיתוח ומקרקעין



מתכנן: ד.א.ל. - פתוח והנדסה בע"מ

פברואר 2005

תוכן

<u>עמוד</u>	
4	1. כללי
5	2. תנאים אזוריים
5	2.1 התוויה
7	2.2 גיאוגרפיה ומורפולוגיה
7	2.3 טופוגרפיה
7	2.4 אקלים וצמחיה
8	3. רקע גיאולוגי
9	3.1 המבנה הגיאולוגי והתפתחותו
9	3.1.1 המבנה הגיאולוגי של מפרץ חיפה/עמק זבולון
11	3.1.2 המבנה הגיאולוגי של עמק יזרעאל ושוליו
12	3.2 טור הקרקעות/סלעים
14	4. העתקה
15	4.1 הטייה וקימוט
16	5. מי-תהום
18	6. סביבה סיסמית
21	7. תופעות פני שטח
22	8. תנאים גיאוהנדסיים
22	8.1 יחידה גיאוהנדסית I
23	8.2 יחידה גיאוהנדסית II - חואר וקונגלומרט
23	8.3 יחידה גיאוהנדסית IV - קרטון גירי, קרטון וקרטון חוארי
24	8.4 יחידה גיאוהנדסית V - גיר ודולומיט
24	8.5 ריכוז תכונות ואפיון
25	8.6 תת יחידה גיאוהנדסית Ia, אפיון תכונות מבדיקות מעבדה
25	9. ממצאי קידוחי ניסיון
27	10. חלוקה לקטעים
28	11. סיכום
30	12. מקורות

## עמוד

בגב הדו"ח

נספח I - לוגי קידוחי ניסיון

### גיליונות

בגב הדו"ח	1	מפה גיאוהנדסית (חתכים 734-200), קנ"מ 5,000:1
בגב הדו"ח	2	מפה גיאוהנדסית (חתכים 1267-734), קנ"מ 5,000:1
בגב הדו"ח	3	חתך גיאוהנדסי לאורך (חתכים 900-200), קנ"מ 2,500/250:1
בגב הדו"ח	4	חתך גיאוהנדסי לאורך (חתכים 1267-900), קנ"מ 2,500/250:1

### תרשימים

6	1	מפת התמצאות
9	2	תשתית החתך הניאוגני והמבנים באזור הגליל התחתון והעמקים
10	3	מפה סטרוקטורלית-פליאוגיאוגרפית של מפרץ חיפה/עמק זבולון
15	4	קטע ממפת ההעתקים בישראל החשודים בפעילות צעירה
15	5	חתכים גיאולוגיים לאורך ולרוחב אגן הגליל התחתון והעמקים
18	6	מפת מיקום קווי רפרקציה סיסמית במיקומי גשרים מתוכננים
19	7	ספקטרום תאוצות לתכנון (מקדם ריסון 5%) במיקומי גשרים
20	8	מפת אזורים של המקדם הסיסמי לתקן הישראלי 431

### טבלאות

19	1	ריכוז מהירויות סיסמיות בשכבות
24	2	תיאור ואפיון יחידה גיאוהנדסית
25	3	ריכוז תוצאות מעבדה של מרכיבי תת יחידה גיאוהנדסית Ia
27	4	חלוקה גיאוהנדסית לקטעים (לאורך הציר)

## רכבת העמק, קטע נשר - כפר ברוך (חתכים 1267-430) - סקר גיאולוגי

### 1. כללי

כחלק מעבודות התכנון המפורטות לתוואי מסילת "רכבת העמק" בקטע חיפה - כפר ברוך, ובהמשך לחקירה שבוצעה לאורך הקטע שבין הראשית ועד לאזור חתך 430 (כ-5.75 ק"מ)<sup>1</sup>, בוצעה במהלך החודשים אוגוסט-דצמבר 2004, חקירת שדה שעיקרה קדיחה של סידרת קידוחי ניסיון לעומק 52-6 מטר. בסיום עבודות אלה ולאור ממצאי הקדיחה, נקבע הצורך בריכוז הידע הגיאולוגי/גיאואהנדסי לקטע שבין חתך 430 (אזור נשר), לבין חתך 1267 (אזור כפר ברוך), אורך כ-20.9 ק"מ.

לאורך קטע תוואי המסילה הנ"ל מתוכננים: גשר ארוך מעל כביש 70 והקישון (אורך כ-650 מטר) ו-4 גשרים קצרים (עד כ-50 מטר): גשר הולכי רגל באזור חתך 511, גשר מעל כביש 722 באזור חתך 859, גשר מעל המוביל באזור חתך 1029, גשר מעל כביש 7255 באזור חתך 1208.

כללית התוואי חוצה/מלווה בצמוד או בסמוך לתוואי המסילה ה"עותמנית" להוציא קטע קצר למרגלות הכרמל, בין צומת העמקים לאזור החצייה בגישור של דרך 70 (חתך 784). עבודות העפר המתוכננות לאורך הציר, כוללות, בדרך כלל, מילוי לגובה 5-1 מטר, מרבי כ-13 מטר. חציבות לעומק 5-2 מטר ובאזור המשיק לכרמל, מזרוע לצומת שער העמקים, עד כ-15 מטר.

החומר שהועמד לראשותנו לביצוע הסקר כלל:

- תנוחה על רקע טופוגרפיה, קנ"מ 5,000:1 וחתך לאורך, קנ"מ 2,500/250:1.

- התוויה על רקע מפת תצלום צבעונית, קנ"מ 10,000:1.

העבודה כללה:

- איסוף ועיבוד חומר רקע כללי.

- איתור ועיבוד מפות, עבודות גיאולוגיות וגיאואהנדסיות אזוריות.

- ריכוז ועיבוד ממצאי קידוחי הניסיון שבוצעו לאורך ובסמוך לתוואי.

- סיורי שדה, מיפוי גיאולוגי ומדידות שדה.

הממצאים רוכזו לדו"ח זה שעיקרו חלוקת המרכיבים השונים הצפויים בתת הקרקע. הבסיס לחלוקה ליחידות גיאואהנדסיות, החלוקה שנקבעה בסקר הגיאולוגי הראשוני לרכבת העמק (גיאולוג, יוני 2003). לדו"ח מצורפים מפה גיאואהנדסית, קנ"מ 5,000:1 וחתך לאורך, קנ"מ 2,500/250:1. למטרות נוחות, המפה והחתכים כוללים גם את קטע חתכים 430-200.

העבודה בוצעה בשיתוף ובתאום עם אינג' גל גרונר מחברת ד.א.ל. - פיתוח והנדסה בע"מ.

<sup>1</sup> גיאולוג שירותים גיאוטכניים בע"מ, יולי 2004, רכבת העמק, קטע שד' ההסתדרות-נשר (חתכים 430-200) - סקר גיאולוגי.

## ממצאים עיקריים

על פי התנאים הגיאולוגיים והגיאודנדיים השוררים לאורך התוואי הנסקר, המסילה תחצה בקטעים ארוכים (למעלה מ-90% מאורכה) **ביחידת גיאודנדיט I - כיסוי אלוביאלי**. יחידה זו מורכבת מחרסית שמנה ( $CH^2$ ), חומה-אפורה, עם/בלי צרורות. במקומות, יש והחרסית עם מרכיב אורגני. עובי מטרים אחדים עד גדול מ-20 מטר. מהראשית ועד לאזור נשר מתחת לחרסית השמנה, בעומק כ-16 מטר, חל מעבר לשכבות של אבני חול גיריות (כורכר-סימול K) ובמקומות לאבן חול מלוכדת היטב (אבן חול חופית, Beach rock – סימול BR) הנ"ל בחילופין עם שכבות ורובדי חול, דק עד בינוני גרגר, מדורג חסר, עם/בלי צרורות אבן חול גירית ושברי צדפים, עובי כ-5-8 מטר. מתחת לשכבות אלו חל מעבר לחול, אפור, דק גרגר מדורג חסר במקומות טיני או עם דקים (SP, SM-SP ו-SM), עובי 1-8 מטר, ובהמשך בעומק, מתחת לני"ל, שבה ומופיעה חרסית שמנה, חומה-אפורה. ממזרח לנשר אבן החול (כורכר) נעלמת ושכבת חול בעובי מטרים אחדים מופיעה בעומק כ-20 מטר. שכבת חול זו מתדקקת למזרח עד להיעלמותה מזרחית לצומת יגור.

גם בקטע החצייה של המסילה את עמק יזרעאל, בפני השטח שולט **הכיסוי האלוביאלי**. העובי מטרים אחדים. מתחת, בעומק, מופיעים סלעי השתית שעיקרם קרטון וקרטון חוארי **יחידה גיאודנדיט IV**.

בשני קטעים קצרים יחסית התוואי חוצה בתווך סלעי:

האחד, ממערב ומדרום לצומת העמקים - קטע החצייה של מורדות הכרמל. באזור זה שולטים סלעי קרטון רכים עד בינוניים - **יחידה גיאודנדיט IV** וסלעי גיר ודולומיט קשים - **יחידה גיאודנדיט V**. השני, בשולי גבעות אלרואי (קריית חרושת) בקטע זה נפוץ קרטון וקרטון מצורר גירי - **יחידה גיאודנדיט IV**, תחת מעטה דק של חרסית. סלעי **יחידה גיאודנדיט II** - קונגלומרט וחואר נחדרו מקומית, באזור החצייה של נחל הקישון, מתחת לכיסוי אלוביאלי.

מי תהום ומים שעונים, בקטעים ארוכים, מצויים בעומק מטרים אחדים מפני השטח.

## 2. תנאים אזוריים

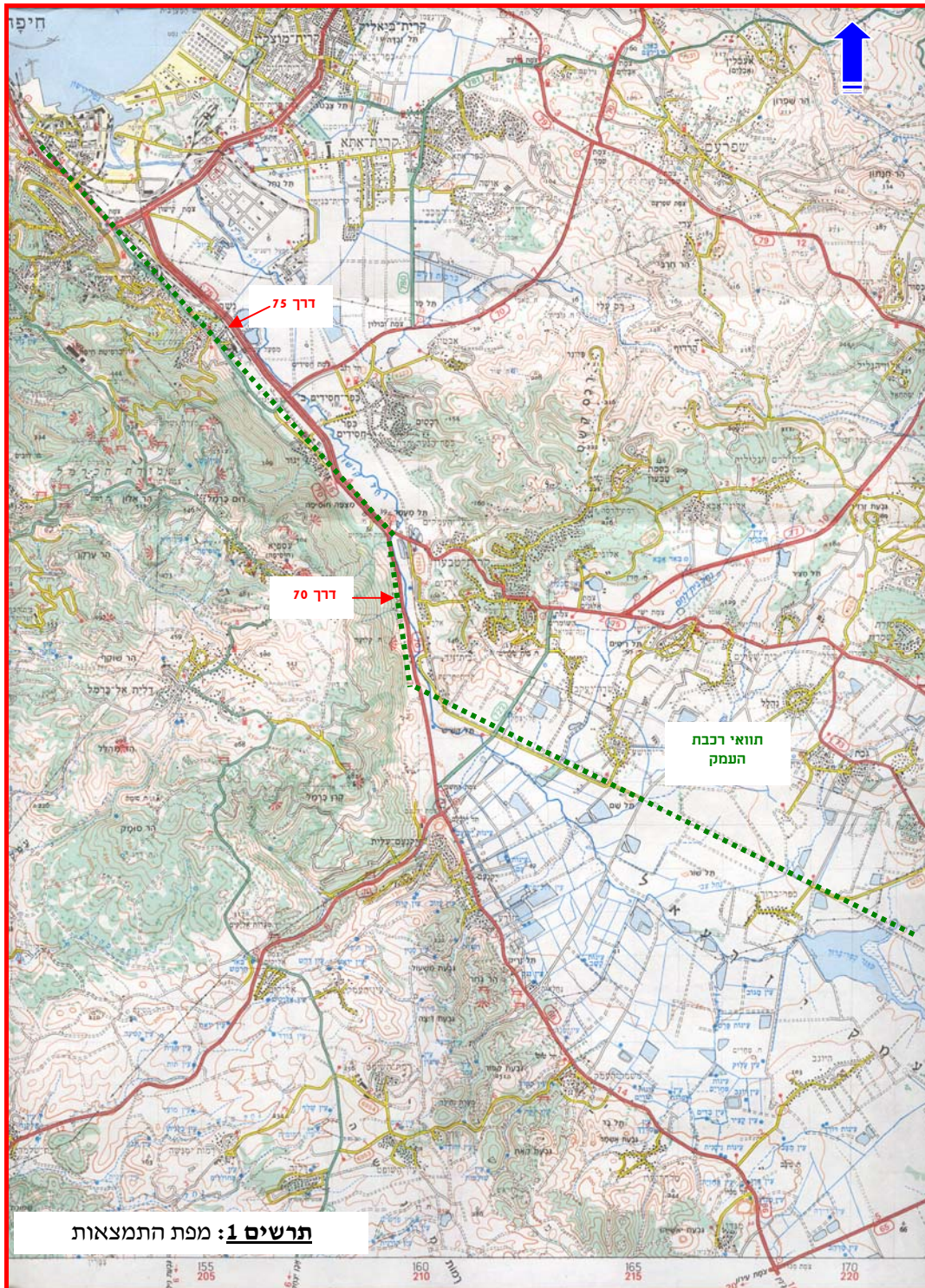
בפרק זה מובא תיאור אזורי כללי של רצועת הסקר וזאת כרקע להצגת הממצאים הגיאודנדיים כפי שיקבלו ביטוי בפרק 8.

### 2.1 התוויה

ראשיתו של התוואי (נ.צ. 152000/244800) באזור גשר פז שבעיר חיפה, המשכו למזרח עד לאזור לב המפרץ. מאזור לב המפרץ חוצה התוואי את שדרות ההסתדרות בגשר ארוך. מכאן, מזרחה בצמוד ומדרום לדרך מספר 75 עד לתחנת נשר. מזרחית לתחנת נשר באזור מפעל המלט "נשר" מתוכנן גשר נוסף. קטע זה שבין חתכים 200-430 נסקר

<sup>2</sup> סימול על פי המיון האחיד

במסגרת דו"ח גיאולוגי נפרד (גיאולוג, 2004). מנשר לצומת יגור ובהמשך עד לצומת העמקים התוואי מלווה, בצמוד ומדרום את דרך מספר 75. מצומת העמקים, בקטע קצר, התוואי חוצה למרגלות הכרמל, במקביל וממערב לדרך 70 עד לאזור שמול תל קשיש. באזור זה מתוכננת חצייה של דרך 70 ונחל הקישון בגשר ארוך (650 מטר). מתל קשיש התוואי פונה מזרחה תוך שהוא חוצה את עמק יזרעאל, בואך כפר יהושע, עובר לגבול המערבי של מחנה רמת דוד ועד לסיום, מצפון לאגם ברוך (ראה מפת התמצאות, תרשים 1).



## **2.2 גיאוגרפיה ומורפולוגיה**

גיאוגרפית, בראשית, תוואי המסילה חוצה למרגלות הר הכרמל, בשוליים הדרומיים של מפרץ הכרמל/עמק זבולון, המשתרע מעכו בצפון ועד לחוטם הכרמל בדרום. בהמשך, מצומת העמקים דרומה, לאורך קטע קצר הוא משיק לכרמל, במגעו עם עמק יזרעאל. מכאן חוצה התוואי מעל לנחל הקישון, אל עבר המורדות הדרומיים של גבעות אלרואי. משולי גבעות אלרואי ולסיום ההתוויה חוצה בתוככי עמק יזרעאל.

**מורפולוגית**, העמקים זבולון ויזרעאל הנם שקעים טקטוניים המשיקים למבני השולים של הכרמל, רכס קריית חרושת, נצרת, רמת מנשה ובהמשך, בריחוק למזרח, הגלבוע. הר הכרמל וחוטם הכרמל הנם גוש מורם התחום בין העתק יגור בצפון להעתק טירה בדרום. גוש מורם זה מורכב מסלעי משקע (סדימנטריים) שעיקרם גיר ודולומיט המזדקרים בתלילות יחסית, מעל לעמקים. רכס חרושת הנו אזור גבעי המורכב מסלעים רכים עד בינוניים (קרטון וגיר קרטוני).

הן מפרץ הכרמל/עמק זבולון והן עמק יזרעאל מאופיינים בפני שטח מישוריים כשהרליף הטופוגרפי לאורך קטע החצייה של תוואי המסילה בעמקים הנו קטן ביותר. שינויים חריפים ברליף מצטמצמים לשני קטעים האחד, למרגלות חוטם הכרמל, כאן התוואי חוצה בשיפולי ההר והשני, קטע חצייה קצר של שולי גבעות אלרואי (גבעת חרושת).

## **2.3 טופוגרפיה**

כאמור להוציא החצייה של התוואי את מרגלות הכרמל, בקטע שבין צומת העמקים לאזור הגשר המתוכנן מעל כביש 70 ונחל הקישון, אזור בו שולי רכס הכרמל מכתיבים טופוגרפיה מעט חריפה, תוואי המסילה המתוכננת חוצה במישורים ישרים/שטוחים העשויים מקומית, בקטעים קצרים, להיות מעט גליים.

הרום נע מכ-6.7+ מטר, באזור חתך 430 לכ-14+ מטר באזור חתך 600. מכאן למזרח, למרגלות כלא "קישון" ומחנה ג'למה, התוואי חוצה בשולי רכס הכרמל, הרום נע מכ-14+ מטר עד לכ-23+ מטר. דרומית מזרחית לצומת העמקים, פני השטח חריפים יותר הרום נע מכ-18+ מטר לכ-30+ מטר. בהמשך לדרום, פני השטח מתמתנים, הופכים גליים מעוגלים כשהרום נע בין 30-22+ מטר. מאזור החצייה של דרך 70 והקישון (חתכים 784-805) עד אל מעבר לשולי גבעות אלרואי/תל קשיש הרום נע בין 37-23+ מטר (השיא בשולי גבעות אלרואי). מכאן ועד לסיום, פני השטח מתרוממים במתינות רבה מרום 27+ מטר למרגלות גבעות אלרואי לכ-29+ מטר בתחנת כפר יהושע ובסיום, מזרחית לכפר ברוך לכ-58+ מטר.

## **2.4 אקלים וצמחיה**

מיקומו של התוואי למרגלות רכס הכרמל, והסמיכות לים, הנם המשפיעים העיקריים על עיצוב האקלים באזור הראשית. כמות המשקעים השנתית הממוצעת למרגלות הכרמל

הנה 600-650 מ"מ. ככל שהתוואי מדרים אל תוככי עמק יזרעאל, כמות המשקעים פוחתת, כשהסטייה בין מערב עמק יזרעאל למרכזו עשויה להגיע לכדי למעלה מ-100 מ"מ (כ-450 מ"מ באזור עפולה).

הצמחייה הטבעית במפרץ חיפה ובקטעי החצייה של עמק יזרעאל (חברות ים תיכוניות) הושמדה כמעט כולה עקב הניצול החקלאי והפיתוח האורבני האינטנסיבי. במקומות בהם נותרו שטחי ביצה/מעיינות (מדרום מערב לצומת הקריות/צ'ק פוינט ואזור החצייה של הקישון) יש ומתפתחת צמחיה הידרופילית. עיקר השטחים מעובדים או מנוצלים לצרכים אורבניים ולתעשייה.

### 3. רקע גיאולוגי

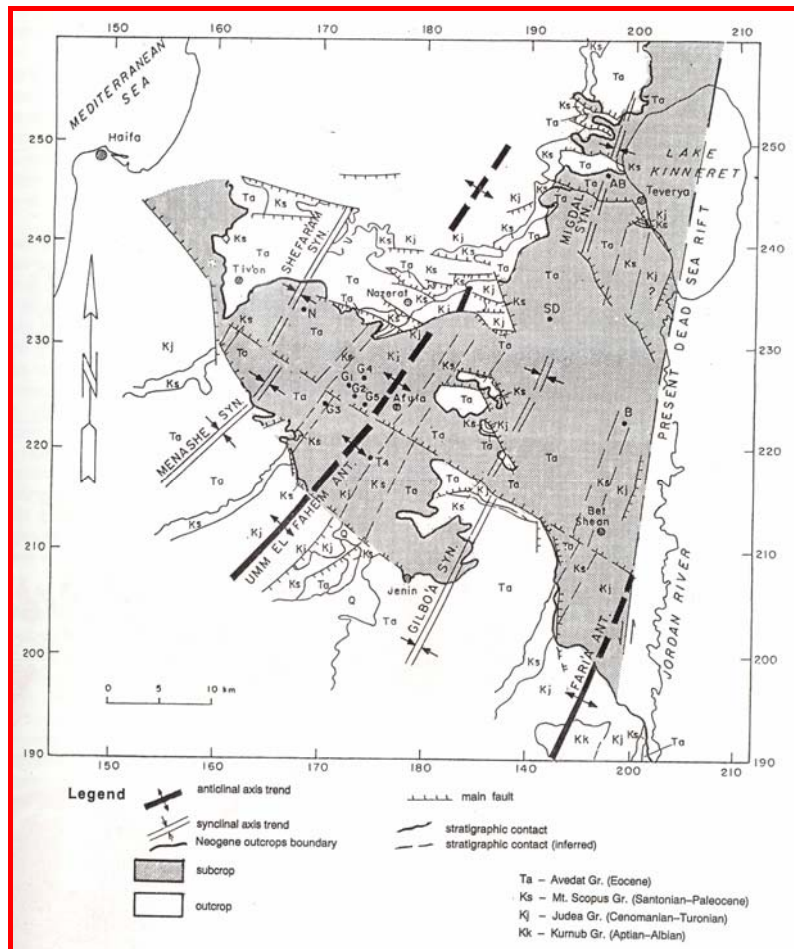
הגיאולוגיה והליתוסטרטיגרפיה התת-קרקעית של שולי עמק זבולון, מרגלות הכרמל ועמק יזרעאל, לאורכם חוצה תוואי המסילה, נידונו בהרחבה על ידי חוקרים רבים במהלך עשרות השנים האחרונות. מספר עבודות מרכזיות ריכזו את מירב הידע הגיאולוגי:

- איסר א. כפרי א., 1972, גיאולוגיה של הניאוגן והפליסטוקן של שפלת החוף, הגליל המערבי.
- אקר ע., 1998, אטלס חתכים גיאולוגיים נבחרים ומפות של תת הקרקע באקוויפר החוף של ישראל.
- אקר ע., כפרי א., 1964, הגיאולוגיה התת קרקעית של שכבות הניאוגן-רצנט בעמק זבולון.
- ארד א., 1955, 1965, הגיאולוגיה של רמות מנשה.
- ביידא א., 1968, מי התהום באזור הגלבוע ובית שאן.
- דיקר ת., 1964, הגיאולוגיה של עמק יזרעאל המרכזי.
- וילר י., 1961, הגיאולוגיה של הרי נצרת.
- וישקין י., 1973, המבנה הגיאולוגי והגיאוכימי של המים כבסיס להבנת המשטר ההידרולוגי של מי התהום באזור עמק יזרעאל.
- חצור י., 2000, מפה גיאולוגית של ישראל - גליון בית שאן, קני"מ 50,000: 1.
- קרץ י., 1959, הגיאולוגיה של הכרמל בצפון מערב.
- קשאי א., 1966, הגיאולוגיה של הכרמל המזרחי והדרום מערבי.
- רבינוביץ ד., 1954, הגיאולוגיה של אזור שפרעם-טבעון.
- שליב ג., 1976, אפשרות ניצול אקוויפר הבזלת בגליל התחתון המזרחי.
- שליב ג., 1991, שלבים בהתפתחות הטקטונית והוולקנית של האגן הנאוגני בגליל התחתון ובעמקים.



### 3.1 המבנה הגיאולוגי והתפתחותו

הגיאולוגיה של עמק זבולון, עמק יזרעאל מושפעת ישירות ממבני השולים הראשיים הסמוכים אליהם - הכרמל, רמות מנשה, הרי נצרת, גבעת המורה. קימוט והעתקה הנם האלמנטים העיקריים שיצרו ועיצבו את העמקים. תבנית הקמוט התחילה להתהוות בקנומן עליון-טורון. צירי הקימוט העיקריים הנם בכוון דרום-מערב צפון-מזרח (כיום, בעקבות תהליכי ההעתקה וההשקעה, לא נראים בעמקים צירי המבנים). פעילות ההעתקה האינטנסיבית אחראית להבדלים הטופוגרפיים בין העמקים לשוליהם. בולטת באזור מערכת רוחבית (טרנסברסלית) שכיוונה מערב-מזרח ועד צפון מערב-דרום מזרח. השלב המאוחר של ההעתקה, מאוחר לבזלת הכיסוי למרות שמערכת העתקים קדומה יותר עיצבה את פני האזור טרם ההרבה הניאוגנית (ראה תרשים 2).



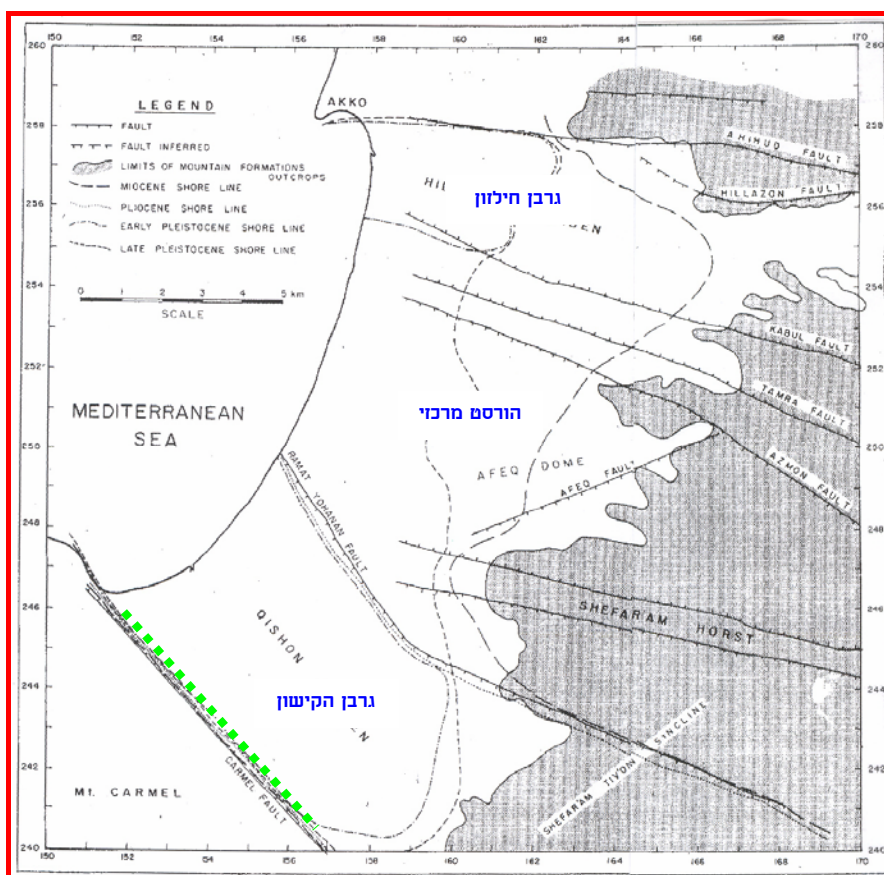
**תרשים 2:** מפת תשתית החתך הנאוגני והמבנים באזור הגליל התחתון והעמקים (מתוך שליב, 1991)

#### 3.1.1 המבנה הגיאולוגי של מפרץ חיפה/עמק זבולון

הגיאולוגיה של מפרץ חיפה/עמק זבולון, מושפעת ישירות ממבנה השולים הראשי הסמוך לו - הכרמל, ומהאלמנטים היבשתיים השולטים בתת הקרקע באזור המפרץ. בתת הקרקע, במפרץ חיפה, מוכרים שלושה אלמנטים יבשתיים שכוונם מזרח-מערב. הצפוני, גרבו חלזון, הדרומי, גרבו הקישון (גובל בהעתק יגור בגבולו הדרומי, רלוונטי לתוואי המסילה בקטע הנסקר) וביניהם, במרכז, הורסט "מרכזי" (ראה תרשים 3).

על פי המקובל, באזור מישור החוף הצפוני של ישראל שולט טור סלעים סדימנטריים מגיל פליוקן עליון עד הולוקן (תצורות אחוזם, פלשת<sup>3</sup>) אלו מונחים מעל חבורת הסקיה. טור סדימנטרי זה מורכב בעיקר מאבני חול גיריות, חרסיות מטיפוסים ימיים ויבשתיים, חולות חרסיתיים ממוצא יבשתי, וחולות. לאורך החוף ובמקומות נפוצים גם קונגלומרטים ממוצא חופי ויבשתי.

הגיאולוגיה והליתוסטריגרפיה התת-קרקעית של מישור החוף נידונו בהרחבה על ידי חוקרים רבים. ההיבט הגיאולוגי המקובל כיום, הוצג על ידי איסר וכפרי (1972). בעבודה זו העוסקת בסטריגרפיה, בתפוצה ובמבנה הסדימנטים מגיל ניאוגן עד פליסטוקן מדגישים השניים כי התפוצה והליתולוגיה של סלעי הניאוגן הושפעו על ידי ריבודם על גבי תבליט קדום של תעלות אירוזיביות. הגבול המזרחי של תפוצת סלעים אלו הינו רגלי ההרים (גליל מערבי), בעוד הגבול המערבי הינו קו הרכס המערבי המרוחק 1.5-2.0 ק"מ ממערב לקו החוף של היום.



**תרשים 3:** מפה סטרוקטורלית-פליאוגיאוגרפית של מפרץ חיפה/עמק זבולון (על פי כפרי ואקר, 1964)

המבנה הגיאומורפולוגי של מישור החוף מאופיין, באורח בולט, על ידי המימד האורכי, המקביל לקו החוף. ניתוח מבנה זה תוך מתאם עם הליתוסטריגרפיה

<sup>3</sup> על פי הטבלה הסטריגרפית המעודכנת של הסלעים בישראל, (ע. סנה ואחרים, המכון הגיאולוגי, 2000) במישור החוף אוחדו התצורות לחבורת אחת, חבורת הכורכר "כורכר ושכבות חמרה". למרות קביעה זו, לצורכי סיווג, מיון והפרדה בין המרכיבים השונים, בדו"ח הגיאולוגי הראשוני ובדו"ח זה נעשה שימוש בחלוקה הישנה.

התת-קרקעית, מציג למעשה את תלות מרכיבי תת הקרקע עם ההצפות והנסיגות הימיות שלהן היה האזור נתון מתחילת הפליסטוקן ועד ימינו. על פי המקובל שחזרו 5 אירועי הצפה וביניהם נסיגות של הים (באזור מישור חוף הגליל המערבי). שלוש ההצפות העיקריות מזוהות עם רכסי הכורכר.

בהיבט של ההיסטוריה הגיאולוגית תחילת ההולוקן (הווה עד לפני 15,000 שנה) הנה התקופה בעלת החשיבות הגדולה יותר על התפתחות הגיאומורפולוגית של האזור. בפרק הזמן הזה החלה שקיעת היבשת, השתפלות מישור החוף ועלית מפלס הים. נוצרו אגני ניקוז נרחבים והתפתחו ביצות (אזורי חרסית בעובי עשרות מטרים) במרכז המרזבות (עמקי האורך). קו החוף הנוכחי קיבל את עיצובו הסופי לאחר התרוממות חלקו המזרחי, שלווה בהשתפלות והתרוממות מחודשת של קו החוף וחדירת משקעים חוליים למקומות הנמוכים. האלמנט הבולט במבנה תת-הקרקע הנו נטיית השכבות למערב בשיעור מתון.

### **3.1.2. המבנה הגיאולוגי של עמק יזרעאל ושוליו**

שליב (1991) מציג מודל להתפתחות אזור הגליל התחתון המזרחי והעמקים יזרעאל, חרוד ובית שאן, על סמך תיארוך מדויק של הטור הסטרטיגרפי (המיוקני) ולימוד השינויים הפציאליים (פרצוף הסלע). על פיו, שני מחזורי השקעה עיצבו את האזור: **מחזור ההשקעה הראשון - מחזור חבורת טבריה**, החל לפני כ-18 מליון שנה. לפני כ-17.5 מליון שנה החלה פעילות וולקנית שנמשכה לסירוגין עד לפני כ-9 מליון שנה. התוצאה - הצטברות חתך עבה של "בזלת תחתונה" שמקורה בסדרת הרי געש ודייקים בעלי כיוון מקורי, מערב צפון מערב עד דרום דרום מערב ומזרח דרום מזרח. במחצית השנייה של תקופה זו חלה העתקה נורמלית, חריפה, בכיוון צפון מערב שגרמה להטיית גושים לדרום מערב וליצירת הגרבו (בקע) של עמק יזרעאל. בגרבו זה הצטבר חתך בזלתי בעובי גדול מ-600 מטר. בהמשך ועד לפני כ-5 מליון שנה, האירועים הוולקניים נחלשים. התעצמות שנייה של הפעילות הוולקנית חלה לפני כ-5 מליון שנה. התוצאה, כיסוי האזור בבזלת הכיסוי.

**מחזור שני - מחזור חבורת ים המלח**, החל לפני כ-8.5 מליון שנה. תחילתו בארוזיה ומילוי בחלוקים גסים (קונגלומרט אום-סבונה). במרכז עמק יזרעאל (שהמשיך להשתפל) הצטברה "סידרת החרסית" (חרסיות אדומות נחדרו בקדוחים עמוקים) בעובי מאות מטרים. לפני כ-7 מליון שנה הורבדו משקעים אגמים (תצורת בירה). אגנים שנוצרו לאורך בקע ים-המלח השתפלו במהירות וצברו משקעים אוופוריטים וחוארים בעובי גדול מ-1,500 מטר. ההעתקה נורמלית בכיוון צפון - צפון מערב עד דרום - צפון, בשולי הבקע, לוותה בהשתפלות. בגליל ועמק יזרעאל התחדשה ההעתקה על ולאורך העתקים עתיקים. חדירה של הים דרך עמק יזרעאל הגיעה לים המלח (בין 6 ל-7 מליון שנה) ולאחר תקופה של ארוזיה הורבדו משקעים צעירים יותר בהם תצורת גשר (בין 5.5 ל-4.8 מליון שנה).

### 3.2 טור הקרקעות/סלעים

טיפוסי הקרקעות והסלעים הנחשפים לאורך תוואי המסילה והסביבה הקרובה מהווים חלק עליון בלבד ממכלול טור סלעי מפרץ חיפה/עמק זבולון ועמק יזרעאל. מבין טיפוסי הקרקעות, רלוונטיים לתוואי בעיקר מרכיבים ממוצא יבשתי: חרסית, חרסית חולית. במקומות, בעיקר בעומק (לא רלוונטי למיסעה, רלוונטי לביסוס גשרים ומבניים) חלים מעברים לחול חרסיתי, אבן חול גירית (כורכר), אבן חול ממוצא חופי (Beach Rock) וחול. מבין טיפוסי הסלעים רלוונטיים (בקטעים קצרים) קרטון, קרטון חוארי, קרטון גירי, גיר, דולומיט ומעט צור. להלן תיאור ממצה של טיפוסי הקרקעות והסלעים השונים הנפוצים לאורך התוואי:

#### קרקעות אלוביאליות (גיל הולוקן-הוה)

האלוביום מהווה כיסוי נרחב ועבה בעמקים הפתוחים. כן מופיע בשולי אפיקי הנחלים והערוצים וכיסוי מקומי במישורים ועמקים סגורים. מורכב מ:

**חרסית** - נפוצה ככיסוי עליון בפני השטח בעמקים. ההרכב חרסית שמנה, חומה עד אפורה כהה, במקומות עם מרכיב של חומר אורגני שאריתי וצרורות.

**חרסית חולית עד חול חרסיתי** - (חמרות) חרסית חולית עד חול חרסיתי, חום אדמדם, נפוץ על גבי ושיפולי רכסי הכורכר (לא רלוונטי לתוואי המסילה).

**חול** - חול קוורץ צהבהב עד אפור, דק עד בינוני גרגר, מדורג חסר, על פי רוב עגול עד תת מעוגל, מכיל כמויות משתנות של גרס בלוי/שבור בעיקר של מקרופאונה ממוצא ימי (שברי צדפים). נחדר בעומק גדול מ-20-25 מטר בקדוחי הניסיון. (רלוונטי לביסוס גשרים ומבנים, לא רלוונטי למיסעה).

**אבני חול גיריות (כורכר)** - מתחלקים לשני טיפוסים בהתאם למוצא:

**חופי**: אבן חול גירית, לבנה אפרפרה, דקה עד גסת גרגר, מכילה ריכוזי פיסות צדפים, מיקרופאונה גירית וקוצי קיפודים שבורים ושחוקים (סימול BR).

**יבשתי**: אבן חול גירית צהבהבה אפרפרה, בינונית גרגר על פי רוב, צפופה עד פריכה, עשירה בחול בלתי מלוכד עד מעט מלוכד. בחלק מאבני החול שכוב צולב (סימול k).



חרסית שמנה, חומה כהה מייצגת הכיסוי האלוביאלני הנפוץ לאורך למעלה מ-90% מהתוואי. מבט לדרום מערב מאזור ק"מ 16+700.

## סלעים

בקטעים, נחשפים טיפוסי סלעים המהווים בדרך כלל חלק ממבני השולים. כאמור, טיפוסי הסלעים הרלוונטיים לתוואי הנם: דולומיט, גיר, קרטון, קרטון גירי, חואר, וקונגלומרט. הבסיס לחלוקה הסטרטיגרפית שבה נעשה שימוש בסקר זה היא זו שנקבעה על ידי שליב (1991).

## חבורת יהודה

תצורת יגור (קורלטיבית לתצורת סחנין) – (סימול Kuya) מורכבת מדולומיט אפור צהוב, בינוני גביש, קשה, חוזק גבוה. גיל קנומן עליון. נחשפת לאורך המורדות הצפוניים של רכס הכרמל ובקטעים, לאורך קטע ההשקה של התוואי את הכרמל, ממערב לדרך 70, בין צומת העמקים לתל קשיש.

## חבורת הר הצופים

חבורת הר הצופים מורכבת מסלעי קרטון, קרטון חוארי, חואר ומעט רובדי ועדשות צור. בגין המעברים התכופים בהרכב והקושי בזיהוי המסלעים בפני השטח עקב כיסוי עליון של קרקע וקרום נארי נקבעה על ידי גרינברג, (1962) כ"קומפלקס קרטוני" – (סימול S).

פלכסר, (1964, 1971) קבע את החלוקה הבאה של חבורה זו:

תצורת עין זיתים (גיל סנון): ההרכב קרטון, קרטון חוארי, לבן עד צהבהב, בינוני קושי עד רך, בינוני חוזק עד חוזק נמוך, עם צביעה לימוניטית, הופעה אחידה, במקומות פריכה. יש והקרטון מכיל רבדים של קרטון גירי וחואר. במרכז היחידה תיתכן הופעת שכבת צור דקה.

תצורת ע'רב (גיל פליאוקן): מורכבת חואר וקרטון חוארי, לבן עד צהוב, ושכבות ביניים של קרטון, הסלע רך, מכוסה קרום נארי.

תצורת טקיה (גיל פליאוקן): מורכבת מחואר וחרסית במקומות קרטון וקרטון חוארי.

סלעי ה"קומפלקס הקרטוני" נחשפים נקודתית בסמוך לצומת העמקים (אזור חתך 610, למרגלות בית המעצר "קישון"). כן מופעים בשטח מחנה שער העמקים-ג'למה (אזור חתך 644) ובשולי רכס הכרמל בין חתכים 688 ל-784, תחת מעטה דק של קרקע.

## חבורת עבדת

סלעי חבורה זו נפוצים באזור גבעות טבעון - קריית חרושת וגבעות אלרואי. התצורה הנחשפת: תצורת מעלול (סימול Ema, גיל איאוקן תחתון עד תיכון) מורכבת מקרטון, קרטון גירי, ובמקומות קרטון חוארי. מכילה רובדים ועדשות צור כהה. מרכיבי יחידה זו נחדרו במספר קידוחים מתחת לכיסוי עליון חרסיתי ושכבות צורות/קונגלומרט ממזרח לקטע החצייה של התוואי את דרך 70 ונחל הקישון.

## 8. תנאים גיאוהנדסיים

כבסיס לחלוקה ליחידות גיאוהנדסיות שימשה החלוקה שנקבעה במהלך ביצוע הסקר הגיאולוגי הראשוני למסילת העמק (גיא-לוג, יוני 2003).  
התנאים הגיאולוגיים לאורך קטע התוואי הנסקר מאפשרים לקבוע כי לאורך הרצועה בה תחצה המסילה שולטת בעיקר **יחידה גיאוהנדסית I - כיסוי אלוביאלי** ובקטעים **יחידות גיאוהנדסיות IV ו-V**. מרכיבים של **יחידה גיאוהנדסית II - חואר וקונגלומרט**, נחדרו בקידוחים, בקטע בודד, סמוך לאפיק נחל הקישון תחת כיסוי אלוביאלי.

### 8.1 יחידה גיאוהנדסית I

עיקרה קרקעות בהרכב חרסית. נפוצה לאורך למעלה מ-90% מהתוואי, בשולי עמק זבולון, בעמק יזרעאל ועל גבי המדרונות שלרגלי הכרמל. ביחידה זו שולטים המרכיבים הבאים: חרסית שמנה, חרסית רזה, חרסית חולית עם צרורות, חלוקים ושברי סלע (מעברים לחומרים אלו נצפו בעיקר בעומק סמוך לחציית נחלים).  
מאחר ובעמק זבולון, בעומק גדול מ-16 מטר, הופיעו שכבות אבן חול גירית (כורכר) ו/או אבן חול גירית ממוצא חופי (Beach Rock) בחילופין עם חול דק עד בינוני גרגר, מדורג חסר (עובי 5-8 מטר) כשמתחת, בעומק גדול מ-25 מטר, הופיעה בשנית חרסית שמנה. חולקו מרכיבי יחידה גיאוהנדסית I לשתי תתי-יחידות:

#### תת-יחידה Ia

מורכבת: חרסית שמנה, חומה כהה עד חומה, עם/בלי צרורות אבן חול גירית וגרס צדפים (CH). חרסית רזה, חומה, עם בלי צרורות ותצבירי קרבונט (CL). חרסית חולית עד חול חרסיתי עם צרורות, חלוקים ושברי סלע (SC-GC).



חרסית שמנה, חומה - יחידה גיאוהנדסית I.  
מבט למערב מאזור צומת יגור.



חרסית שמנה עם צרורות גיר, קרטון ובזלת.  
מאפיין מרכיבי יחידה גיאוהנדסית I, סמוך למבני השוליים.

#### תת-יחידה Ib

מורכבת: שכבות אבן חול גירית, כורכר, (סימול K) במקומות אבן חול גירית ממקור חופי, ריבוי בגרס צדפים (BR), בחילופין עם חול, צהבהב עד אפור, דק עד בינוני גרגר,

מדורג חסר, עם/בלי צרורות אבן חול גירית (כורכר) וגרס צדפים. חול, צהבהב, אפרפר, דק עד בינוני גרגר, מדורג חסר (SP).

### 8.2 יחידה II - חואר וקונגלומרט

ביחידה זו נכללים סלעים רכים וחלשים- חואר וקונגלומרט. החואר מוכר כסלע נחות מבחינה גיאוהנדסית, בעל חוזק נמוך ורגישות למים. הקונגלומרט בהרכב חלוקי גיר, דולומיט, קרטון וצור עם מקשר טיני חרסיתי במקומות חולי, מאופיין ברמות ליכוד משתנות ממלוכד היטב עד פריך. עובי מרכיבי יחידה זו מטרים בודדים ונפיצותם בעומק שאינו רלוונטי למיסעה והם אותרו בתת הקרקע, תחת כיסוי אלוביאלי, בעומק גדול מ- 2.5 מטר באזור החצייה של נחל קישון.

### 8.3 יחידה IV - קרטון גירי, קרטון וקרטון חוארי

מהווה חלק מסלעי השתית הנפוצים באזור. ההרכב קרטון גירי, קרטון וקרטון חוארי. הסלעים משוכבים היטב עד מסיביים, יש ומכילים עדשות ורובדים דקים של צור. עובי היחידה גדול ממאה מטר. (קומפלקס קרטוני מגיל סנון, ותצורת מעלול מגיל איאוקן). בסלעי הקרטון שולטת מערכת סידוק בעלת שלושה כיוונים ראשיים  $180^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$  ו- $030^{\circ}$ . הסדקים בדרך כלל סגורים, מישורי הסידוק חלקים. בפני מישור הסידוק ריבוי במינרלי מנגן ולימוניט. יש ובסמוך לפני השטח הסדקים מעט פתוחים ולאורכם חודרת חרסית. אופי השכוב ומערך הסידוק יוצרים מבנה בלוקי בנפח משתנה מ-  $80 \times 80 \times 80$  ס"מ ל-  $10 \times 10 \times 10$  ס"מ. בסמוך לפני השטח, במקרים שבהם ריכוזי בלוקים/פריזמות קטנים, יש ומתפתחת התפוררות. נחשפת בפני השטח או סמוך להם ליד לצומת העמקים, למרגלות הכרמל ולאורך גבעות טבעון (אזור אלרואי - קרית חרושת). סלעי היחידה נחדרו תחת כיסוי קרקע עליון עבה (בעומק גדול מכ-10 מטר) באזור כפר יהושע וכפר ברוך.



קרטון מסיבי, סדוק - קומפלקס קרטוני, גיל סנון (יחידה גיאוהנדסית IV). מעלה המדרון באזור חתך 608.



מרכיבי יחידה גיאוהנדסית V כפי שנחשפים בחציבה לצידי דרך 70. המסלע גיר דולומיטי, קשה, משוכב עד עבה, סדוק. מערכת הסידוק בשילוב השכוב ונטייה חריפה גורמים לדרדרת מקומית.

### 8.4 יחידה V - גיר ודולומיט

יחידה זו מהווה מרכיב דומיננטי של מבני השולים של הכרמל. עיקרה גיר ודולומיט, קשים, בעלי חוזק גבוה. במקומות יש ובמסת הסלע מתפתחת בליה והמסה. עובי התצורות מרכיבי היחידה, גדול ממאה מטר. (תצורות בינה מגיל טורון ויגור מגיל קנומן). נחשפת מדרום לצומת העמקים, במגע של רגל הכרמל עם עמק יזרעאל.

### 8.5 ריכוז תכונות ואפיון

על בסיס הנתונים שהובאו בסעיף הקודם מובא בטבלה 2 שלהלן ריכוז תכונות ואפיון של היחידות הגיאוהנדסיות שנקבעו ובהמשך אפיון מרכיבי יחידה גיאוהנדסית Ia מתוך בדיקות מעבדה שבוצעו במעבדות איזוטופ ומוסד הטכניון למחקר ופיתוח.

**טבלה 2:** תיאור ואפיון יחידות גיאוהנדסיות

יחידה גיאוהנדסית					יחידה
V	IV	II	I		
			Ib	Ia	אפיון ותנאים
גיר ודולומיט	קרטון, קרטון גירי	חואר, קונגלומרט	אבן חול גירית, כורכר, במקומות אבן חול גירית ממקור חופי, ריבוי בגרס צדפים, בחילופין עם חול, צהבהב עד אפור, דק עד בינוני גרגר, מדורג חסר. חול, צהבהב עד אפור, דק עד בינוני גרגר, מדורג חסר.	חרסית שמנה, חומה-אפורה, במקומות מעט אורגנית, עם/בלי צרורות וגרס צדפים.	<b>הרכב</b>
מאות מטרים	עשרות עד גדול ממאה מטר	מטרים אחדים	מופיעה בתת הקרקע בעומק 16-24 מטר, עובי 6.0-12.5 מטר. מזרחית לצומת יגור מתדקקת עד להעלמות.	נפוצה בפני השטח לאורך רוב התוואי ולעומק 16.0 עד כ-26.0 מטר.	<b>עובי</b>
רובדי חואר	קרטון חוארי, עדשות ושכבות דקות של צור.	חרסית, טין וחול	צרורות, חול, תצבירי קרבונט.	צרורות, גרס צדפים, חול, מעט חומר אורגני.	<b>מרכיבי משנה</b>
יתכנו תופעות בלייה והמסה		חואר רגיש למים. קונגלומרט ברמות ליכוד וצימנוט משתנות	רמות ליכוד משתנות ממצומנט היטב ועד פרייר, יתכנו חללי המסה (ארובות)	תפיחה	<b>שונות</b>
מתאים	מתאים	(לא רלוונטי לשתית)	(לא רלוונטי לשתית)	דורש טיפול	<b>התאמה כשתית</b>
כלים מכניים בסיוע פטיש ומעקר, פיצוץ. מכונת קידוח ייעודית לקדיחת מיקרופייל.	כלים מכניים מקומית בסיוע פטיש ומעקר. מכונת כלונסאות מיקרופייל.	כלים מכניים מכונת כלונסאות חזקה בקטעים מקדח וידיה.	כלים מכניים רגילים. מכונת כלונסאות חזקה בקטעים, מקדח וידיה ו/או מכונת קידוח ייעודית לקדיחת מיקרופייל.	כלים מכניים רגילים. מכונת כלונסאות.	<b>תנאי חפירה/חציבה וקדיחה</b>
4-5 : 1	3 : 1	(לא רלוונטי לתוואי)	(לא רלוונטי לתוואי)	1 : 3	<b>שיפוע אפשרי לחפירה/חציבה (אופקי: אנכי)</b>
1 : 1¼-1½	1 : 1¼-1½	(לא רלוונטי לתוואי)	(לא רלוונטי לתוואי)	1 : 3-4	<b>שיפוע אפשרי למילוי (אופקי: אנכי)</b>
מתאים (תיתכן אבן גדולה מהמותר)	מתאים להוציא ריכוזי חואר	קונגלומרט מתאים חואר לא רצוי	(מתאים אך לא רלוונטי לתוואי)	אפשרי	<b>התאמת החומר למילוי</b>



### 8.6 הכיסוי האלוביאלי, תת יחידה גיאוהנדסית Ia, אפיון תכונות מבדיקות מעבדה

תת יחידה גיאוהנדסית Ia, מהווה מרכיב ראשי, בולט לאורך תוואי המסילה. למטרות נוחות רוכזו בטבלה מס' 3 ממצאי בדיקות מעבדה<sup>4</sup> שבוצעו על מדגמים מייצגים מקדוחי הניסיון ומתוך ניתוח בדיקות שבוצעו על חומרים דומים בעבודות שונות באזור.

**טבלה 3: ריכוז תוצאות בדיקות מעבדה של מרכיבי תת יחידה גיאוהנדסית Ia**

מרכיב	בדיקה
חרסית שמנה	סיווג על פי המיון האחיד
(CH)	מיון על פי AASHTO
A-7-6	גבול נזילות (%)
(35) 47-118	אינדקס פלסטיות (%)
(17) 28-64 (86)	לחץ תפיחה (קפ"ס)
23-255	שיעור תפיחה (%)
2-9	תפיחה חופשית (%)
(70) 90-160	גזירה מרחבית - חוזק גזירה (ק"ג/סמ"ר)
5-49	קוהזיה אפקטיבית (קפ"ס)
(0) 2-6 (16-20)	זווית חיכוך אפקטיבית (°)
(16) 21-29 (32)	צפיפות יבשה (ק"ג/מ"ק)
1228-1596	תכולת רטיבות (%)
(12) 37-50 (91)	בדיקת החדרה תקנית, עד לעומק 20 מטר
לקטע שבין הראשית ועד לקצה גשר ההסתדרות 0-8 מקומית (15-18), לקטע הסמוך לגשר "נשר" 6-22	ערך (N)

**הערות:** תוצאות מעבודות שונות, אחרות (תוואי דרכים מס' 75, 73, 71 ו-65), בחומרים דומים.

(-) בסוגרים ערכי קצה.

לצורכי תכנון יש להסתמך על התוצאות כמופיע בתעודות הבדיקה של המבדקה לבניין-מוסד הטכניון למחקר ופיתוח ומעבדת איזוטופ.

### 10. חלוקה לקטעים (ראה גליונות 1-4 בגב הדו"ח)

בהתבסס על ניתוח מפת תצלום בקני"מ 1:10,000, תנוחה בקני"מ 1:5,000 ו-1:2,500, סיורי שדה, מיפוי ומדידות שבוצעו לאורך תוואי המסילה בשילוב ממצאי קידוחי הניסיון, מובאת בטבלה מס' 4 חלוקה גיאוהנדסית לאורך קטע התוואי הנסקר (למטרות נוחות החלוקה כוללת גם את קטע הראשית, עד חתך 430 כפי שנקבע בדו"ח הגיאולוגי לקטע זה גיאולוג (2004).

יודגש כי המעברים בין היחידות מבוססים על השינויים שחלים בנפיצות היחידות בפני השטח.

**טבלה 4: חלוקה גיאוהנדסית לקטעים (לאורך הציר)**

הערות	יחידה גיאו-הנדסית	חפירה מ'	מילוי מ'	אורך קטע מ'	קטע מק"מ עד ק"מ
בראשית כיסוי עליון דק עד עבה. בין ק"מ 0+500 לק"מ 1+200 בשמאל, מסילה קיימת, מעברה מזבלה. באזור גשר ההסתדרות ותחנת לב המפרץ, ניקוז לקוי, פני מים גבוהים? מול ק"מ 7+200, בשמאל, מצפון לדרך 75, מאגר מים. מילוי/שפך לגובה 0.5 עד 2.0 מטר אותר בקידוחים:	Ia	(-)	1-9	8,600	0+000-8+600

<sup>4</sup> בדיקות מעבדה בוצעו במבדקה לבניין של מוסד הטכניון למחקר ופיתוח ובמעבדת איזוטופ. דוחות מסכמים של ממצאי הבדיקות נמסרו בנפרד (ראה רשימת מקורות).

ק-16, ק-17, ק-18, ק-14, ק-19, ק-40, ק-43, ק-45. בקדוח ק-4 מילוי לגובה 4.5 מטר.					
בפני השטח מילוי/שפך (אותר בקידוח ק-56). צפונית לדרך 75, בין ק"מ 8+625 לק"מ 8+850 מאגר מים	שפך/Ia	0.5-3	(-)	300	8+600-8+900
באזור ק"מ 9+000 בריכה משמאל לתוואי.	Ia	(-)	1	1,200	8+900-10+100
	IV	10	(-)	175	10+100-10+275
<b>המשך טבלה בדו"ח מקור</b>					

**הערות:** ( /) יחידה על גבי יחידה שנייה. הסימן (=) מעבר בין יחידה אחת לאחרת.

## 11. סיכום

- סקר גיאולוגי/גיאוהנדסי זה לאורך קטע תוואי "מסילת העמק", בין חתך 430, ממזרח לנשר ועד לסיום באזור כפר ברוך, חתך 1267, אורך כ-20.9 ק"מ נערך בהמשך לסקר שבוצע לאורך הקטע שבין הראשית ועד לחתך 430 גיאולוג (יוני 2004). המטרה הקנייית מידע אודות התנאים הצפויים לאורך תוואי המסילה ובקטעי החצייה בגישור.

- על בסיס סיורי שדה, בחינת פני השטח, ניתוח ובחינת לוגי קידוחי ניסיון וחומר מעבודות שונות, ניתן לקבוע כי בלמעלה מ-90% מאורכה המסילה חוצה **ביחידה גיאוהנדסית I - כיסוי אלוביאלי**. יחידה זו עיקרה קרקעות בהרכב חרסית שמנה (CH), עם/בלי צרורות. במקומות חלים מעברים לחרסית שמנה עם מרכיב חולי. מרכיבים אלו נקבעו **כתת-יחידה גיאוהנדסית Ia**.

- בעמק זבולון בעומק שמתחת ל-16 מטר מפני השטח, חל מעבר לשכבות אבן חול גירית (כורכר) ובמקומות אבן חול גירית ממקור חופי (Beach Rock) הנ"ל בחילופין עם שכבות חול, צהוב-אפור, דק עד בינוני גביש, עובי 5-8 מטר. שכבות הכורכר הנ"ל נעלמות כמעט לחלוטין ממזרח לק"מ 3+000, ואת מקומן תופס חתך חולי בעובי מטרים אחדים. הן הכורכר והן החול נקבעו **כתת-יחידה גיאוהנדסית Ib**.

- בקטעים קצרים למרגלות הכרמל, באזור צומת העמקים התוואי חוצה ביחידות סלעיות. **יחידה גיאוהנדסית IV** שעיקרה קרטון, קרטון, חוארי, קרטון גירי. ו**יחידה גיאוהנדסית V** המורכבת מסלעי גיר ודולומיט קשים.

- בקטע קצר, באזור החצייה של כביש 70 ונחל הקישון נחדרו בקידוחים צרורות/קונגלומרט וחואר, מי שהוגדרו בשלב הסקר הראשוני כ**מרכיבי יחידה גיאוהנדסית II**.

- מרכיבי תת-יחידה גיאוהנדסית Ia ניתנים לחפירה עם ציוד קונבנציונלי וקדיחה עם מכונת כלונסאות מצוידת במקדח פתוח (שפה).

- מרכיבי תת-יחידה גיאוהנדסית Ib ניתנים לקדיחה עם מכונת כלונסאות חזקה מצוידת במקדח וידיה. חדירה באבן חול גירית קשה, יתכן ותצריך סיוע של מכונת הקשה (מיקרופייל).

- מרכיבי יחידה גיאוהנדסית IV ניתנים לחפירה עם ציוד מכני בסיוע מעקר ופטיש. שיפוע חציבה אפשרי 1:3 (אנכי:אופקי). נידרש מיתון המטר העליון וטיפול בגושים רופפים בשפת החציבה ושפת מדרגות ביניים. מרכיבי יחידה זו ניתנים לקדיחה עם מכונת כלונסאות חזקה מצוידת במקדח וידיה ובשכבות קשות (בעיקר מצוררות) יתכן ויידרש סיוע של מכונת הקשה (מיקרופייל).

- חציבה של מרכיבי יחידה גיאוהנדסית V - גיר ודולומיט קשים, עם פטיש ו/או פיצוץ. שיפוע חציבה אפשרי 1:4-5 (אנכי:אופקי). בחציבות גבוהות מ-6 מטר תידרש מדרגת ביניים. בשפת החציבה ושפת מדרגות הביניים נדרש לטפל בגושים רופפים. בקטעים, יתקבלו קירות חישוב אירגולרים. שילוב בין שכוב, סידוק ונטייה חריפה בסלעי יחידה זו יוצר מבנה בלוקי (פריזמתי) בגודל משתנה מכ-20x20x20 ס"מ עד לכ-80x80x80 ס"מ. לאורך הזמן עשויה להתפתח דרדרת, כרסום והרס מקומי לאורך קירות חישוב, מה שעשוי להצריך טיפול (רישות, התזה, עיגון) למניעת סיכון המסילה.

- במפרץ חיפה/עמק זבולון, מי התהום ומים שעונים מופיעים בסמוך לפני השטח ברום שבין -0.5 לכ-2.3 מטר, מקומית, ברום של כ-4.3 מטר. בקטע החצייה של תוואי המסילה את עמק יזרעאל מי התהום ומים שעונים מופיעים ברום שבין +19 מטר באזור החצייה של נחל קישון ל-26 מטר באזור כפר יהושע וכ-36 מטר בקטע הסיום שמצפון לאגם ברוך.

- נדרשת התייחסות מיוחדת לנושא הסדרת הניקוז לאורך קטעים ארוכים של התוואי מהיות המרכיב הנפוץ לאורך התוואי וסביבתו הקרובה, חרסית שמנה ועל רקע הופעת מי תהום ומים שעונים בסמוך לפני השטח.

- יש לקחת בחשבון חציית המסילה, בקטעים, באזורים מבונים/תעשייתיים ובקטעים ארוכים בשטחים חקלאיים. אלו יצרו בפני השטח הפרות מקומיות ברות השפעה על המסילה המתוכננת. בקטעים בהן אותרו מילויים/שפכים תידרש התייחסות לטיבם ואופיים. בקטעי חצייה בשטחים חקלאיים מומלץ ביצוע חישוף עד אל מתחת לבית השורשים. חצייה במאגרים או בריכות מים תצריך טיפול מקומי.

- קטע התוואי הנסקר חוצה בסמוך למערכת העתקה ראשית - "העתק יגור" המוגדר כפעיל. למטרות תכנון יש לקחת בחשבון נושא זה.

  
גיא-לוג שירותים גיאוטכניים בע"מ

## 12. מקורות

- איזוטופ בע"מ, 2004, דו"ח בדיקות מעבדה פרוייקט רכבת העמק.
- איסר א., כפרי א., 1972, גיאולוגיה של הניאוגן והפליסטוקן של שפלת החוף, הגליל המערבי, המכון הגיאולוגי.
- אכמון מ., 1986, העתקי הגבול של הכרמל בין יוקנעם לנשר. עבודת גמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית ירושלים.
- אקר ע., 1998, אטלס חתכים גיאולוגיים נבחרים ומפות של תת הקרקע באקוויפר החוף של ישראל, המכון הגיאולוגי.
- ארד א., 1955, הגיאולוגיה של הרי אפרים. עבודה לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית ירושלים.
- ברטוב י. ואחרים, 2000, מפת ההעתקים בישראל החשודים בפעילות צעירה. המכון הגיאולוגי.
- גיא-לוג בע"מ, 2003, מסילת העמק סקר גיאולוגי ראשוני.
- גיא-לוג בע"מ, 2004, מסילת העמק שדרות ההסתדרות-נשר, קטע חתכים 200-430 דו"ח גיאולוגי.
- השירות ההידרולוגי, מפת מפלסי מי תהום, אזור הצפון - סתיו 1977.
- וישקין י., 1973, המבנה הגיאולוגי והגיאוכימיה של המים כבסיס להבנת המשטר ההדרולוגי של מי התהום באזור עמק יזרעאל. עבודת גמר לתואר מוסמך האוניברסיטה העברית ירושלים.
- זסלבסקי י., ואחרים, 2003, קביעה ניסיונית של תגובת האתר והערכת סיכוני רעידות אדמה בדרך הקישון (חיפה), המכון הגיאופיסי דו"ח 513/287/03.
- זסלבסקי י., ואחרים, 2004, הערכה נקודתית של סיכוני רעידות אדמה בארבעה אתרי גשרים פרויקט "מסילת העמק", המכון הגיאופיסי דו"ח 552/058/04.
- יובלים, 1997, כביש מס' 73 בין צומת נהלל לצומת מגדל העמק דרום, סקר גיאוהנדסי.

- יזרסקי מ., 2004, סקר רפרקציה סייסמית במיקומי גשרים מתוכננים לאורך מסילת העמק, המכון הגיאופיסי דו"ח 214/066/04.
- מוסד הטכניון למחקר ופיתוח, 2004, בדיקות מעבדה דוחות 1, 2 ו-3.
- קשאי א., 1966, הגיאולוגיה של הכרמל המזרחי והדרום מערבי. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית ירושלים.
- שליב ג., 1991, שלבים בהתפתחות הטקטונית והוולקנית של האגן הניאוגני בגליל התחתון ובעמקים. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/11/91.
- Hofstetter, van Eck T., Shapira A., 1996, Seismic activity along fault branches of the Dead Sea-Jordan Transform System: The Carmel-Tirtza fault system. Tectonophysics 267.
- Kafri U, Ecker, A., 1964, Neogene and Quaternary Subsurface geology and hydrology of the Zevulun Plain, Geol. Surv. Israel Bull. No. 37.
- Geoprospect., 1976, The Geology of Rekhasim and Qiriat Haroshet Area.